



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE
FUNCIONES AUXILIARES DEL VEHÍCULO MEDIANTE
COMANDOS DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL, ENFOCADO A LA
ACCESIBILIDAD DE PERSONAS CON CAPACIDADES
ESPECIALES**

AUTOR: PABLO RENAN BASANTES PATIÑO

ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSc

IBARRA, ECUADOR

CERTIFICADO:

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE FUNCIONES AUXILIARES DEL VEHÍCULO MEDIANTE COMANDOS DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL, ENFOCADO A LA ACCESIBILIDAD DE PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES” presentado por el señor: Basantes Patiño Pablo Renan con número de cédula 1003474937, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 22 días del mes de enero del 2021.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
IGNACIO BAYARDO
BENAVIDES
CEVALLOS

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003474937		
APELLIDOS Y NOMBRES:	BASANTES PATIÑO PABLO RENAN		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Barrio el Tejar, Calle San Nicolas, 2-110		
EMAIL:	prbasantesp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	063046869	TELÉFONO MÓVIL:	0983638653

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE FUNCIONES AUXILIARES DEL VEHÍCULO MEDIANTE COMANDOS DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL, ENFOCADO A LA ACCESIBILIDAD DE PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES
AUTOR (ES):	BASANTES PATIÑO PABLO RENAN
FECHA: DD/MM/AAAA	22/01/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de enero de 2021

EL AUTOR:

Basantes Patiño Pablo Renan

1003474937

DEDICATORIA

Con un sentimiento de cariño, dedicó este éxito a mi madre Tulia Patiño, por ser una persona valiente en las adversidades, invencible ante la vida y luchadora por sus hijos.

Querida Madre, escribo estas líneas para expresarte mi eterna gratitud por todos los sacrificios que realizaste por mí, esos gestos jamás se borrarán de mi mente y hoy en día, si tengo una profesión, se debe principalmente a ti, puesto que las lecciones más valiosas que adquirí, me las diste tú.

Este logro es tuyo, por tu incondicionalidad, convirtiendo mis necesidades en tus prioridades, por guiarme con tanto amor a pesar de mis errores. Por ti soy, y por ti seré, QUERIDA MADRE.

PABLO BASANTES

AGRADECIMIENTO

Agradezco afectuosamente a mis hermanos y el resto de mi familia que mediante su cariño, apoyo y consejos han contribuido para conseguir este importante logro en mi vida.

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica del Norte y a sus Autoridades por haberme dado la oportunidad de formar parte de esta noble institución y permitirme cumplir los anhelos más importantes en mi vida profesional.

Agradezco infinitamente a la Facultad de ingeniería en Ciencia Aplicadas, en especial a mi querida Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por haberme acogido en sus aulas y ser parte de esta gran familia. Agradezco a la planta docente por transmitirme valores para mejorar como ciudadano y los conocimientos para ser un buen profesional. Agradezco a mis compañeros estudiantes por haberme brindado su amistad y compañerismo durante esta etapa de mi vida.

¡GRACIAS A TODOS!

PABLO BASANTES.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	XVI
CÁPITULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. Objetivo General	1
1.1.2. Objetivos Específicos	1
1.2. ALCANCE	2
1.3. ANTECEDENTES	4
1.4. SISTEMAS AUXILIARES EN VEHÍCULOS LIVIANOS	6
1.4.1. Sistema de iluminación externa del vehículo	6
1.4.2. Sistemas eléctricos motorizados	10
1.4.3. SISTEMAS EN EL VEHÍCULO SUZUKI STEEM 2002	14
1.4.3.1. Descripción del sistema eléctrico	15
1.4.3.2. Faros delanteros	17
1.4.3.3. Luces intermitentes de giro y de advertencia	17
1.4.3.4. Limpiaparabrisas	18
1.4.3.5. Sistema elevalunas	19
1.4.4. PLACAS ELECTRÓNICAS DE PROGRAMACIÓN	19
1.4.4.1. Hardware de código abierto	20
1.4.4.2. Microcontroladores	20
1.4.4.3. Sensores	22
1.4.4.3. Actuadores	22
1.4.4.3. Placas de Arduino	22
1.5.4.4. Arduino Mega 2560	23

1.5.4.5. Comunicación en los microcontroladores	27
1.5.4.6. Entorno de Desarrollo Integrado de Arduino IDE	28
1.4.5. SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO DE VOZ	29
1.4.5.1. Fundamentos de la voz	29
1.4.5.2. Elementos para el reconocimiento de voz	30
1.4.5.3. Principios de funcionamiento para sistemas de reconocimiento de voz	30
1.4.5.4. Digitalización de la voz	31
1.4.6. MICROCONTROLADOR DE RECONOCIMIENTO DE VOZ ELECHOUSE V3	33
1.4.7. APLICACIONES PARA ANDROID	34
1.4.6.1. Sistema Operativo Android	35
1.4.6.2. Plataforma de programación de aplicaciones móviles MIT App Inventor	35
1.4.6.3. Requisitos para el uso de la Interfaz de MIT APP Inventor	35
1.4.8. TRANSMISOR BLUETOOTH HC-05	36
1.4.9. TARJETA DE RELÉS	37
CAPÍTULO II	40
2. MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1. MATERIALES	40
2.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41
2.2.1. Investigación experimental	41
2.2.2. Método de investigación lógico deductivo	41
2.2.3. Línea de Investigación tecnológica	42
2.2.4. Desarrollo de la propuesta de investigación	42
2.3. DIAGRAMAS ELÉCTRICOS	43
2.4. SELECCIÓN DE LA PLACA DE ARDUINO	44
2.4.1. Programación para Arduino	45
2.4.3. Comunicación de la placa Arduino con otros dispositivos	47
2.5. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO PARA EL CONTROL DE ACTUADORES EN AUTODESK - TINKERCAD CIRCUIT	48
2.5.1. Tinkercad Circuits	49
2.5.2. Proceso de diseño del circuito	51
2.5.3. Programación del circuito	52
2.5.4. Simulación del circuito	53
2.6. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL	53

2.6.1. Protocolo para el desarrollo de la aplicación móvil en MIT App Inventor	55
2.6.1.1. Diseño de la interfaz de usuario para la aplicación móvil	55
2.6.1.2. Programación para la aplicación móvil	57
2.6.1.3. Los Archivos en formato APK	59
2.6.2. Circuito para control de Arduino desde la aplicación móvil	59
2.7. DESARROLLO DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ MEDIANTE EL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3	61
2.7.1. Esquema del circuito para el sistema de reconocimiento de voz	62
2.7.2. Compilación y envío del programa a los microcontroladores	64
2.7.3. Proceso de entrenamiento del microcontrolador Elechouse V3	65
2.7.4. Flujograma para entrenamiento de comandos en el sistema de reconocimiento de voz	67
2.7.5. Envío del programa de control de actuadores a la placa de Arduino	68
2.8. DISEÑO DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL	69
2.9. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL	72
CAPÍTULO III	73
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
3.1. ANÁLISIS DE DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL SUZUKI ESTEEM 2002	73
3.2. LA APLICACIÓN MÓVIL	74
3.2.1. Características	75
3.2.2. Funcionamiento	77
3.2.3. Pruebas en banco para la aplicación móvil	86
3.3. SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ MEDIANTE EL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3	95
3.3.1. Características	96
3.3.2. Funcionamiento	97
3.3.3. Pruebas en banco para el sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3	98
3.3.4. Discusión referente al sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3	101

3.4. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL.	102
3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL EN EL VEHÍCULO SUZUKI ESTEEM 2002	104
3.5.1 Conexión en el sistema elevalunas	107
3.5.2 Conexión en el sistema de iluminación	108
3.5.3 Conexión en el sistema de luces de giro y advertencia	110
3.5.4 Conexión en el sistema limpiaparabrisas	111
3.5.5 Pulsadores instalados en el volante del conductor	113
3.5.6 Leds indicadores en la consola central del vehículo	115
3.5. ANÁLISIS DE COSTOS	116
3.6. DISCUSIÓN GENERAL DEL DISPOSITIVO	118
CAPÍTULO VI	119
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
4.1 CONCLUSIONES	119
4.2 RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
NÚM.	
1.1 Características de las luces del vehículos	8
1.2 Datos técnicos Suzuki Esteem 1.6 2002	15
1.3 Nomenclatura de los cables	15
1.4 Descripción de la caja de fusibles del Suzuki Esteem 2002	16
1.5 Descripción de los faros principales	17
1.6 Descripción de las luces de advertencia y giro	18
1.7 Descripción del sistema limpiaparabrisas	18
1.8 Descripción del sistema elevalunas	19
1.9 Componentes y proceso de digitalización de la voz	32
1.10 Conexión elechouse V3 con el Arduino Mega 2560	34
1.11 Características del transmisor Bluethooth HC-05	37
2.1 Conexión de pines en el circuito para la aplicación móvil	60
2.2 Conexión de pines con el módulo Elechouse V3	64
2.3 Comandos para el entrenamiento del módulo de reconocimiento de voz	66
3.1 Comandos de voz y variables empleados en la aplicación móvil	81
3.2 Tiempos de respuesta en el control táctil	88
3.3 Tiempos de respuesta para reconocimiento de voz de google	90
3.4 Porcentajes de ficiencia para reconocimiento de voz de google	92
3.5 Tiempos de respuesta para el de sistema Elechouse V3	99
3.6 Porcentajes de eficiencia para el sistema Elechouse V3	100
3.7 Propiedades del micrófono TCM 110	103
3.8 Nomenclatura cableado del sistema elevalunas	108
3.9 Nomenclatura en el cableado del sistema de iluminación	109
3.10 Nomenclatura en el cableado del sistema de luces de maniobras	111
3.11 Nomenclatura en el cableado del sistema limpiaparabrisas	113
3.12 Costos en componentes del prototipo	116
3.13 Costos complementarios	117
3.14 Resumen de costos	117

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1.1 Disposición de las luces en el vehículo	7
1.2 Esquema simplificado de un circuito eléctrico de alumbrado	8
1.3 Esquema simplificado de un circuito de intermitencia	9
1.4 Mando de luces	9
1.5 Sistemas limpiaparabrisas comunes	10
1.6 Motor eléctrico del limpiaparabrisas	11
1.7 Circuito de control del limpiaparabrisas	11
1.8 Mando del limpiaparabrisas	12
1.9 Sistema de elevelunas eléctrico en el vehículo	12
1.10 Sistemas elevelunas convencionales	13
1.11 Motor eléctrico para el sistema elevelunas	13
1.12 Diagrama eléctrico del sistema elevelunas	14
1.13 Esquema de una plataforma de programación	20
1.14 Esquema básico de un microcontrolador	21
1.15 Arduino Mega 2560	23
1.16 Pinout Arduino Mega 2560	24
1.17 Comunicación en serie	28
1.18 Comunicación en paralelo	28
1.19 Lógo del IDE de Arduino	28
1.20 Ejemplo de señal de voz	30
1.21 Diagrama de bloques de un sistema de reconocimiento de voz	31
1.22 Teorema de nyquist	31
1.23 Microcontrolador Elechouse V3	34
1.24 Lógo oficial de MIT App Inventor	35
1.25 Interfaz de diseño de MIT App Inventor	36
1.26 Esquema interno y vistas externas del relé	38
1.27 Componentes de la tarjeta electrónica de 2 relés	39
1.28 Funcionamiento de un optoacoplador	39
2.1 Flujograma del desarrollo de la propuesta de investigación	43
2.2 Captura del diagrama eléctrico de luces del Suzuki Esteem 2002	44
2.3 Comparativa entre las placas de Arduino	45

2.4	Estructura del IDE de Arduino	46
2.5	Esquema de comunicación en el sistema de reconocimiento de voz	47
2.6	Esquema de comunicación para la aplicación móvil	48
2.7	Interfaz principal de diseño en Autodesk Tinkercad	50
2.8	Modelado 3D Arduino	50
2.9	Interfaz de diseño Tinkercad Circuits	51
2.10	Interfaz de programación en Tinkercad Circuits	52
2.11	Proceso de simulación en Tinkercad Circuits	53
2.12	Flujograma para el proceso de desarrollo de la aplicación móvil	54
2.13	Sección de diseño de la interfaz gráfica en MIT App Inventor	56
2.14	Sección de programación en MIT App Inventor	58
2.15	Icono APK	59
2.16	Esquema de comunicación entre Arduino y la aplicación móvil	60
2.17	Flujograma del desarrollo del sistema de reconocimiento de voz	62
2.18	Esquema del circuito para sistema de reconocimiento de voz	63
2.19	Proceso de compilación en el IDE de Arduino	64
2.20	Entrenamiento de comandos en el módulo de reconocimiento de voz	65
2.21	Flujograma para entrenamiento de comandos de voz en Elechouse V3	67
2.22	Ejecución de programas en la placa Arduino	68
2.23	Carcasa del módulo	69
2.24	Circuito principal del módulo	70
2.25	Circuito de control	71
2.26	Esquema de funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz y App móvil	72
3.1	Pantallas de la aplicación móvil	75
3.2	Logo de la aplicación Talking to Car STP	76
3.3	Esquema de funcionamiento de la aplicación móvil	77
3.4	Procedimiento para descarga del archivo APK	78
3.5	Pantallas de inicialización (1) e inicio de sesión (2)	79
3.6	Pantallas del menú principal en la aplicación	79
3.7	Pantallas de seguridad (1) y configuración de comandos y variables (2)	80
3.8	Pantallas de la función de control táctil	82
3.9	Pantallas de la función de control mediante reconocimiento de voz de Google	84
3.10	Pantallas función Elechouse V3	85
3.11	Pantalla de ayuda en la aplicación móvil	86

3.12	Pruebas de funcionamiento del control táctil	87
3.13	Pruebas de funcionamiento para el sistema de reconocimiento de voz de Google	89
3.14	Sonómetro marcando los parámetros de prueba	93
3.15	Sistema de reconocimiento de voz mediante Elechouse V3	95
3.16	Elementos del sistema de reconocimiento de voz autónomo	96
3.17	Flujograma de funcionamiento del sistema autónomo de reconocimiento de voz	97
3.18	Pruebas en el sistema autónomo de reconocimiento de voz	98
3.19	Módulo de reconocimiento de voz y aplicación móvil	102
3.20	Micrófono profesional TCM 110	103
3.21	Módulo electrónico de control instalado en el vehículo	104
3.22	Esquema del módulo electrónico en el vehículo	105
3.23	Mantenimiento de los sistemas auxiliares del vehículo	106
3.24	Motor de elevalunas puerta trasera derecha	107
3.25	Esquema de control del sistema elevalunas	107
3.26	Cableado y mando de luces en el volante del vehículo	108
3.27	Esquema de control del sistema de iluminación	109
3.28	Cableado y botón de luces de parqueo	110
3.29	Esquema de control del sistema de luces de maniobras	110
3.30	Cableado y mando del sistema limpiaparabrisas	112
3.31	Esquema de control del sistema limpiaparabrisas	112
3.32	Esquema de control del sistema limpiaparabrisas	113
3.33	Esquema de conexión pulsadores del volante	114
3.34	Conjunto de leds en el panel central	115
3.35	Esquema de conexión del panel de leds	115

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
1. Diagrama general de luces Suzuki Esteem 2002	127
2. Diagrama de luces exteriores Suzuki Esteem 2002	128
3. Diagrama del limpiaparabrisas Suzuki Esteem 2002	129
4. Manual de uso del elechouse V3 pag 3	130
5. Manual de uso del elechouse V3 pag 4	131
6. Manual de uso del elechouse V3 pag 5	132
7. Manual de uso del elechouse V3 pag 7	133
8. Manual de uso del elechouse V3 pag 8	134
9. Manual de uso del elechouse V3 pag 9	135
10. Manual de uso del elechouse V3 pag 10	136
11. Condicionales para el funcionamiento del microcontrolador Elechouse V3 en el IDE de Arduino	137
12. Condicionales para el funcionamiento de la aplicación móvil	142
13. Estructura de bloques en App Inventor para configuración de variables y comandos de voz	146
14. Diagrama electrónico general del sistema de reconocimiento de voz montado en el vehículo	147

RESUMÉN

La presente investigación planteó el desarrollo e implementación de un dispositivo electrónico que mediante comandos de voz permita al conductor controlar las funciones primarias del vehículo, esto se realizó por medio de una aplicación móvil incorporada con la función de reconocimiento de voz de Google y como segunda alternativa usando un microcontrolador de reconocimiento de voz; el propósito del dispositivo fue automatizar las tareas manuales del conductor y suprimir la necesidad de separar las manos del volante, optimizando de esa forma el estilo de conducción de las personas con paraplejía, quienes utilizan automotores con adaptaciones personalizadas para conducir únicamente con las extremidades superiores debido a la pérdida de movilidad en las extremidades inferiores. Mediante el desarrollo del proyecto se determinó cuál de las dos técnicas para el control de los sistemas del automotor mediante la voz humana es la más eficiente y se adapta a las necesidades del conductor, especialmente para las personas del sector vulnerable citado. Para cumplir con los objetivos de investigación se recopiló información de los principales sistemas auxiliares del vehículo, estructura, componentes y parámetros de funcionamiento del sistema eléctrico, al igual que, se estudió sistemas de reconocimiento de voz y el desarrollo de aplicaciones móviles, obras publicadas por varios investigadores para satisfacer las diversas necesidades de las sociedades alrededor del mundo, temas encontrados en un gran número de revistas científicas reconocidas. Para comandar el sistema de control de funciones auxiliares se implementó en el vehículo un circuito operado por la placa electrónica de programación Arduino Mega 2560. En lo que corresponde la aplicación móvil, fue desarrollada en la página web de MIT App Inventor 2, incorporando como función principal el sistema de reconocimiento de voz de Google y empleando un sistema de conectividad Bluetooth para comunicarse con la placa Arduino instalada en el vehículo. Por otra parte, el funcionamiento del microcontrolador de reconocimiento de voz Elechouse V3 se programó en el IDE de Arduino y fue adaptado al circuito principal del dispositivo para funcionar independientemente de la aplicación móvil, siendo un proceso que únicamente utiliza un pulsador en el volante del conductor para activar la función de reconocimiento de voz e incorpora también un micrófono para la recepción de comandos de voz. Al final se realizaron una serie de pruebas para verificar la funcionalidad del dispositivo, resultados que fueron detallados en las conclusiones del proyecto.

ABSTRACT

This research proposed the development and adaptation of an electronic device that, through voice commands allows the driver to control the vehicle's primary functions, it was done using a mobile application implemented with the Google voice recognition function and as a second alternative by using a voice recognition microcontroller. The purpose of the device is to automate the manual tasks of the driver and avoid the need to separate the hands from the steering wheel, in this manner, optimizing the driving style of people with paraplegia, who use motors with personalized adaptations to drive only with their upper limbs, because they have lost the mobility in their lower extremities. The development of the project identified which of the two techniques used for the control of primary automotive systems by human voice is the most efficient and adapts to the driver needs, especially for people in the vulnerable sector mentioned. To achieve the project objectives, information was collected from the main auxiliary systems of the vehicle, structure, components, and operating parameters in the electrical system, as well as, voice recognition systems and the development of mobile applications were studied, works published by various researchers to solve the diverse needs of societies around the world, topics found in numerous prestigious scientific journals. To control the auxiliary functions control system, an electronic circuit operated by the Arduino Mega 2560 electronic programming board was implemented in the vehicle. On the other hand, the mobile application was developed in the MIT App Inventor 2 web page, incorporating as main function Google's voice recognition system and using a Bluetooth connectivity System to establish communication with the Arduino board adapted on the car. Moreover, the operation of the Elechouse V3 voice recognition microcontroller was programmed on the Arduino IDE and was adapted the main electronic circuit to work independently of the mobile application, being a simple process, only using a push-button on the driver's steering wheel For activate the Recognition voice System and besides a microphone for the voice comad reception . Finaly was make a testing stage was carried out where the most important incident factors were analyzed, and the obtained results were describeb in the project conclusions.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los sorprendentes avances tecnológicos del ser humano en los últimos años, un sin número de gobiernos, instituciones privadas y organizaciones sociales continúan en la búsqueda de mecanismos y tecnologías que permitan mejorar las condiciones de vida, y garantizar la accesibilidad de las personas con capacidades especiales a los diversos espacios y ambientes sociales en igualdad de condiciones.

Uno de los principales enfoques de trabajo es la movilidad autónoma para las personas con paraplejía, donde se han desarrollado de forma artesanal, medios de transporte con modificaciones especiales, adaptando funciones como la aceleración, embrague y frenado para ser controlados con las manos desde mandos mecánicos adaptados al volante del conductor, sin embargo, aún existen varias limitaciones en este tipo de mecanismos, debido a que, al mantener el piloto ocupadas las extremidades controlando el funcionamiento y la trayectoria del automóvil, se dificulta la activación de otras funciones como: iluminación, señalización de maniobras, ventilación, confort, entre otros, los cuales son factores importantes y necesarios para la circulación del automóvil y la seguridad vial en el entorno.

Entre las principales innovaciones tecnológicas que es posible encontrar hoy en día para la automatización y el control simplificado de tareas manuales necesarias al operar una amplia diversidad de mecanismos, existen los sistemas de reconocimiento de voz, al igual que, las aplicaciones móviles, estrategias que sin duda enfocadas a medios de transporte para personas con capacidades especiales garantizan mejoras significativas en cuanto a confort y seguridad.

La presente investigación desarrolla un dispositivo electrónico de asistencia al conductor para el control de funciones auxiliares del vehículo mediante el uso de comandos de voz, evitando así que separe las manos del volante o descuide la mirada de la trayectoria, estrategia que resulta favorable para contar con un medio de transporte seguro, que permita a las personas con paraplejía movilizarse de manera autónoma, confiable y en las mejores condiciones.

CÁPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Sobre la revisión bibliográfica, es la etapa que permite al autor establecer las bases hipotéticas (teorías, modelos, paradigmas, etc.) en las que ha de sustentar el trabajo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Diseñar un sistema electrónico de control de funciones auxiliares del vehículo mediante comandos de voz y aplicación móvil enfocado a optimizar el estilo de conducción de las personas con paraplejía.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Analizar los sistemas de control de las funciones auxiliares del vehículo mediante el uso de diagramas eléctricos especializados.
- Desarrollar una aplicación móvil Android para el control de tareas primarias en el automotor por medio de comandos de voz y control táctil.
- Diseñar un sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3 para la ejecución de órdenes a los actuadores inherentes en la activación de funciones del vehículo.
- Construir el módulo electrónico para el control de funciones mediante comandos de voz y aplicación móvil.
- Implementar el módulo de comando de funciones primarias al automóvil Suzuki Esteem 2002.

1.2 ALCANCE

La presente investigación propone diseñar un sistema de control electrónico de funciones auxiliares del automóvil mediante comandos de voz y una aplicación móvil. La implementación de este dispositivo se realizará en un vehículo Suzuki Esteem año 2002. Para diseñar el sistema de reconocimiento de voz se utilizará la plataforma electrónica de desarrollo, Arduino Mega 2560 con un microcontrolador de reconocimiento de voz Elechouse V3. Mientras que, para el sistema de control desde el dispositivo móvil, la aplicación se desarrollará en la plataforma de programación online MIT App Inventor y será compatible únicamente con el sistema operativo Android. La aplicación móvil trabajará mediante un sistema de comunicación inalámbrica para lo cual se empleará un transmisor Bluetooth HC-05, quien realizará la transmisión de datos entre el móvil y el sistema de comando que se encontrará incorporado en el vehículo. En consecuencia, con lo expuesto, este proyecto tiene como alcance los siguientes objetivos:

1. Control de funciones primarias mediante la aplicación móvil:
 - Control de luces altas o de carretera
 - Control de luces bajas o de corto alcance
 - Control de luces intermitentes de giro y advertencia
 - Control de la velocidad lenta del limpiaparabrisas
 - Control de elevavidrios en las ventanas posteriores.

2. Control de funciones mediante el microcontrolador Elechouse V3:
 - Control de luces altas o de carretera
 - Control de luces bajas o de corto alcance
 - Control de luces intermitentes de giro y advertencia
 - Control de la velocidad lenta del limpiaparabrisas

Los puntos señalados serán ejecutados posterior al cumplimiento de los objetivos específicos de: construcción del módulo electrónico para el control del sistema mediante comandos de voz y aplicación móvil. Y la implementación del dispositivo en el vehículo utilizado para realizar el proyecto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se conoce que, las políticas internacionales y los derechos humanos priorizan la atención para los sectores vulnerables de la sociedad, sin embargo, en la actualidad sigue siendo un problema para la mayoría de las naciones subdesarrolladas, el garantizar los mecanismos de acceso a la movilidad segura y sin asistencia para las personas que padecen de algún tipo de discapacidad. El Ecuador no es la excepción, al no poseer la suficiente economía para la importación ni el avance y recursos tecnológicos necesarios para el desarrollo y fabricación de medios de transporte específicamente diseñados para satisfacer las necesidades de este grupo poblacional.

La presente investigación propone el diseño de un mecanismo de asistencia al conductor, para el control de funciones auxiliares de un vehículo mediante el uso de la voz humana y la tecnología de un smartphone, con el objeto de automatizar una serie de tareas manuales en los medios de transporte y suprimiendo así la necesidad separar las manos del volante al momento de ejecutarlas. Mediante la realización de la tecnología de voz se estaría contribuyendo con la seguridad vial, además que, por otro lado, se facilitaría la movilidad autónoma de las personas que padecen paraplejía, brindándoles las condiciones de confianza seguridad y confort necesarias para guiar un automotor.

El dispositivo planteado en el proyecto propone mejorar factores de inclusión para las personas con paraplejía, mediante su desarrollo sin duda causarían un impacto social significativo, puesto que la movilidad constituye un elemento fundamental para el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos, y más aún, para personas que pertenecen a sectores vulnerables, sin duda sería un importante avance acceder a mejores escenarios para interactuar y convivir en una situación de igualdad de condiciones con el entorno, por otra parte, se estaría contribuyendo para el desarrollo de la economía social, al facilitar a las personas con paraplejía la realización de actividades de comercio y producción, mediante el acceso seguro al transporte de personas, bienes y servicios.

Cabe señalar que este proyecto está respaldado por la Constitución Nacional de la República del Ecuador, siguiendo lo que se encuentra señalado el numeral 10, del artículo 47, Sección Sexta de las personas con discapacidad, que dice:

Art. 47.- El Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social. Se reconoce a las personas con discapacidad, los derechos a:

1. El acceso de manera adecuada a todos los bienes y servicios. Se eliminarán las barreras arquitectónicas.

Por otro lado, es importante señalar que han existido proyectos relacionados con la temática de investigación desarrollada en la presente obra, entre los que se puede mencionar:

- Módulo de encendido de un motor mediante comandos de voz. (Cabezas, Gaibor, & (2015)). Trabajo en el cual se elabora un sistema electrónico de reconocimiento de voz que permite controlar el encendido y apagado de un motor de combustión interna. Esta investigación contribuye para determinar la factibilidad de emplear un sistema de reconocimiento de voz en un motor, cuando este, genera un alto grado de ruido distorsionando la comunicación entre el usuario y el dispositivo.
- Desarrollo de una interfaz para controlar sistemas domóticos mediante comandos de voz (Alvarez, Cajas, & (2016)). En este trabajo se elabora un sistema de control mediante comandos de voz operado desde una aplicación móvil para comandar algunos accesorios domésticos como: la ducha, las luces de toda la vivienda, el refrigerador etc. La investigación permite generar una serie de ideas y alternativas para crear un sistema de control de actuadores comandado con la voz humana.

1.3. ANTECEDENTES

Ha sido evidente a lo largo de la historia el trato excluyente e insensibilizado para las personas con capacidades especiales. Sin embargo, mediante desarrollo de las sociedades y la generación de políticas públicas, se ha logrado generar un proceso de inclusión en diversos espacios sociales, al igual que la atención prioritaria y preferencial de este grupo poblacional vulnerable (MSP, 2018, pág. 15).

Según la O.M.S., aproximadamente 1000 millones de seres humanos en el mundo padecen de algún tipo de discapacidad, lo que significaría alrededor del 15 % de los habitantes del planeta. Para este sector poblacional se dificulta el desarrollo individual, su inclusión social, educativa o laboral.

El Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) señala que existen 215,166 ecuatorianos registrados con problemas de movilidad en sus extremidades inferiores (paraplejía), lo que equivale al 1.2 % de la población total. Las cifras permiten conocer la existencia de un amplio sector humano demandante de condiciones y oportunidades que garanticen su inclusión en la sociedad (CONADIS, 2019, pág. 18).

La movilidad para personas con capacidades especiales en el Ecuador, se considera una barrera, debido a que, los vehículos livianos que ingresan al país no están diseñados para cumplir con las condiciones necesarias para ser controlados por este tipo de personas. De igual manera, no se cuenta con industrias que diseñen este tipo de vehículos con adaptaciones especiales, debido a la diversidad de discapacidades que existen, se convierte en un problema estandarizar los procesos.

En la búsqueda de alternativas para solucionar el problema de movilidad para las personas parapléjicas, en el Ecuador algunas instituciones de educación superior han diseñado la denominada “Unidad de Control Manual”, que se caracteriza por modificar las funciones de los pedales del acelerador, freno y embrague, transformándolos en mandos mecánicos para adaptarlos al volante y ser controlados con las manos; de esta forma se ha generado una mejor oportunidad para las personas que no disponen de movilidad en sus piernas, al acceder a un vehículo diseñado especialmente para ellos; sin embargo, todavía existe un problema con estas unidades, y es la necesidad de accionar durante la conducción otras funciones del vehículo como: las luces direccionales, las luces de paqueo, el limpiaparabrisas, los elevavidrios, etc., lo que se convierte en un riesgo para la seguridad vial la necesidad de separar las manos del volante o desviar la vista de la trayectoria (Baquero, Chimborazo, Quiroz, & Quiroz, 2014, pág. 23).

Por otro lado, se conoce que investigaciones alrededor del mundo han trabajado en diferentes tecnologías que incorporan aplicaciones móviles o programas de reconocimiento de voz

Intuitivos para ser empleados como un medio de comunicación humano-máquina; se considera que este tipo de estrategias al ser aplicadas en un vehículo diseñado para personas con capacidades especiales, sin duda sería un gran avance tecnológico en el ámbito automotriz. (S. Azargoshasb, 2018, pág. 31).

1.4. SISTEMAS AUXILIARES EN VEHÍCULOS LIVIANOS

Los sistemas auxiliares del vehículo constituyen un conjunto de circuitos eléctricos y electrónicos que cumplen el objetivo de activar/desactivar de forma manual o automática determinadas funciones ya sean, de seguridad o confort para asistencia del conductor y los ocupantes.

Los vehículos con motor de combustión interna son autónomos eléctricamente, gracias a que la electricidad que el vehículo consume es generada por el mismo, empleando un alternador. Con el motor en marcha, el alternador alimenta todos los componentes eléctricos como actuadores, módulos de gestión, lámparas, resistencias, motores eléctricos, bobinados, etc. La corriente sobrante se acumula en la batería, que sirve de reserva de energía para alimentar los circuitos con el motor parado y sin funcionar el alternador. Los circuitos eléctricos por donde circula la corriente disponen de los siguientes componentes: batería, cableado, terminales, conectores, fusibles, interruptores, relés, módulos de gestión, etc. (Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 6).

Se emplean redes de 12 V en vehículos livianos y motocicletas, mientras que en camiones, buses y demás pesados 24 V. Estos valores de tensión en corriente directa son bajos, por lo que no se podría utilizar en motores eléctricos para tracción.

1.4.1. Sistema de iluminación externa del vehículo

Los sistemas de iluminación en medios de transporte son muy relevantes, sobre todo, en lo que corresponde a la seguridad vial, debido a que, cumplen las funciones de iluminación de la vía, advertencia de presencia del vehículo y señalización de maniobras, lo que genera que se encuentren constituidos por una variedad de luces reglamentarias que se ubican convenientemente en su estructura (Alonso J. , 2014, pág. 31).

Es importante señalar que la intensidad de iluminación de los faros durante la circulación nocturna es controlada manualmente por el conductor para iluminar adecuadamente la calzada y no afectar la visibilidad de los demás conductores que circulan en sentido opuesto. Lo mismo sucede con las luces de intermitentes, las cuales deben señalar con anticipación a los demás usuarios de la vía, los cambios de trayectoria que se ha de realizar el vehículo.

Las luces del vehículo se clasifican principalmente en tres grupos:

- Luces de alta potencia para proyección.
- Luces de media potencia para señalización y visualización de automotor.
- Luces de baja potencia para señalización e iluminación interior.

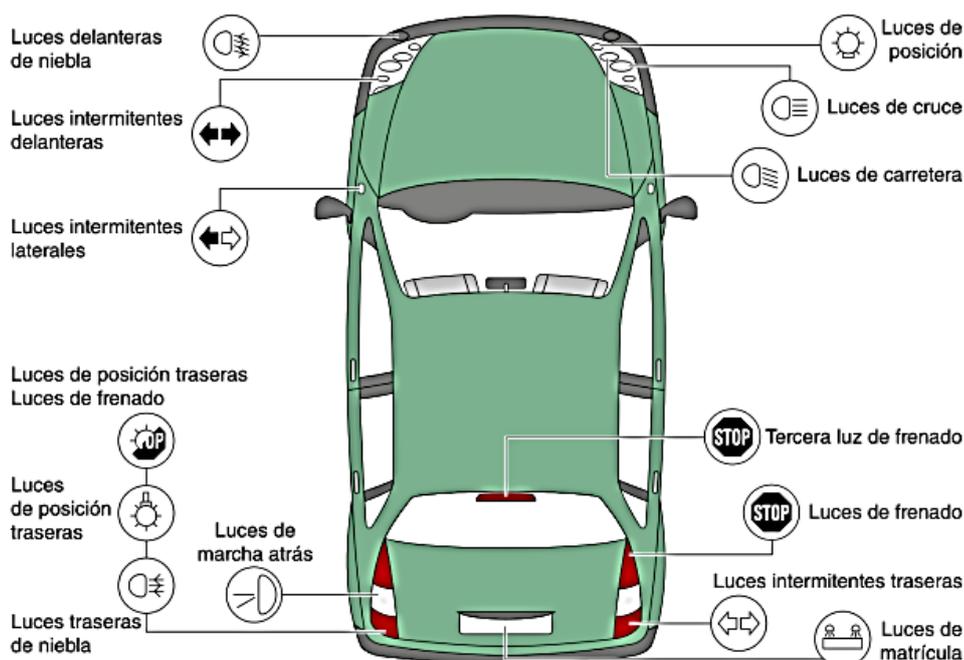


Figura 1.1 Disposición de las luces en el vehículo
(Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 171)

En la Figura 1.1. Se observa los principales tipos de luces encontradas en los vehículos a partir de los años 80, donde se puede notar que los fabricantes de vehículos han ido avanzando en cuanto a mejoras en los distintos procesos y tecnologías de diseño, disposición, materiales, consumo de energía, entre otros factores, produciendo sistemas más eficientes y seguros, esto debido a que se necesita que se encuentren operando de forma óptima tanto para la conducción nocturna, como para la señalización de movimientos a realizar por el

conductor durante la circulación, iluminar el entorno en condiciones climatológicas adversas, todos estos, son factores determinantes para no sufrir algún tipo de percance.

Tabla 1.1 Características de las luces del vehículo

Tipo	Época	Vida	Elemento	Medición [Lm/W]	Tensión [V]	Conexión
Incandescentes	Años 80	800 h	Wolframio y vacío	10 - 18	12	Directa
Alógenas	A partir de los 80	1.300 h	Wolframio y Cl-Br-I-FI	22 - 26	12	Relé
Descarga	A partir del 2000	3.000 h	Gas xenón	70 - 85	Pico 20.000 AC 85 V (400 Hz)	Balastro
LED	Actuales Opcionales	20.000 h	Unión P-N	70 - 100	12	Bloque

Fuente: (Águeda, Navarro, Gómez, García, & Gracia, 2009, pág. 126)

1.4.1.1. Circuito de alumbrado

Cumple con dos objetivos principales. El de iluminar la vía para observar el trayecto por donde transita y el ser visto y anticipado por los demás usuarios. La iluminación de la trayectoria debe ser óptima para desplazarse con seguridad en circunstancias de escasa visibilidad o en horario nocturno. **La Figura 1.2** permite conocer un esquema básico de un circuito de alumbrado.

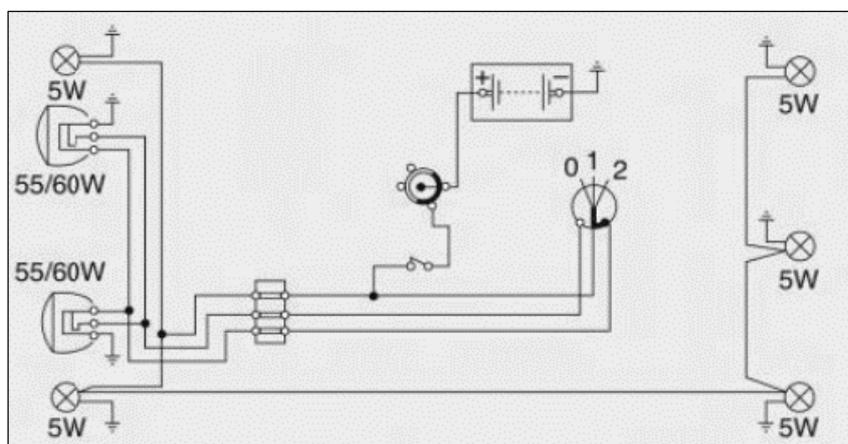


Figura 1.2 Esquema simplificado de un circuito eléctrico de alumbrado (Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 176)

1.4.1.2. Circuito de luces de giro y advertencia

Avisa a los demás usuarios la intención de realizar un cambio de orientación de la marcha, mediante el destello intermitente de varias lámparas situadas en los laterales del vehículo, tanto en la parte delantera como en la trasera. Para cumplir este propósito el circuito consta de una central de intermitencia que puede producir entre 60 a 100 destellos por minuto (Ros & Barrera, 2011, pág. 267).

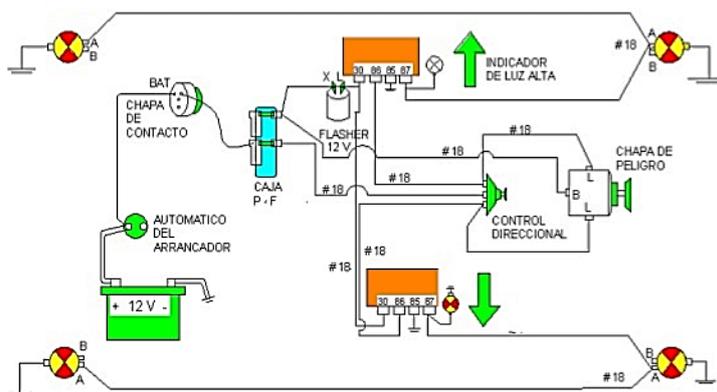


Figura 1.3 Esquema simplificado de un circuito de intermitencia (Ros & Barrera, 2011, pág. 267)

1.4.1.3. Mando de luces

Se encuentra ubicado bajo el volante del conductor, acoplado a la barra de dirección. Es el elemento encargado de la activación y desactivación del sistema, así como de la conmutación entre fases de alumbrado. Generalmente con el mismo mando se activa el sistema de alumbrado ordinario y el conmutador del sistema de intermitencia (Ros & Barrera, 2011, pág. 257).

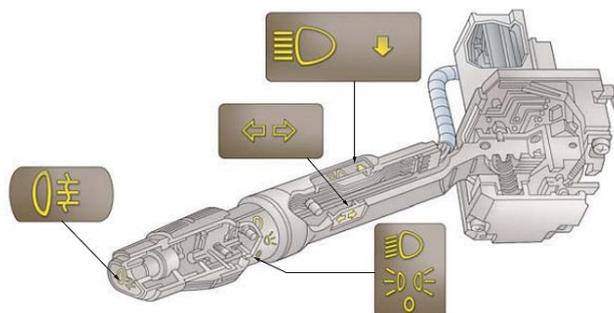


Figura 1.4 Mando de luces (Ros & Barrera, 2011, pág. 257)

1.4.2. Sistemas eléctricos motorizados

La función principal de estos sistemas es la de transformar la energía eléctrica que reciben de la batería del vehículo en energía mecánica de rotación para mover determinado mecanismo y cumplir con una tarea que puede ser para asistencia en la conducción, seguridad o confort en el automóvil. Este tipo de circuitos se caracterizan por estar constituidos de un motor DC de 12 V, que es el actuador principal que controla el mecanismo (Sánchez, 2011, pág. 59).

1.4.2.1. Sistema limpiaparabrisas

Este mecanismo realiza la limpieza o barrido de la luna delantera y trasera cuando esta con suciedad o cubierta de agua, permitiendo la buena visibilidad al conductor, especialmente en situaciones climatológicas adversas. Se compone de un motor eléctrico que rota entre 2000 a 2500 rpm, el mismo que posee una relación de engranajes y un mecanismo de varillajes que desmultiplican las revoluciones e incrementan el par para proporcionar cierto número de barridos de las hojas sobre el parabrisas (Águeda, Navarro, Gómez, García, & Gracia, 2009, pág. 359). A continuación, en la **Figura 1.5** se puede identificar los principales tipos y componentes de los sistemas limpiaparabrisas:

1. Mecanismo convencional
2. Mecanismo/cable de transmisión



Figura 1.5 Sistemas limpiaparabrisas
(Alonso J. , 2014, pág. 145)

El motor eléctrico utilizado en los limpiaparabrisas es del tipo de corriente continua con imanes permanentes (giro invertido) como el representado en la **Figura 1.6**, cuyo rotor dispone de un eje de tornillo sin fin, que engrana en la corona dentada, a la que transmite su movimiento a determinada desmultiplicación, para conseguir la potencia necesaria (Alonso J. , 2014, pág. 147).



Figura 1.6 Motor eléctrico del limpiaparabrisas
(Alonso J. , 2009, pág. 147)

En la **Figura 1.7** se puede observar un circuito de control de limpiaparabrisas, con fases rápida, lenta, e intermitente. Los interruptores se muestran en posición de encendido y el motor en movimiento.

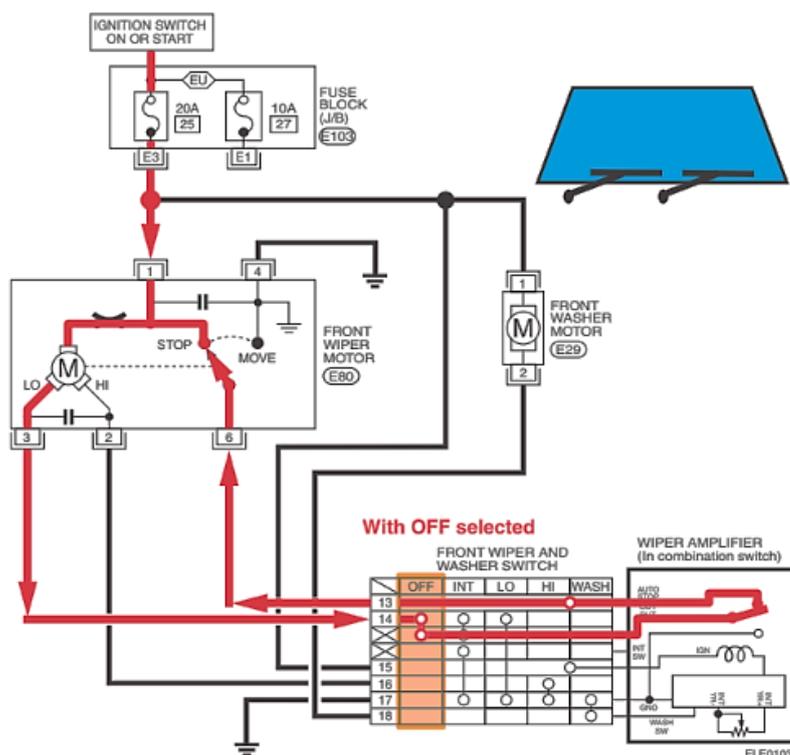


Figura 1.7 Circuito de control del limpiaparabrisas
(Denton, 2016, pág. 432)

Para el control del limpiaparabrisas se utilizan mandos similares a los empleados en los sistemas de alumbrado e intermitencias, los cuales se monta en la columna de la dirección junto al volante del conductor para una fácil accesibilidad, como se puede observar en la **Figura 1**. (Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 213).



Figura 1.8 Mando del limpiaparabrisas
(Ros & Barrera, 2011, pág. 294)

1.4.2.2. Sistema elevallunas

El mecanismo elevallunas permite a los ocupantes del vehículo controlar la posición de las lunas o cristales de las puertas, este mecanismo tiene accionamiento mecánico, cuando se realiza desde una manivela, o eléctrico cuando se ejecuta por medio de un mando que activa el motor eléctrico. (Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 313).

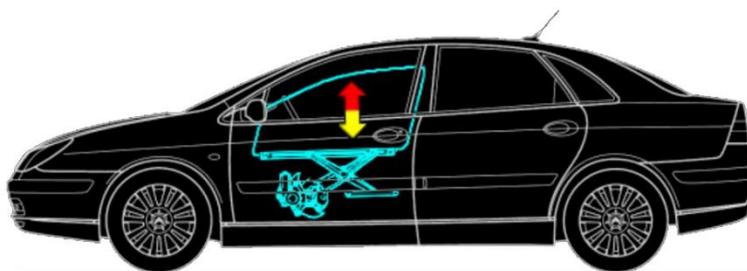


Figura 1.9 Sistema de elevallunas eléctrico en el vehículo
(Águeda, Navarro, Gómez, García, & Gracia, 2009, pág. 357)

Estos sistemas se instalan en el interior de las puertas del vehículo y se impulsan mediante un mecanismo de arrastre que puede ser de dos tipos diferentes. El engranaje articulado que consta de un motor eléctrico con engranaje de dientes rectos montado en el eje, durante su rotación acciona un segmento dentado que va acoplado al mecanismo articulado. Por otra parte, existe el cable de tracción donde el motor eléctrico mediante el acople de engranajes

produce el giro del elemento de sujeción del cable de arrastre. El cable de acero cuenta con un cilindro y un elemento tensor que regula la tensión de este en el mecanismo. En la **Figura 1.10** se observa los dos tipos de sistemas.

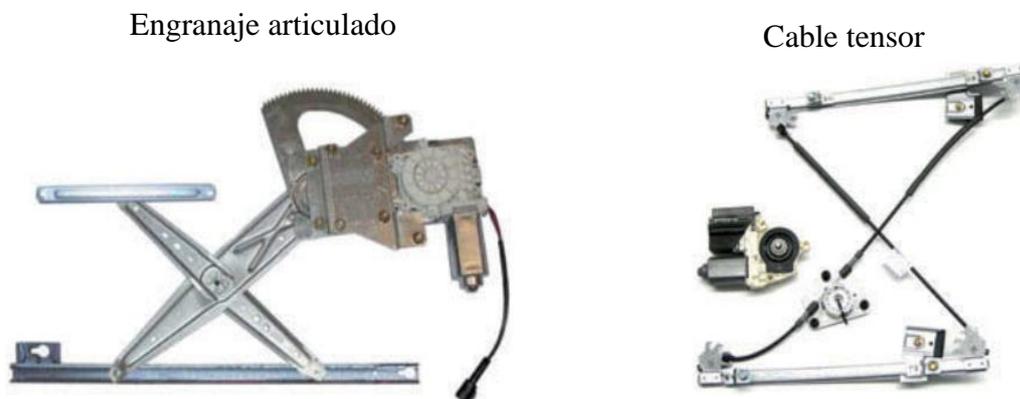


Figura 1.10 Sistemas elevavinas convencionales
(Domínguez & Ferrer, 2018, pág. 313)

Los motores eléctricos utilizados en los sistemas elevavinas son de diseño plano para su fácil acople al panel de la puerta. Para su funcionamiento incorporan un dispositivo de limitación de fuerza que impide el aprisionamiento accidental de las partes del cuerpo humano cuando sube el cristal. En los primeros modelos, este dispositivo lo conformaba un embrague mecánico, pero dada su escasa fiabilidad fue reemplazado por los sistemas de mando electrónico integrados por un sensor de efecto Hall montado sobre el rotor, lo que permite controlar el régimen de giro del motor eléctrico y recurrir a tiempo a una reducción de régimen cuando se presenta un obstáculo mientras sube el cristal (Alonso J. , 2009, pág. 419).

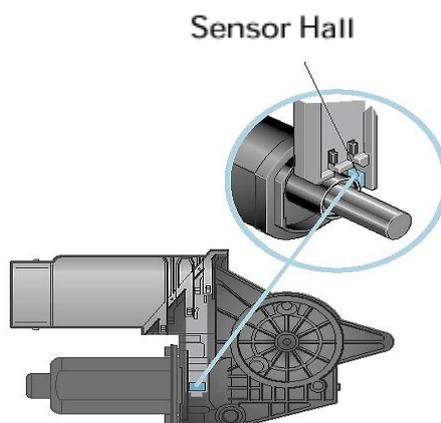


Figura 1.11 Motor eléctrico para el sistema elevavinas
(Alonso J. , 2009, pág. 419)

El circuito eléctrico está constituido de un mando de control por cada cristal, ubicados convenientemente en las puertas del vehículo. En los sistemas simples, los mandos reciben tensión al colocar en posición de contacto la llave de encendido del vehículo, a partir de ese momento al pulsar el mando se influye sobre la polaridad de corriente en el motor provocando el giro en el sentido necesario para subir o bajar la ventanilla. (Ros & Barrera, 2011).

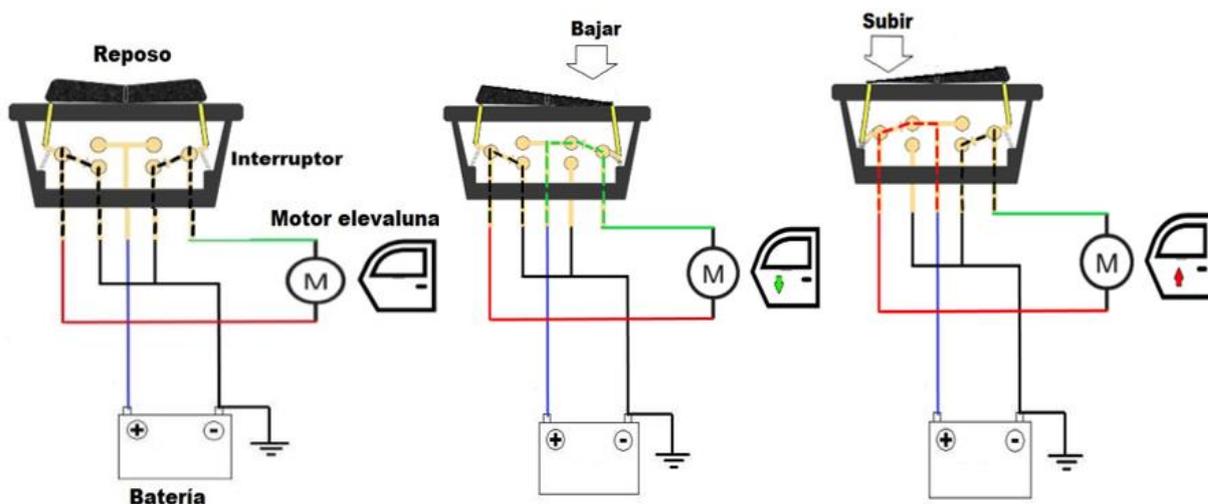


Figura 1.12 Diagrama eléctrico del sistema elevavinas
(Ros & Barrera, 2011, pág. 281)

Los mandos de control de los elevavinas están constituidos por conmutadores que intervienen en las fases de corriente según la necesidad. Estos se conectan por los pines de sus extremos al motor eléctrico y por los pines centrales al circuito de alimentación de corriente. Los conmutadores pueden disponer de un diodo led para su iluminación (S. Azargoshasb, 2018, pág. 412), en ocasiones el vehículo dispone de un único mando general para los cristales de todas las puertas, ubicado en la puerta del conductor. En la **Figura 1.12**, se puede observar el funcionamiento del interruptor que permite a los usuarios bajar y subir las lunas en las puertas del vehículo.

1.4.3. SISTEMAS AUXILIARES EN EL SUZUKI STEEM 2002

El Suzuki Esteem fue lanzado al mercado en 1994 hasta el 2002, fue conocido además en otros mercados como Suzuki Baleno o Suzuki Cultus Crescental producido por el fabricante japonés Suzuki en Latinoamérica fue ensamblado por GM Venezuela y GM Colombia

posteriormente fue también ensamblado en Ecuador por Ómnibus, es un vehículo liviano tipo C de clase estándar (Tapia G. , 2016, pág. 14).

Tabla 1.2 Datos técnicos del Suzuki Esteem 1.6 2002

DESCRIPCIÓN	MAGNITUDES
Motor	1.6 L
Cilindros	4 en L
Válvulas	16 SOHC
Potencia máx.	97 HP a 6.000 RPM
Torque máx.	52 Nm a 3400 RPM
Peso bruto vehicular	1375 kg
Sistema de Inyección	MPFI

Fuente: (Tapia G. , 2016, pág. 23)

1.4.3.1. Descripción del sistema eléctrico

Los componentes eléctricos para los vehículos livianos con motor de combustión interna, en la mayoría, están diseñados para funcionar a una tensión de 12 V, suministrados por la batería. El sistema eléctrico utiliza una polaridad de conexión a masa conectada en toda la extensión del bastidor y carrocería, lo que obliga a que los cables de corriente eviten el contacto debiéndose encontrar perfectamente aislados. El aislamiento consiste en un recubrimiento basado en un código de colores y simbología para facilitar la identificación de los circuitos.

Tabla 1.3 Nomenclatura de los cables

Símbolo	Color de cable	Símbolo	Color de cable
B	Negro	O	Naranja
Bl	Azul	R	Rojo
Br	Marrón	W	Blanco
G	Verde	Y	Amarillo
Gr	Gris	P	Rosa
Lbl	Azul claro	V	Violeta
Lg	Verde claro		

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002, pág. 1132)

La caja de fusibles y relés conforman el sistema de seguridad y control en el circuito eléctrico del vehículo. Cada circuito es alimentado por la batería, sin embargo, no siempre la electricidad es un factor del todo fiable, en ocasiones los elementos eléctricos suelen sufrir graves fallas por subidas involuntarias de tensión (Ruiz, Arnold, & Vergara, 2019, pág. 35). Estos elementos están precisamente para evitar este tipo de inconvenientes, evitando el paso cuando existe un sobrecargo de corriente, esto se cumple gracias a los fusibles, compuestos por filamentos delgados con determinada tolerancia de corriente cortando el paso de energía cuando esta excede el valor apropiado. Por otro lado, los relés son encargados de controlar el paso de corriente a través del circuito y así activar los diferentes sistemas, estos son activados por el conductor mediante los mandos dispuestos en el habitáculo, son elementos que pueden trabajar con dos tensiones diferentes a la vez, la primera para activación del relé, y la segunda es la corriente de paso a los circuitos. Básicamente el relé viene a ser un interruptor eléctrico (Rodríguez, 2012, pág. 259).

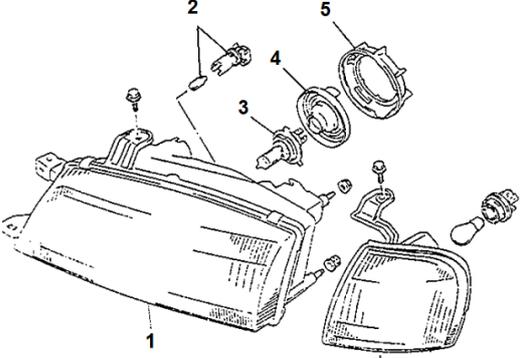
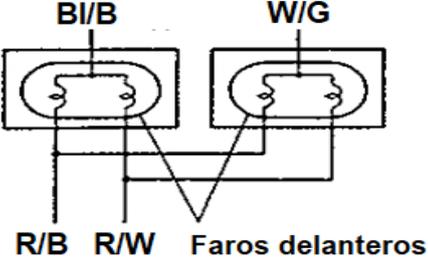
Tabla 1.4 Descripción de la caja de fusibles del Suzuki Esteem 2002

<ol style="list-style-type: none"> 1. Caja de fusible principal 2. Caja de relé fusible 3. Relé del motor de la bomba ABS 4. Relé principal de inyección de combustible 5. Relé del imán de embrague A/C 6. Relé de luz trasera 7. Relé de la bomba de combustible 8. Relé de bloqueo del cambio 9. Relé del motor del ventilador en el condensador A/C 10. Relé de la válvula de solenoide ABS 11. Relé del claxon 12. Relé de control del ventilador en el radiador 13. Conector 1 de diagnóstico 14. Conector 2 de diagnóstico 	<ol style="list-style-type: none"> (1) A la batería (2) Al fusible de los faros delanteros (3) Al interruptor de encendido (4) Al relé del motor de la bomba ABS (5) Al relé de control del ventilador motor (6) Al relé del fusible y calefactor (7) Fusible de inyección de combustible (8) Fusible de luz interior (9) Fusible de faro delantero a mano izquierda (10) Fusible de faro delanteros a mano derecha (11) Fusible de claxon (12) Fusible de luz trasera a mano izquierda (13) Fusible de luz trasera (14) Fusible de luz de posición (15) Fusible A/C

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002, pág. 1133)

1.4.3.2. Faros delanteros

Tabla 1.5 Descripción de los faros principales

			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Faro delantero 2. Luz de posición 3. Bombilla de halógeno 4. Cubierta de casquillo 5. Tapa de bloqueo 	Símbolo	Color cable	Descripción
	B/B	Azul/Negro	Masa
	W/G	Blanco/Verde	Masa
	R/B	Rojo/Azul	12 V (Luz halógena)
	R/W	Rojo/Blanco	12 V (Luz posición)

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002, pág. 1151)

El sistema de iluminación se alimenta con una la tensión de 12 V que proviene de la batería, pasa mediante el fusible principal de seguridad, es controlada y se permite el paso de corriente mediante el relé (2) en la caja de fusibles, se realiza el cambio de luces mediante un cuerpo reductor de luz controlado desde el mando principal ubicado cerca del volante del conductor. Los faros delanteros son de tipo de bombilla halógena, se encuentran conectados a masa en el panel a la derecha de la funda del parachoques y la unidad de soporte de la dirección.

1.4.3.3. Luces intermitentes de giro y advertencia

Este circuito es alimentado desde la batería del vehículo, trabaja a un nivel constante de intensidad luminosa, posee seis luces ubicadas convenientemente para una buena visibilidad durante las maniobras del vehículo, dos luces en la parte frontal y dos en la parte trasera del vehículo dispuestas en cada esquina respectivamente, y dos pequeñas luces situadas en la parte media de cada costado del vehículo cercanas a los retrovisores.

Tabla 1.6 Descripción de las luces de advertencia y giro

<ol style="list-style-type: none"> 1. Foco de luz de señal de giro 2. Soporte 3. Bombilla incandescente 4. Cubierta de casquillo 5. Luz direccional izquierda 6. Luz direccional derecha 	Símbolo	Color cable	Descripción
	G/W	Verde/Blanco	12 V
	G/Y	Verde/Amarillo	12 V
B/W	Negro/Blanco	Masa	

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002, pág. 1161)

1.4.3.4 Limpiaparabrisas

Este sistema posee 3 velocidades (lenta, rápida e intermitente), cuenta además con un sistema de lavaparabrisas equipado con una pequeña bomba de agua. Posee un mecanismo de tipo convencional de engranaje varillaje para transformar el movimiento rotativo del motor eléctrico en movimiento de vaivén de las escobillas. La activación y velocidades del sistema se controlan desde un mando dispuesto bajo el volante del conductor.

Tabla 1.7 Descripción del sistema limpiaparabrisas

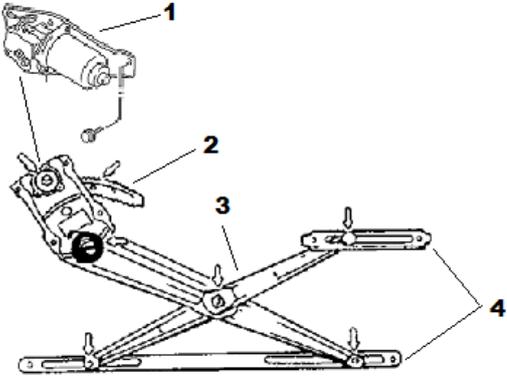
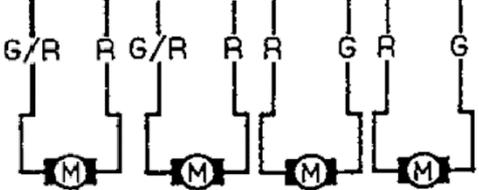
<ol style="list-style-type: none"> 1. Motor DC 2. Brazo limpiaparabrisas 3. Cuchilla limpiaparabrisas 4. Boquillas del limpiaparabrisas 	Símbolo	Color cable	Descripción
	Bl	Azul	12 Vcd
	Bl/ R	Azul/Rojo	12 Vcd
	Y/R	Amarillo/ Rojo	± 12 Vcd

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002, pág. 1171)

1.4.3.5. Sistema elevallunas

Este sistema está diseñado para el controlar eléctricamente los cristales de las ventanas del vehículo. Los ocupantes accionan el movimiento vertical de los cristales mediante los interruptores ubicados en cada puerta. El mecanismo en las puertas delanteras es de tipo engranaje articulado, mientras que en las puertas traseras es de tipo cable tensor, el movimiento y la posición en los dos sistemas son manipulados mediante los interruptores que controlan los motores eléctricos.

Tabla 1.8 Descripción del sistema elevallunas

			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Motor DC 2. Engranaje 3. Mecanismo de articulación 4. Soportes 	Símbolo	Color cable	Descripción
	G/R	Verde/Rojo	12 V / MASA
	R	Rojo	12 V / MASA
	G	Verde	12 V / MASA

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002, pág. 1171)

1.4.4. PLACAS ELECTRÓNICAS DE PROGRAMACIÓN

Son placas de circuitos integrados que funcionan mediante alimentación de energía eléctrica, están compuestas por una o más unidades de control (microcontroladores), además de otros componentes como resistencias, diodos, transistores etc., entre los elementos de comunicación poseen una serie de entradas y salidas de señales, que pueden ser de tipo analógicas o digitales según las necesidades. La función principal de estas placas es permitir la conexión del mundo real con el mundo virtual. Esto se realiza por medio de sensores que son los encargados de monitorear el entorno y transformar las magnitudes físicas como

temperatura, distancia, colores, sonido, posición, presencia de líquidos y gases, etc. en señales eléctricas para ser procesadas por el microcontrolador y en función estas operaciones ejecutar una tarea mediante un determinado tipo de actuador como, solenoides, motores, bombas, turbinas, luces, etc. (López, 2015, pág. 49).

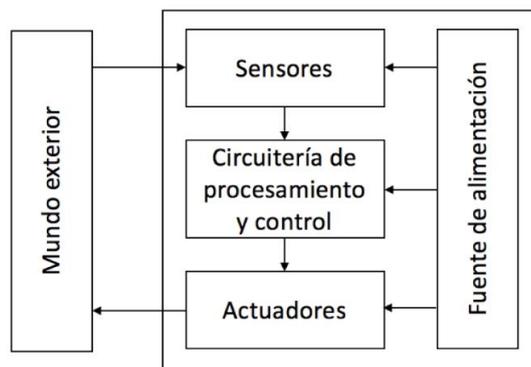


Figura 1.13 Esquema de una plataforma de programación
(López, 2015, pág. 37)

1.4.4.1. Hardware de código abierto

El hardware de código abierto (Open Source Hardware u ODHW, por sus siglas en inglés) es una filosofía que ofrece la oportunidad de crear hardware sin asociar la propiedad a un dueño o empresa. La utilización de sistemas de hardware abierto ofrece múltiples ventajas, entre las que cabe destacar la reutilización o desarrollo de diseños de una forma colaborativa entre los usuarios que trabajan con ellos. Entre las principales plataformas de diseño más relevantes, que ofrecen herramientas potentes para el desarrollo y simulación se tiene: Arduino, Beagle, Flyport, Nanode, Raspberry Pi, etc. (López, 2015, pág. 50).

1.4.4.2. Microcontroladores

El microcontrolador es un circuito integrado que ejecuta órdenes previamente programadas en su memoria, estas órdenes se cumplen en función a las condiciones impuestas en el programa. Una de sus principales ventajas es que son capaces de ejecutar de forma autónoma las instrucciones, es decir, son dispositivos capaces de llevar a cabo operaciones lógicas (Moreno & Corcoles, 2018, pág. 38).

Un microcontrolador puede estar constituido por una gran variedad de elementos, sin embargo, existe un selecto grupo que obligatoriamente debe incorporar para su funcionamiento, como son:

- **Periféricos de entrada y salida (E/S):** Cumplen la función de transmitir las señales del microcontrolador con los dispositivos externos o viceversa, estas pueden ser de tipo análogas o digitales. Las E/S pueden cumplir una sola función, solo entrada o solo salida, pero existen también las que realizan las dos funciones simultáneamente.
- **CPU:** Es la unidad central de procesamiento de datos, considerado el elemento más importante de un microcontrolador debido a que es el encargado de realizar las operaciones lógicas y asegurarse que las órdenes se ejecuten correctamente.
- **Memorias permanentes (ROM):** Almacenan la información por tiempo indefinido hasta que el usuario la re programe, incluso sin tener alimentación eléctrica. El programa principal de control que va a ser ejecutado por el microcontrolador es almacenado en esta memoria.
- **Memorias volátiles (RAM):** es la encargada de almacenar información temporal durante periodo que está corriendo el programa, la información se pierde cuando se cierra el programa o se deja de recibir alimentación eléctrica.

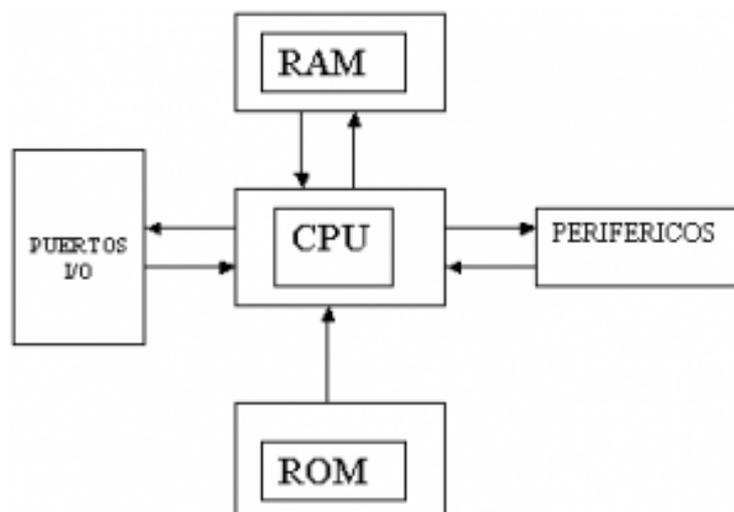


Figura 1.14 Esquema básico de un microcontrolador
(Nath, Banerjee, Nath B, Kumar, & Kanti, 2017, pág. 301)

1.4.4.3. Sensores

Son dispositivos diseñados para captar acciones o procesos en el mundo físico y reaccionar en consecuencia a ellos, es decir, cumplen la función de medir estas magnitudes físicas o químicas para transformarlas en señales eléctricas comprensibles por un microcontrolador.

Los sensores funcionan mediante tres principios fundamentales, el rango que determina los límites en los valores que puede medir, la resolución que se refiere a la escala mínima en la que puede trabajar, y la sensibilidad que es la relación entre la capacidad del sensor con el rango en que suele presentarse la magnitud a medir.

1.4.4.4. Actuadores

Son elementos capaces de transformar determinada forma de energía en la activación de uno o varios procesos con el propósito de generar un efecto automático para el cumplimiento de una función.

Los principales tipos de energía que estimulan un actuador son la energía, eléctrica, hidráulica, neumática y mecánica. Esta energía es controlada desde un elemento regulador que puede ser un microcontrolador, un computador, o una persona. Entre los principales tipos de actuadores están los motores, las bombas, las turbinas, las válvulas, los solenoides, los cilindros etc.

1.4.4.5. Placas de Arduino

Es una plataforma electrónica de código abierto basado en un hardware y software de fácil uso. Las placas de Arduino incorporan varios microcontroladores programables, así como también, múltiples periféricos de entrada y salida que permiten conectar diferentes sensores o actuadores para interactuar con el entorno. Las placas de Arduino trabajan junto con instrucciones programadas en su programa o IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), basado en Processing/Wiring, implementa el lenguaje de programación en C/C++ (López, 2015, pág. 63).

Las placas Arduino son utilizadas para un sinnúmero de aplicaciones de tipo informáticas, electrónicas, puede desarrollar objetos interactivos automáticos, ser un programador de riesgo, convertir magnitudes físicas y químicas en señales electrónicas y lenguaje de programación, control alámbrico e inalámbrico de dispositivos, y hasta podría convertirse en un servidor web. Es por lo cual, sus plataformas electrónicas son reconocidas y utilizadas a nivel mundial (Pérez, 2019, pág. 17).

1.5.4.6. Arduino Mega 2560

Es una placa electrónica, considerada como la más eficiente y funcional de la serie, debido a que incorpora propiedades y características superiores con relación a los demás modelos de la familia Arduino, posee una mayor capacidad de almacenamiento y proceso para información y señales, una superior velocidad de operación, está integrada con un amplio número de puertos de entrada/salida de datos que le permiten ser la placa ideal para realizar múltiples proyectos que requieren la interacción de un extenso número de sensores y actuadores en condiciones extremas de seguridad y precisión (López, 2015).



Figura 1.15 Arduino Mega 2560
(Corona, Abarca, & Mares, 2019, pág. 287)

El Arduino Mega 2560 basada su funcionamiento en el microprocesador Atmega2560. En su estructura dispone de 54 puertos de entrada/salidas digitales, donde 15 de ellos adicionalmente están diseñados para funcionar como salidas PWM, posee 16 entradas analógicas, 4 microchips UART para establecer comunicación serial con otros dispositivos, un oscilador (reloj) de 16 MHz, cable de conexión USB-Serie, entrada para adaptador de corriente DC.

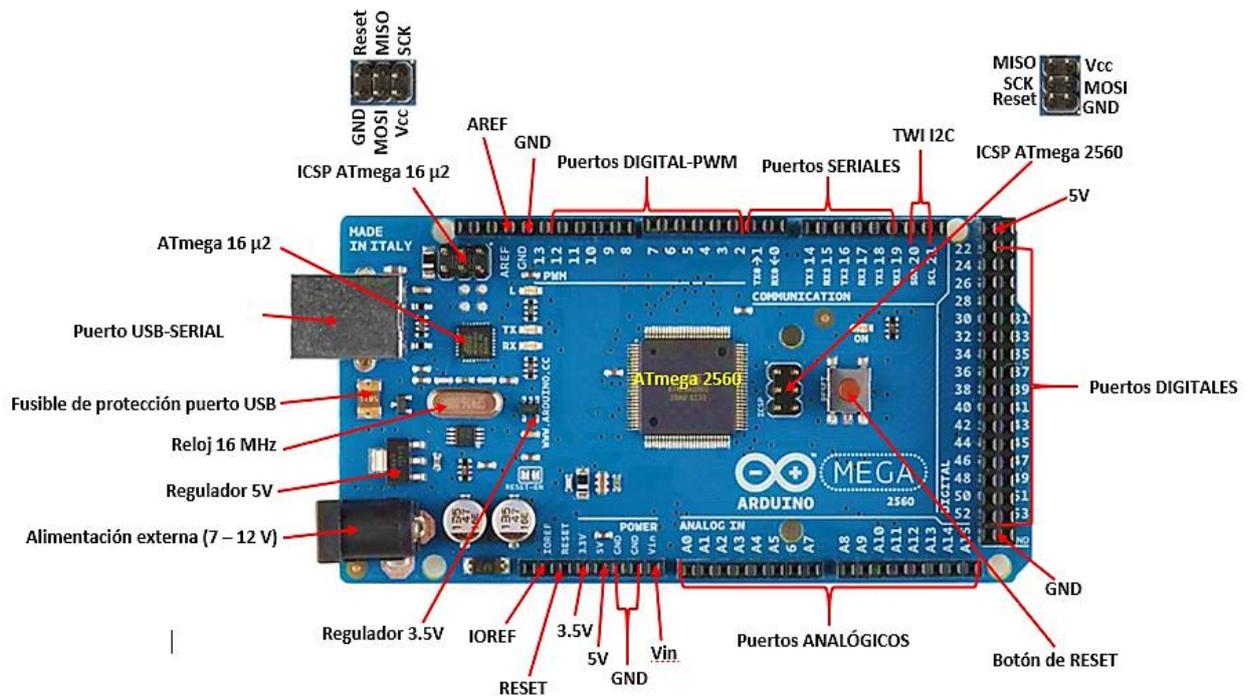


Figura 1.16 Pinout Arduino Mega 2560

Fuente: Autor

- Alimentación de la placa:** El Arduino Mega funciona mediante corriente continua dentro de un rango, entre 5 V alimentados desde el puerto USB o hasta con 12 V empleando una fuente externa por el conector macho de 2.1 mm adaptado a la placa. De la misma manera la placa puede servir como fuente de alimentación para circuitos que funcionen dentro su rango de intensidad y tensión. Como se puede ver en la **Figura 1.16** Posee varios pines para suministrar valores de tensión de 3.5 y 5 V, además de los pines a tierra (GND) lógicamente (Moreno & Corcoles, 2018).

El puerto “Vin”, de la placa posee una característica única, a diferencia de los otros pines de alimentación, este puede transmitir el voltaje que reciba la placa, es decir, si la placa es alimentada por una fuente externa con un voltaje superior a los 5V, este pin entregara el mismo voltaje sin ser regulado por el circuito de la placa (García, 2017, pág. 9).

- El Puerto USB:** Es el puerto mediante el cual se establece la comunicación entre el usuario y la placa Arduino para subir el programa con las instrucciones que va a

trabajar el microcontrolador y el circuito diseñado. Sus funciones principales consisten:

- ✓ Alimentar a la placa.
 - ✓ Cargar los programas desde el ordenador hacia el microcontrolador.
 - ✓ Envío y recepción de datos entre el ordenador y la placa.
-
- **Puertos digitales:** la señal digital es una variación de voltaje entre $-V_{cc}$ a $+V_{cc}$ sin rondar los valores intermedios. Por tanto, una señal digital dispone solo de dos estados. Al valor inferior de tensión $-V_{cc}$ le asociamos un valor lógico LOW o '0', mientras que al valor superior $+V_{cc}$ le asociamos HIGH o '1' lógico. La placa está compuesta por 52 puertos de este tipo, las que se encuentran señaladas en la sección de pines con la palabra DIGITAL. Estos puertos son numerados del 0 al 53. La función que cumplen es la de enviar y recibir información a sensores, actuadores y microcontroladores que trabajan con este tipo de señal. Los puertos trabajan con 5V de tensión a 40 mA.

 - **Puertos de salida (PMW):** en el Arduino Mega los puertos numerados del 2 al 13 y del 44 al 46 incorporan esta función de salida de PWM (Modulación de Onda por Pulsos), que es una técnica que consiste en generar una señal analógica partiendo de una fuente digital, este recurso se utiliza para controlar la velocidad de un motor, la frecuencia de un sonido emitido por un zumbador, la intensidad con la que ilumina un LED, etc., (Torrente, 2013, pág. 61). El PWM en Arduino permite una resolución de 8 bits con un rango de valores de 0 a 255 mediante la función analogWrite.

 - **Puertos de entrada analógicos:** La placa cuenta con 16 entradas analógicas numeradas desde A0 a A15, trabajan con valores de tensión en un rango de 0V a 5V. Una característica de Arduino es que trabaja con valores digitales, por lo que, los valores análogos recibidos en los puertos necesariamente se deben transformar a valores digitales mediante el circuito conversor análogo/digital incorporado en la placa.

- **Puertos especiales:** cumplen funciones especiales necesarias para establecer determinados protocolos de comunicación con dispositivos externos. Son los siguientes:
 - ✓ **Puertos de comunicación serial RX y TX:** Sirven para intercambiar información con otros dispositivos, los puertos RX permiten la recepción de datos, mientras que los TX la transmisión de estos, para establecer la comunicación necesariamente deben conectarse en parejas, por lo que la placa dispone de 4 pares de pines que cumplen esta función, siendo los pines TX0 y RX0 puertos de comunicación conectados al microcontrolador ATmega16U2, lo que comprende un manejo un poco más complejo que el resto.
 - ✓ **Puertos 2, 3, 18, 19, 20, 21:** Mediante la programación de software se puede utilizar para gestionar interrupciones en la placa.
 - ✓ **Pines para protocolo de comunicación SPI:** (Pin 53-SS), (Pin 51-MOSI), (Pin 50 - MISO), (Pin 52-SCK).
 - ✓ **TWI:** 20 (SDA) y 21 (SCL) Apoyan la comunicación TWI utilizando la librería Wire.
 - ✓ **Pin 13:** Permite detectar señales externas de manera simple y eficiente sin la necesidad de otros circuitos, esto es posible debido a que se encuentra conectado a un led propio de la placa, el cual se enciende si la señal es HIGH y se mantiene apagado si la señal es LOW.
 - ✓ **IOREF:** Este cumple la función de comunicar a otras placas supletorias conectadas a la placa principal, el voltaje al cual están trabajando los pines.
 - ✓ **RESET:** restablece la placa a su valor LOW.
- **El reloj:** El Arduino Mega incorpora el reloj con una capacidad de trabajo de 16 millones de hercios, lo que se traduce a lenguaje operacional que es posible realizar 16 millones de instrucciones en 1 segundo. Este elemento es el encargado de cumplir las siguientes funciones:
 - ✓ Marcar el ritmo de ejecución de las instrucciones en el microcontrolador.
 - ✓ Marcar el ritmo de lecturas y escrituras en memoria.
 - ✓ Marcar el ritmo de lectura de datos de los pines de entrada.

- ✓ Marcar el ritmo de escritura de datos en los pines de salida.
 - ✓ Controlar la frecuencia de trabajo del microcontrolador.
- **Microcontroladores:** la mayoría de las placas de Arduino incorporan dos microcontroladores, uno para las comunicaciones y el encargado de las operaciones lógicas y procesamiento de datos. A continuación, se realiza una descripción de los encontrados en el Arduino Mega:
 - ✓ Microcontrolador de comunicaciones ATmega16U2 es utilizado para realizar la traducción del protocolo USB a un protocolo serie más sencillo, y entendible por la placa, y viceversa. Se trata de un microcontrolador en toda regla, y que podría ser utilizado para más funciones más allá de la traducción del protocolo USB, pero viene preprogramado en la placa para realizar únicamente esa función (Moreno & Corcoles, 2018, pág. 46).
 - ✓ El segundo microcontrolador y más importante que emplea el Arduino Mega, es el ATmega2560 encargado de las operaciones lógicas y la ejecución de operaciones en la placa, tiene una sensibilidad de 8 bits a 16 MHz, trabaja con 5V, 256 kb de memoria flas (0,5 KB reservados para el bootloader), 8 KB de SRAM y 4 KB de memoria EEPROM.

1.5.4.7. Comunicación en los microcontroladores

Arduino utiliza la comunicación en serie para conectarse con otros dispositivos, esto consiste en un proceso secuencial de intercambio de bits que utiliza una sola línea de comunicación o bus. Sin embargo, todos los microcontroladores pueden comunicarse de dos formas distintas que se describen a continuación:

- **Comunicación en serie:** es aquella en la cual los bits de información son transmitidos en orden secuencial uno a la vez mediante la línea de transmisión. La siguiente imagen muestra el diagrama de la comunicación serié entre un componente electrónico y el microcontrolador. La información "01101110" es enviada por una sola línea de comunicación (Moreno & Corcoles, 2018, pág. 51).

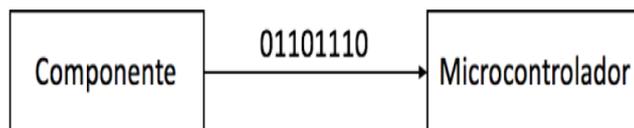


Figura 1.17 Comunicación en serie
(Farfán & Quizhpe, 2016, pág. 47)

- **Comunicación Paralela:** en este tipo de conexión los bits de información son transmitidos de forma simultánea y sincronizada por canales de transmisión separados. La comunicación paralela incrementa la complejidad de los circuitos, su tamaño y su coste. La siguiente imagen muestra el diagrama de comunicación paralela entre un componente electrónico y el microcontrolador. La información “01101110” es enviada simultáneamente por los diferentes canales de información (Moreno & Corcoles, 2018, pág. 51).

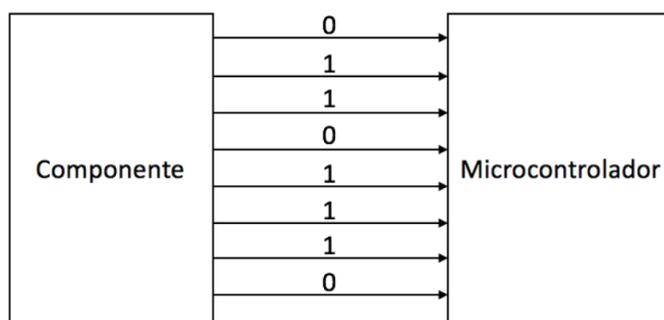


Figura 1.18 Comunicación en paralelo
(Ruales, 2015, pág. 17)

1.5.4.8. Entorno de Desarrollo Integrado de Arduino IDE

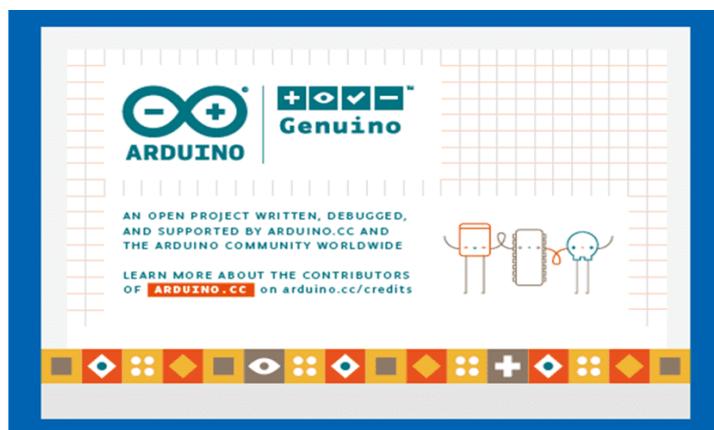


Figura 1.19 IDE de Arduino
(Ortega, 2016)

El IDE o Entorno de Desarrollo Integrado por sus siglas, es una plataforma informática utilizada para la creación de programas ejecutables en las placas de Arduino, contiene todas las herramientas, utilidades y funcionalidades necesarias para facilitar la tarea de desarrollo del software (Moreno & Corcoles, 2018, pág. 98). Entre las principales funciones que posee están las siguientes:

- ✓ Creación y modificación de proyectos en desarrollo de software para Arduino.
- ✓ Desarrollo e implementación de código fuente.
- ✓ Compilación del código fuente.
- ✓ Ejecución del programa.
- ✓ Depuración del programa.

1.4.5. SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

Reconocimiento automático del habla o voz (RAH). Es una disciplina de la inteligencia artificial cuyo propósito es establecer la comunicación acústica entre el ser humano y las máquinas. Este tipo de comunicación está reemplazando a otros tipos de interacción convencionales debido a la simplicidad del proceso y además del ahorro de materiales y recursos que propone el controlar tareas y procesos simulando una conversación con las máquinas y robots (Camargo, 2010, pág. 20).

1.4.5.1. Fundamentos de la voz

La voz es el sonido que se produce cuando el aire expelido de los pulmones pasa a través de la laringe; justo allí se encuentran alojadas las cuerdas vocales y cuando están en contacto con el aire entran en un proceso de vibración. Cuando el aire sale por nuestra boca lo hace ya en forma de frecuencias de voz. Los sonidos consisten en variaciones en la presión del aire a través del tiempo y a frecuencias que son percibidas por el oído humano. Una de las maneras de representar la voz es a través de gráficas (Conde & Alan, 2019, pág. 2)., como la mostrada a continuación en la **Figura 1.20**.

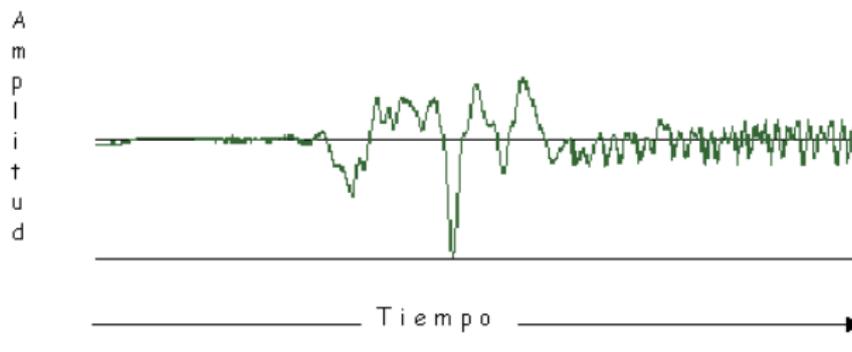


Figura 1.20 Ejemplo de señal de voz
(Marquéz & Zulaica, 2004, pág. 23)

1.4.5.2. Elementos para el reconocimiento de voz

- ✓ **Modelo acústico:** sirve para reconocer si el sonido proviene de una llamada de un dispositivo móvil o de una dirección IP o algún medio distinto.
- ✓ **Modelo Lingüístico:** se refiere al idioma, sin duda es complicado debido a que no únicamente el sistema debe reconocer el idioma, sino que, además debe comprender los diferentes acentos o inclusive las formas de expresión que pueden variar en cada locutor.
- ✓ **Modelo semántico:** permite al sistema de reconocimiento de voz entender la forma de hablar de los seres humanos, como se construye las frases y como podría variar en función de la geografía, la cultura, las costumbres, entre otros factores.

1.4.5.3. Principios de funcionamiento para sistemas de reconocimiento de voz

- ✓ **Entrenamiento:** En esta etapa se realiza el registro o grabación de comandos de voz de referencia.
- ✓ **Funcionamiento:** Durante esta etapa se realiza la toma de decisiones en función de los comandos de voz receptados.
- ✓ **Actualización:** Para esta etapa se dispone de las alternativas de incorporar o suprimir comandos de voz, para actualizar o perfeccionar el sistema.

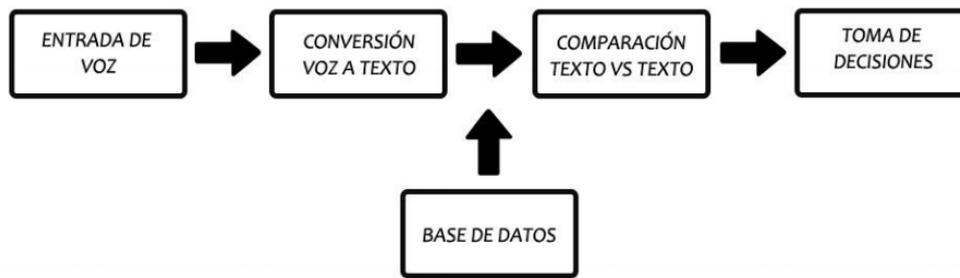


Figura 1.21 Diagrama de bloques de un sistema de reconocimiento de voz (Morales & Sucar, pág. 36)

1.4.5.4. Digitalización de la voz

La señal de voz es de tipo analógica y para los sistemas de control basado en un microcontrolador no es posible interpretar este tipo de señales, debido a que trabajan por medio de señales digitales, lo que hace que necesariamente se requiera convertir estas señales a formatos digitales, es decir, transformarlas en señales binarias. Este procedimiento se denomina conversión analógico-digital (A/D), y los dispositivos que la realizan son convertidores A/D (ADC) (Conde & Alan, 2019, pág. 14). Básicamente la conversión A/D es un proceso sistemático que consta de tres pasos importantes:

1. *Muestreo*: El muestreo consiste en tomar muestras de una señal analógica en un periodo de tiempo (usualmente en 1 segundo), para posteriormente cuantificarlas mediante la siguiente teoría:

TEOREMA DE NYQUIST

El teorema de Nyquist-Shannon afirma que una señal analógica puede ser reconstruida, sin error, de muestras tomadas en iguales intervalos de tiempo. La razón de muestreo debe ser igual, o mayor, al doble de su ancho de banda.

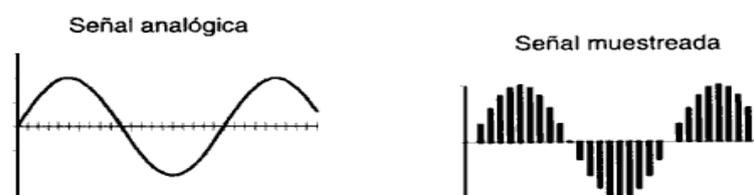
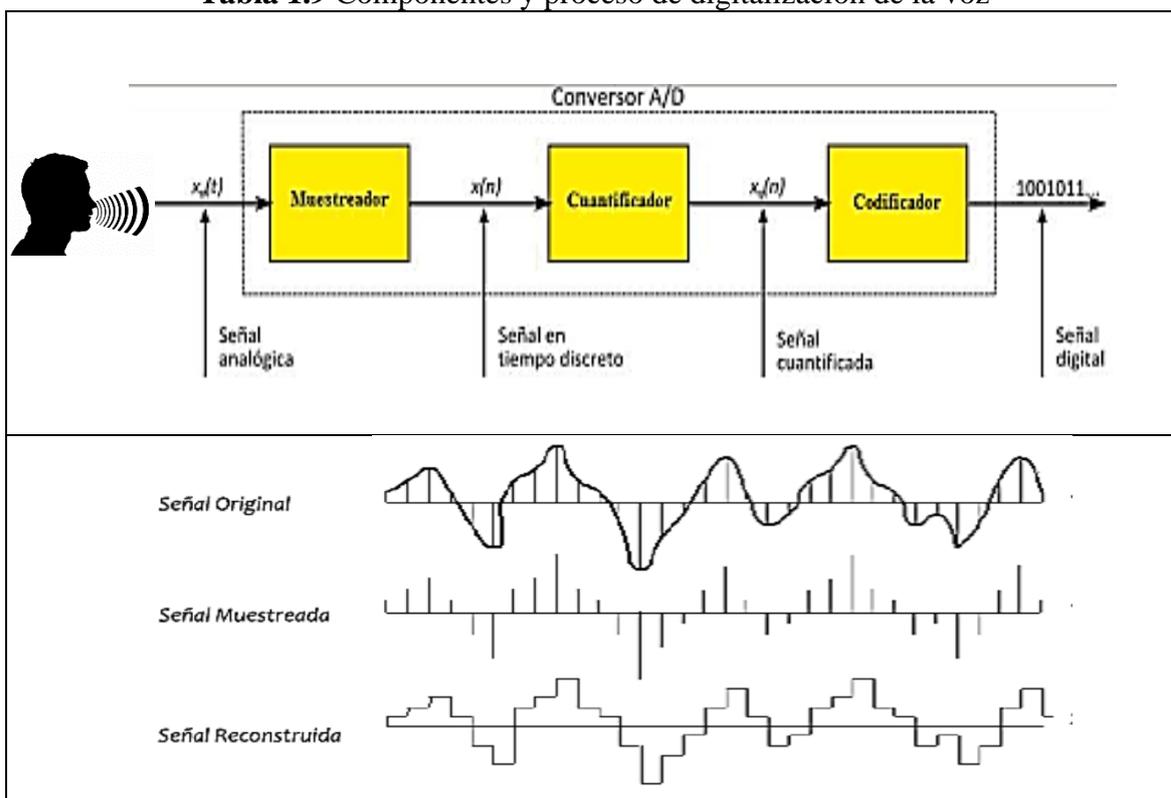


Figura 1.22 Teorema de Nyquist (Ramírez, 2017)

2. *Cuantificación:* En esta parte del proceso los valores continuos de la señal analógica se convierten en series de valores numéricos decimales discretos correspondientes a los diferentes niveles o variaciones de la amplitud que contiene la señal analógica original. Por tanto, la cuantificación representa el componente de muestreo de las variaciones de valores de amplitud tomados en diferentes puntos de la señal, que permite medirlos y asignarles sus correspondientes valores en el sistema numérico decimal para posteriormente convertir esos valores en sistema numérico binario (Conde & Alan, 2019, pág. 14).

3. *Codificación.* Consiste en traducir los valores obtenidos durante la cuantificación en valores numéricos binarios equivalentes a los valores de amplitud que conforman la señal analógica original. El código más utilizado es el código binario, pero también existen otros tipos de códigos que son empleados (Conde & Alan, 2019, pág. 14).

Tabla 1.9 Componentes y proceso de digitalización de la voz



Fuente: (Ruíz M. , 2008, pág. 12)

1.4.6. MICROCONTROLADOR DE RECONOCIMIENTO DE VOZ ELECHOUSE V3

Es una tarjeta electrónica que cumple las funciones de recibir la señal analógica generada por el usuario mediante el sonido de su voz, procesar esta señal hasta su muestreo, para después compararla con los comandos de voz previamente grabados en la tarjeta, donde al encontrar coincidencias precede a digitalizar esta señal para enviarla en lenguaje binario a la tarjeta Arduino, que es el encargado de realizar determinadas operaciones programadas en función a la información receptada.

El microcontrolador Elechouse V3 permite grabar 80 comandos de voz, pero solo 7 podrían funcionar al mismo tiempo debido a la baja capacidad de la memoria volátil que incorpora, es decir se pueden programar 7 instrucciones para cumplirse mientras se ejecuta el programa en Arduino. Cualquier sonido puede ser utilizado como comando. Es necesario grabar previamente los comandos de voz al microcontrolador Elechouse para que puedan ser reconocidos. La tarjeta trabaja mediante comunicación serial con otros dispositivos, para lo cual dispone de un puerto serial UART (Flores, 2018, pág. 1). Entre las principales especificaciones, y características que tiene el microcontrolador de reconocimiento se encuentran respectivamente las siguientes:

- ✓ Voltaje de Alimentación: 4.5 ~5.5 VDC
- ✓ Corriente: 40 mA
- ✓ Interfaz digital: 5V TTL.
- ✓ Interfaz análoga: conector 3.5 mm para micrófono.
- ✓ Dimensiones: 30 mm x 47.5 mm
- ✓ Precisión de reconocimiento: 99% (bajo entorno ruidos reducidos).

Características:

- ✓ Admite un máximo de 80 comandos de voz, con cada comando de 1500 ms.
- ✓ Como máximo 7 comandos de voz al mismo tiempo.
- ✓ Control UART/GPIO
- ✓ Control de usuario en los pines de salida general



Figura 1.23 Microcontrolador Elechouse V3
(Flores, 2018)

A continuación, en la **Tabla 1.10** se describe la conexión que se debe realizar entre la tarjeta Elechouse V3 y la placa Arduino Mega para realizar el proceso de reconocimiento de voz.

Tabla 1.10 Conexión Elechouse V3 con el Arduino Mega 2560

ELECHOUSE V3	ARDUINO MEGA
5V	5V
RXD (Recepción C.S)	TX (0,1,2,3)
TXD (Transmisión C.S)	RX (0,1,2,3)
GND	GND

Fuente (Ramírez, 2017)

1.4.7. APLICACIONES PARA ANDROID

Las aplicaciones móviles han revolucionado la vida cotidiana de la sociedad, los teléfonos ya no son la convencional herramienta de comunicación mediante voz y texto, en la actualidad las aplicaciones son herramientas que ofrecen versatilidad, rapidez, optimización de todo tipo de actividades del ser humano. Las aplicaciones móviles ofrecen una gran variedad de beneficios como: entretenimiento, información del entorno, asistencia laboral, monitoreo y control remoto de dispositivos etc.

1.4.6.1. Sistema Operativo Android

Android es un sistema operativo, inicialmente diseñado para teléfonos móviles, sin embargo, en la actualidad, este sistema operativo se instala para controlar funciones en múltiples dispositivos, como tabletas, GPS, televisores, discos duros multimedia, miniordenadores, microondas y lavadoras. Está basado en Linux, que es un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma. Este sistema operativo permite programar aplicaciones empleando una variación de Java llamada Dalvik y proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar fácilmente aplicaciones que acceden a las funciones del teléfono utilizando el lenguaje de programación Java (Robledo, 2017, pág. 7).

1.4.6.2. Plataforma de programación de aplicaciones móviles MIT App Inventor



Figura 1.24 Logo oficial de MIT App Inventor
Fuente: Tomada del Software de MIT App Inventor

Es un entorno de programación visual e intuitiva el cual permite crear aplicaciones totalmente funcionales para dispositivos móviles que trabajan con el sistema operativo de Android. El entorno trabaja bajo la lógica de programación por medio de bloques de códigos (Blockly), técnica que facilita notablemente y realiza el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles en menor tiempo en comparación al uso de los lenguajes de programación tradicionales (Pizarro, 2017, pág. 6).

1.4.6.3. Requisitos para el uso de la Interfaz de MIT APP Inventor

La plataforma proporciona una herramienta en línea accesible a través del navegador web si se dispone de una cuenta de usuario en Google. El equipo recomendado es un ordenador PC (Windows, Mac o Linux), al igual que, la última versión de Google Chrome o Mozilla Firefox (Internet Explorer no está soportado). No es necesario la instalación del Java o algún otro programa en el equipo (Posada, 2015, pág. 25).

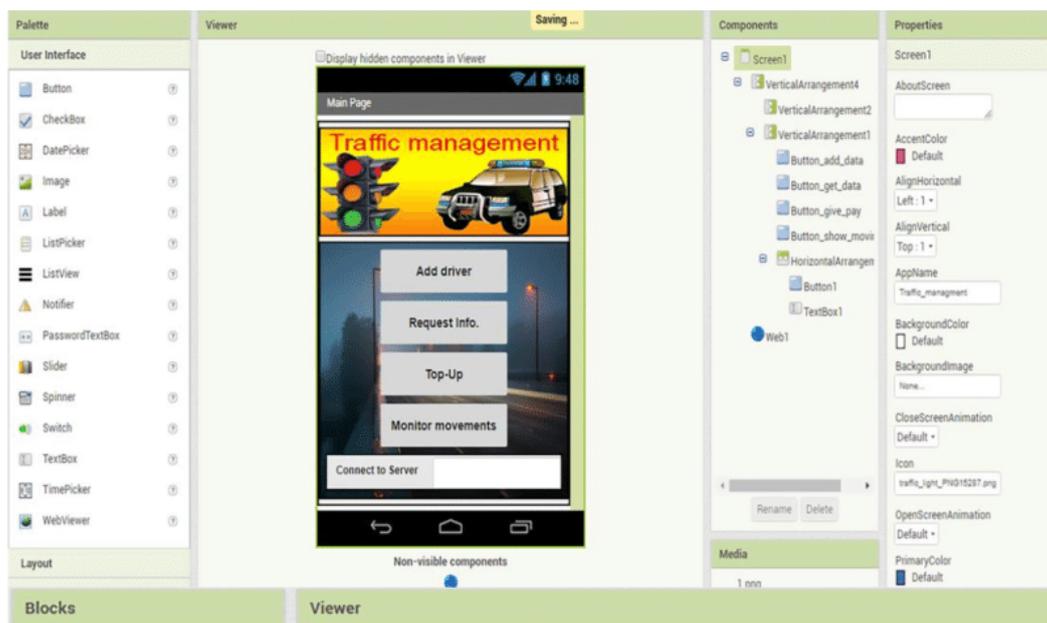


Figura 1.25 Interfaz de diseño de MIT App Inventor
Fuente: Tomada del Software de MIT App Inventor

1.4.8. TRANSMISOR BLUETOOTH HC-05

El HC-05 es un dispositivo Bluetooth SPP (protocolo de puerto serie), diseñado para establecer conexiones inalámbricas en serie, este dispositivo se ha empleado para la comunicación entre la placa Arduino y el smartphone que incorpore la aplicación móvil desarrollada. La forma de comunicación que establecen los dos dispositivos es de tipo serial, lo que facilita la transmisión de datos con el procesador del móvil. El transmisor puede funcionar mediante el modo de conmutación maestro/esclavo o viceversa, lo que significa que puede recibir o transmitir datos de manera secuencial (Tapia V. , 2013, pág. 113). A continuación, se presentan las principales características del transmisor HC-05:

- ✓ Voltaje de entrada: DC 5V
- ✓ Método de comunicación: Serial
- ✓ Maestro esclavo o viceversa es su modo de conmutación

El Transmisor Bluetooth HC-05 se obtiene configurado desde fábrica como "Esclavo" (slave), sin embargo, es posible programar para que trabaje como "maestro" (master), al igual que, se puede modificar el nombre, código de vinculación, velocidad y otros parámetros.

- ✓ Transmisor Bluetooth HC-05 como esclavo: En este tipo de configuración el HC-05 espera que el otro dispositivo bluetooth maestro establezca la conexión, comúnmente se realiza este proceso cuando se necesita transmisión de datos con ordenador o un smartphone, debido a que estos dispositivos hacen el papel de maestro.
- ✓ Transmisor Bluetooth HC-05 como Maestro: Para este caso, el HC-05 es quien establece la conexión. Un dispositivo bluetooth maestro únicamente puede establecer comunicación con un solo dispositivo esclavo. Comúnmente se emplea esta configuración para transmisión de datos entre dos microcontroladores bluetooth.

Tabla 1.11 Características del transmisor Bluetooth HC-05

Pin	Descripción	Función	
VCC	+ 5V	Conexión a 5V	
GND	Masa	Conexión a masa	
TXD	UART – TXD Pin de envío de señal serial Bluetooth	Conexión con microcontroladores y otros dispositivos con el RDX pin	
RXD	UART – RXD Pin de recepción de señal serial de Bluetooth	Conexión con microcontroladores y otros dispositivos con el TDX pin	
KEY	Modo de cambio de entrada	Si es la entrada de bajo nivel de seguridad el microcontrolador estará emparejado. Si es de alta seguridad en microcontrolador entrara en modo AT.	

Fuente: (Garin & Hazard, 2013, pág. 6)

1.4.9. TARJETA DE RELÉS

Un relé es un interruptor comandado desde un microcontrolador por medio de la energía eléctrica para controlar el paso de altas tensiones en función a las señales de baja tensión. Para la presente investigación se emplean relés que funcionan con señales de 5V para su activación y pueden soportar el paso de cargas de hasta de 250 AC a 10A o 30 DC 10A.

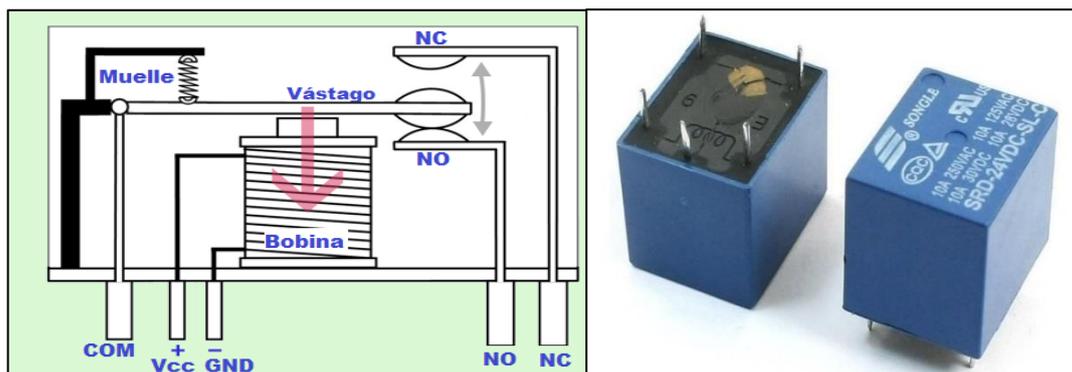


Figura 1.26 Esquema interno y vistas externas del relé
(Cando, 2017, pág. 31)

Un relé se puede utilizar de dos formas distintas dentro de un circuito eléctrico, por un lado, se puede emplear para conectar el paso de corriente y alimentar un sistema, y, por otra parte, se puede usar para cortar la energía de un sistema, todo depende de la necesidad requerida.

En la **Figura 1.26** se puede observar el esquema de conexión de un relé, donde la alimentación se conecta en los pines Vcc y GND, el circuito necesita una tensión de 5 V para excitar la bobina y generar un campo magnético que mueva el vástago unido al pin común (COM, venciendo la fuerza del muelle y situándolo en contacto con el pin NO (Normalmente Abierto), ese estado permanece el vástago durante el tiempo que la bobina se encuentre alimentada de energía, es decir, al desactivar el circuito se apaga el campo magnético y la fuerza del muelle permite el retorno del vástago al contacto con el pin NC (Normalmente Cerrado) donde permanece en esa posición hasta ser alimentado de energía nuevamente.

Para un manejo seguro y preciso del relé al manipular corrientes con magnitudes diferentes, y además garantizar el funcionamiento correcto del circuito, se ha diseñado una placa electrónica que permite alojar los relés y a la vez conectarlos a un circuito integrado que incorpora los componentes necesarios para cumplir con las condiciones necesarias.

La tarjeta incorpora un diodo para permitir el paso de corriente en un solo sentido, una serie de resistencias para regular la intensidad y el voltaje, pero sin duda el componente más importante es el optoacoplador, que es un elemento muy ingenioso y seguro, encargado de mantener aislados los circuitos. A continuación, se puede observar en la **Figura 1.26**, la estructura de la tarjeta de relés.

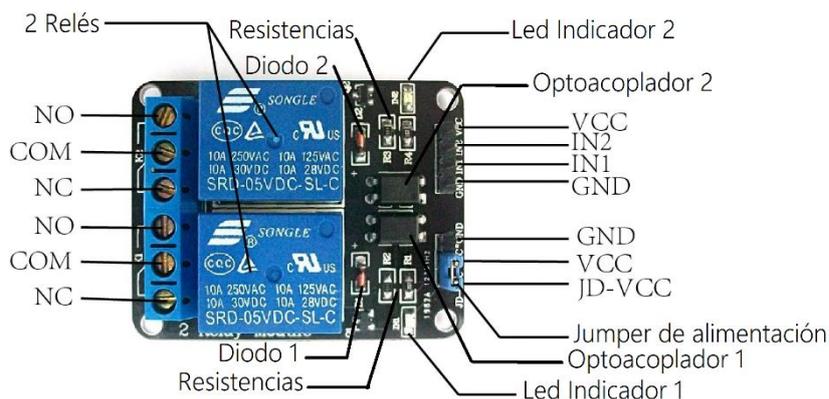


Figura 1.27 Componentes de la tarjeta electrónica de 2 relés
(Corrales, 2018)

- **GND:** Común o “tierra” (lado negativo de la alimentación)
- **IN1:** Controla el primer relé (se conectará a un pin digital Arduino)
- **IN2:** Controla el segundo relé (debe estar conectado a un pin digital Arduino)
- **VCC:** Alimentación a 5V
- **COM:** Pin común donde se conecta la fuente de alimentación del circuito de paso.
- **NC:** Normalmente cerrado, se usa para mantener cerrado un circuito.
- **NO:** Normalmente abierto, permanece siempre abierto y no conduce corriente a menos que se envíe una señal para activar el relé.
- **JD-VCC:** es la alimentación para los electroimanes de los relés, y se alimenta generalmente con una fuente de 5V separada.
- **El optoacoplador:** es un interruptor que es activado mediante una luz infrarroja emitida por un diodo led hacia un fototransistor. Mediante este elemento se mantiene aislado el circuito que conecta la placa Arduino con el circuito de los relés.

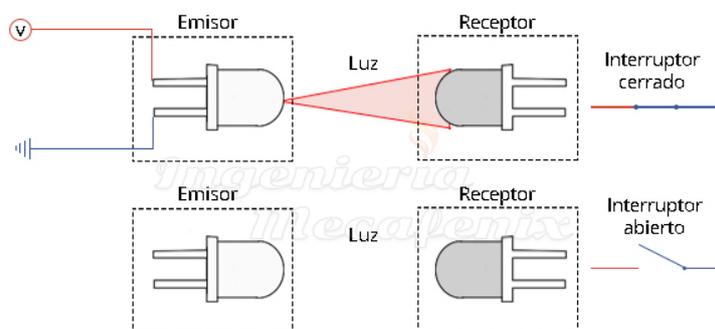


Figura 1.28 Funcionamiento de un optoacoplador
(Corrales, 2018)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo presenta los materiales y la metodología que fueron utilizados para desarrollar y adaptar el sistema electrónico de reconocimiento de voz y aplicación móvil para el control de funciones, en el vehículo Suzuki Esteem 2002.

2.1. MATERIALES

- Microcontroladores:
 - Placa electrónica Arduino Mega 2560
 - Microcontrolador de reconocimiento de voz Elechouse V3
 - Transmisor Bluetooth HC – 05

- Actuadores:
 - Tarjeta relé de 2 canales.
 - Motores DC 12V
 - Faros y lámparas
 - Pulsadores de resorte

- Equipos:
 - Multímetro Bosch FIX 7677
 - Osciloscopio FINEST 1006
 - Cronometro
 - Sonómetro
 - Smartphone Samsung Galaxy J7 Prime
 - Ordenador portátil Acer Aspire E15

- Elementos complementarios:
 - Cableado
 - Placas de baquelita
 - Resistencias y capacitores

2.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo permite conocer los procesos que fueron necesarios para cumplir con los objetivos de la investigación. Se explica la forma como se realizó el análisis del sistema de control para las funciones primarias del vehículo mediante el uso de diagramas especializados. Se detalla, el proceso que se utilizó para el desarrollo de la aplicación móvil Android en asistencia del dispositivo de reconocimiento de voz. Se muestra los lineamientos empleados para el diseño del sistema de reconocimiento de voz para la ejecución de órdenes mediante comandos vocalizados por el conductor. Y para finalizar se da a conocer el método utilizado para la construcción del módulo electrónico montado en el vehículo, el cual incorpora los sistemas de voz y la App móvil, y finalmente el procedimiento para su adaptación en el automóvil.

2.2.1. Investigación experimental

En la investigación experimental el investigador maneja una o más variables de análisis para registrar el incremento o depreciación de esas variables y su efecto en las conductas estudiadas. Expresado de otra manera, un experimento radica en estimular la variación de las magnitudes de una variable independiente y analizar su efecto en otra variable dependiente. Dicho proceso se realiza en escenarios rigurosamente vigilados, con el propósito de descubrir de qué manera o por qué razón se provoca una situación o hecho específico.

2.2.2. Método de investigación lógico deductivo

Es el método científico que consiste en la indagación de inferencias generales con el objetivo de obtener conclusiones particulares. Es el método más empleado en la investigación científica, consiste en una serie de pasos esenciales como: la observación de los hechos para su identificación, la clasificación y estudio de los hechos, la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una conclusión; y finalmente la contrastación. Descrito de otra manera, es un modo de pensamiento que parte desde las leyes y principios hacia los hechos reales y concretos.

2.2.3. Línea de investigación tecnológica

Consiste en el diseño de una innovación tecnológica acorde a un proceso que puede ser de carácter productivo, educativo, en el campo agrícola, investigativo, social, ecológico, y otros relacionados con el campo de investigación determinado por el autor.

Se desarrolla o se inventa un artificio, aparato o mecanismo que desarrolla acciones tendientes a conseguir un fin o propósito específico, es construido bajo la tutela de un fundamento científico.

2.2.4. Desarrollo de la propuesta de investigación

El dispositivo desarrollado es un asistente para el control de funciones auxiliares del vehículo, enfocado a conductores con paraplejía; se basó principalmente en dos tipos de tecnologías. El sistema de reconocimiento de voz desarrollado mediante la placa Arduino y un microcontrolador Elechouse V3. El programa de control fue desarrollado en el IDE de Arduino en lenguaje de programación C++. Se compila en la placa electrónica Arduino Mega 2560, que es el cerebro encargado de recibir las señales del microcontrolador de reconocimiento de voz para luego procesarlas y transformarlas en tareas ejecutadas por los actuadores encontrados en los sistemas del vehículo. Mediante el uso de comandos de voz se permite al conductor controlar: las luces bajas o de corto alcance, las luces altas o de largo alcance, las luces direccionales, las luces de parqueo. El sistema limpiaparabrisas y el sistema elevavidrios.

Por otro lado, se encuentra la aplicación móvil, que fue desarrollada en el entorno de programación visual, MIT App Inventor bajo la lógica de programación por bloques de código (Blockly), y fue importada en un archivo de formato APK, compatible únicamente con dispositivos electrónicos que funcionan con el sistema operativo Android. La App permite establecer comunicación inalámbrica con el vehículo, esto se realiza a través de un transmisor bluetooth HC-05, el cual envía a la placa Arduino las instrucciones a ser ejecutadas. Desde el dispositivo móvil se comandará las funciones primarias del automotor.

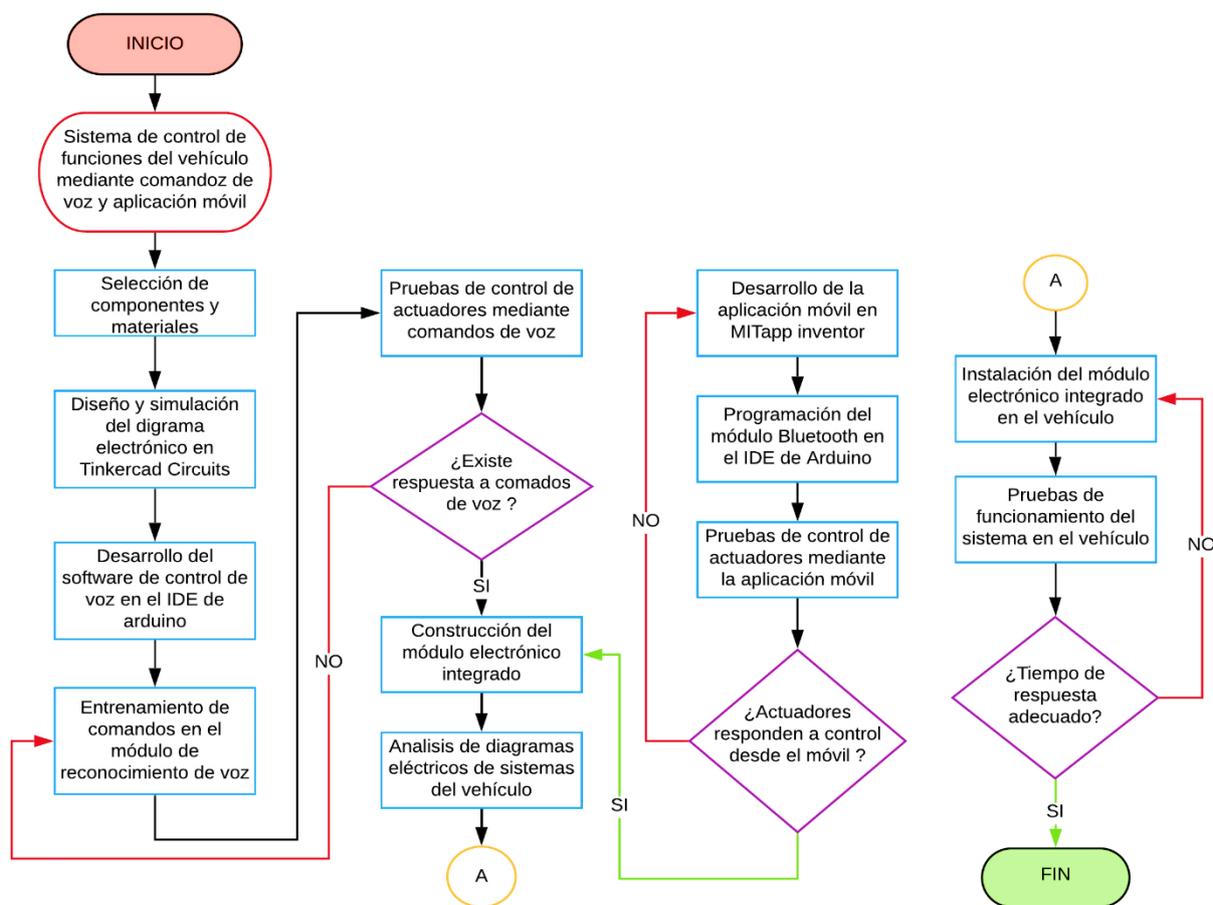


Figura 2.1 Flujograma del desarrollo de la propuesta de investigación

Fuente: Autor

2.3. DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

Se realizó el estudio de los planos eléctricos del Suzuki Esteem 2002, para identificar las principales líneas de corriente, los elementos y componentes y demás características de los circuitos para determinar la viabilidad y el procedimiento requerido para la implementación del dispositivo de voz y aplicación móvil en el vehículo.

Se verificó las propiedades de los actuadores del vehículo para realizar el control de los sistemas: elevalunas en las 4 puertas, control del limpiaparabrisas, control de luces tanto para iluminación como para señalización de maniobras. Sistemas que se alimentan de la batería del vehículo con 12 V. Además, también, se pudo identificar las líneas eléctricas que se deben intervenir en el vehículo para realizar la implementación del sistema de reconocimiento de voz y aplicación móvil.

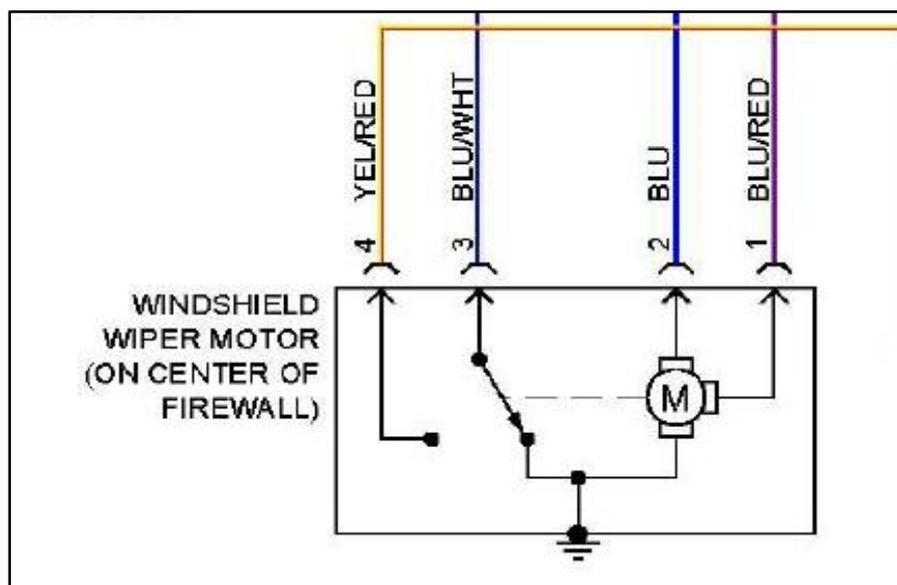


Figura 2.2 Captura del diagrama eléctrico del motor limpiaparabrisas del Suzuki Esteem 2002
Fuente: Autor

Con el análisis de diagramas eléctricos del Chevrolet Esteem 2002, se determinó el proceso a seguir para implementar el dispositivo desarrollado en la presente investigación, debido a que, cumple con las características, parámetros y magnitudes necesarios para el funcionamiento óptimo del sistema de reconocimiento voz y aplicación móvil.

2.4. SELECCIÓN DE LA PLACA ARDUINO

Fue seleccionada la placa electrónica de Arduino para trabajar en el presente proyecto debido a la facilidad de uso y manejo, la seguridad y eficiencia en el funcionamiento, además del beneficio de utilizar el software y hardware abiertos para los usuarios, aspectos que generan un importante ahorro de recursos al no existir la necesidad de adquirir licencias de uso. Otro beneficio de Arduino es por ser una plataforma abierta, facilita significativamente el trabajo debido a que millones de usuarios en todo el mundo interactúan compartiendo información de proyectos, lo que pone al alcance una variedad de guías para desarrollar cualquier tipo de trabajo.

El Mega 2560, es la placa electrónica más grande de Arduino, lo que la convierte en la versión indicada al momento de trabajar en proyectos que requieran la interacción de un gran número de líneas de comunicación y dispositivos, debido a que posee la mayor cantidad de

pinos con relación a las demás placas de la misma familia, también incorpora una capacidad superior en sus memorias y procesadores que la hacen ser la placa más rápida y eficiente.



Figura 2.3 Comparativa entre las placas de Arduino
Fuente: (Gudiño, 2019)

2.4.1. Programación para Arduino

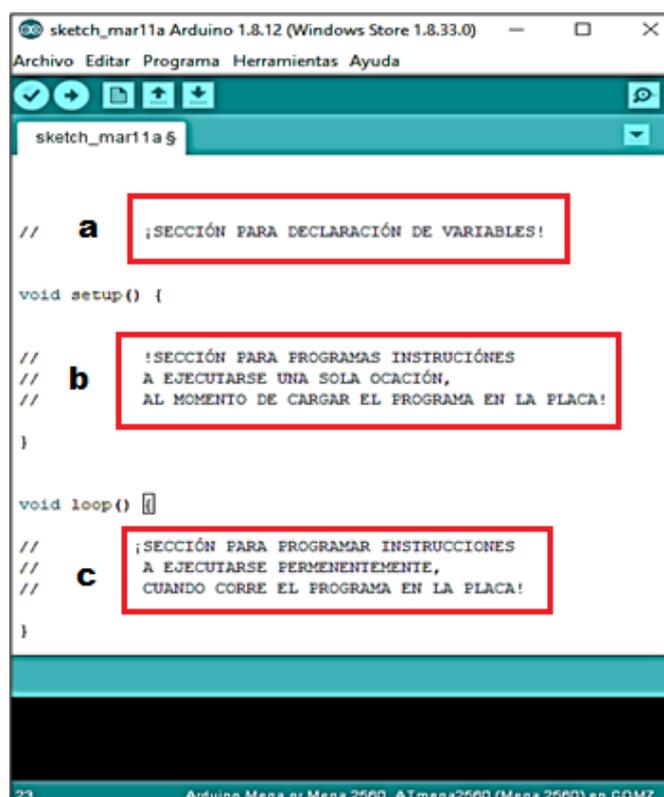
Para crear un programa mediante el cual un microcontrolador interprete y ejecute instrucciones, es necesario usar un lenguaje de programación o idioma artificial que sea comprensible para este dispositivo y le permita realizar de manera eficiente operaciones y tareas dispuestas en el programa. Un lenguaje de programación se compone de un conjunto de letras, números y símbolos, los cuales mediante reglas sintácticas y semánticas forman una estructura lógica, comprensible y ejecutable (López, 2015, pág. 114).

El lenguaje de programación de Arduino C++. No es un C++ puro, es una adaptación originada por avr-libc que provee de una librería de C de alta calidad para usar con GCC (compilador de C y C++) en los microcontroladores AVR de Atmel y muchas utilidades específicas para las MCU AVR de Atmel como avrdude, entre otras. La programación en Arduino comprende una serie de instrucciones y tareas que se envían al ATmega 2560, la estructura esencial para desarrollar un programa en el IDE de Arduino no conlleva gran complejidad, está dividida en varias secciones que se configuran mediante el código de programación correspondiente.

2.4.2. Estructura del IDE de Arduino

La estructura del lenguaje de programación de Arduino se compone de tres secciones que encierran bloques, declaraciones, estamentos e instrucciones.

- a. **Sección de declaración de variables:** se presenta al principio del programa. En esta parte se declaran variables, funciones, objetos y estructuras.
- b. **Función setup ():** en esta parte del programa se presenta el código de configuración inicial. Este solo es ejecutado una vez al encender la placa de Arduino, o al pulsar la tecla Reset. Realiza funciones de inicialización de periféricos, comunicaciones, variables, etc.
- c. **Función loop ():** esta función se ejecuta después de la sección setup, y se repite su ejecución hasta que se desconecte el Arduino.



```

sketch_mar11a Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_mar11a $
// a ¡SECCIÓN PARA DECLARACIÓN DE VARIABLES!

void setup() {
// b ¡SECCIÓN PARA PROGRAMAS INSTRUCCIONES
// A EJECUTARSE UNA SOLA OCACIÓN,
// AL MOMENTO DE CARGAR EL PROGRAMA EN LA PLACA!
}

void loop() {
// c ¡SECCIÓN PARA PROGRAMAR INSTRUCCIONES
// A EJECUTARSE PERMENENTEMENTE,
// CUANDO CORRE EL PROGRAMA EN LA PLACA!
}

```

Figura 2.4 Estructura del IDE de Arduino
Fuente: Software de Arduino

Los elementos básicos para la sintaxis de del software de Arduino son los siguientes:

- ✓ ; (punto y coma, utilizado para la separación de instrucciones).
- ✓ {} (corchetes o llaves que definen el principio y final de un bloque de instrucciones).
- ✓ // (Comentario en línea única).
- ✓ /* */ (Comentario multilínea).

Estos parámetros sirven para el desarrollo de los diferentes Sketchs o programas a ejecutarse en cualquiera de los tipos de placas de Arduino. Es preciso además conocer las diferentes variables, constantes y estructuras de control, para elaborar el software deseado.

2.4.3. Comunicación de la placa Arduino con otros dispositivos

Los puertos serie son la forma principal de comunicación para una las placas de Arduino con otros dispositivos, esto se realiza mediante buses de datos. Prácticamente todas las placas Arduino disponen al menos de una unidad UART, por lo que son directamente compatibles para la conexión USB. Sin embargo, es importante mencionar que Arduino, además puede trabajar con otros protocolos de comunicación serial, mediante la adaptación de dispositivos de conexión inalámbricas, como Wifi o Bluetooth, entre otros.

2.4.3.1 Comunicación alámbrica serial UART

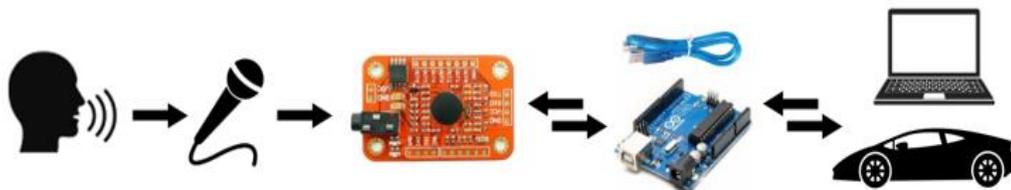


Figura 2.5 Esquema de comunicación en el sistema de reconocimiento de voz

Fuente: Autor

El elemento principal de un sistema de comunicaciones serié es la UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) que viene incorporada en todos los dispositivos que intervienen en la transmisión de información. La UART es un microchip que cumple la función de convertir los datos recibidos mediante cables, buses o de forma inalámbrica, de un formato paralelo a un formato serie que será utilizado en la transmisión hacia el exterior, y lógicamente cuando es el caso se realiza el proceso inverso con los datos serie recibidos

desde el exterior. Este tipo de comunicación se emplea durante todo el desarrollo de los sistemas de reconocimiento de voz y aplicación móvil, al momento de intercambiar información entre todos los dispositivos electrónicos que intervienen dentro del proceso, para lo cual cada dispositivo por defecto viene incorporado de al menos 1 unidad UART en su estructura.

2.4.3.2 Comunicación inalámbrica serial Bluetooth

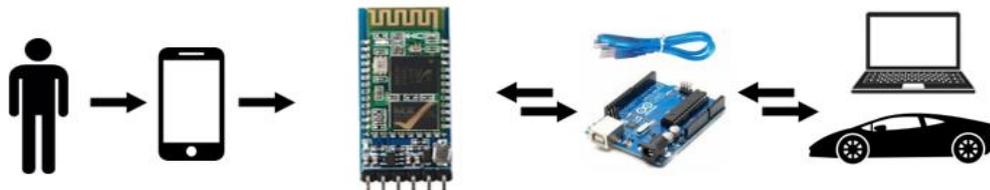


Figura 2.6 Esquema de comunicación para la aplicación móvil

Fuente: Autor

El protocolo de comunicación Bluetooth es un estándar desarrollado para la comunicación inalámbrica de datos de corto alcance. Este tipo de red transmite datos a través de ondas de radiofrecuencia a baja potencia. Emplea una frecuencia que oscila entre los 2.402 GHz a 2.480 GHz. Esta banda de frecuencias ha sido anulada por acuerdo internacional para el uso de dispositivos industriales, científicos y médicos (ICM) debido a su baja capacidad, ya que los dispositivos Bluetooth evitan interferir con otros sistemas, y debido aquello el envío de señales es muy débil, de 1 milivoltio aproximadamente.

2.5. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CIRCUITO PARA EL CONTROL DE ACTUADORES EN AUTODESK - TINKERCAD CIRCUIT

Se realizó el diseño y simulación del circuito de control de actuadores por medio de la placa Arduino Mega 2560, para lo cual, se utilizó el entorno de desarrollo integrado de Autodesk, “Tinkercad Circuit”, donde se realizaron varias pruebas de funcionamiento para analizar el comportamiento del circuito y calcular una serie de magnitudes y parámetros como: la intensidad de corriente, diferencia de potencial, resistencias necesarias para regulación del circuito, tiempo de respuesta en las señales, entre otros. Todos los parámetros posteriormente fueron importantes durante la selección de materiales y componentes para el desarrollo del trabajo de investigación.

El circuito simulado se emplea en los dos sistemas desarrollados en el presente proyecto, el sistema de reconocimiento de voz, mediante el microcontrolador Elechouse V3 y la placa de Arduino. De la misma manera se implementará en el sistema de aplicación móvil, controlado por medio del transmisor bluetooth HC-05, el Arduino Mega 2560 y un smartphone con sistema operativo Android.

2.5.1. Tinkercad Circuits

Tinkercad de Autodesk es un taller virtual que permite montar un kit mecánico, probar circuitos electrónicos en una placa Protoboard, diseñar componentes en 2D y 3D, usar pinturas y adhesivos, etc. Incorpora un área específica (Tinkercad Circuits) para el diseño y simulación de circuitos eléctricos, es una interfaz de desarrollo sencilla e intuitiva donde es posible comprender fácilmente todas las funciones que incorpora.

Para comenzar, se debe ingresar a la página web oficial de la plataforma, abrir el panel principal de trabajo, donde se debe arrastrar los componentes eléctricos necesarios para armar el circuito, una vez dispuestos convenientemente los elementos se debe realizar las conexiones correspondientes entre estos, para luego mediante la simulación verificar el funcionamiento del circuito.

Para realizar la simulación se debe conectar los diferentes instrumentos de medición que permitan estudiar el comportamiento del circuito. Donde la plataforma dispone una función inteligente que actúa como asesor alertando sobre valores de magnitudes distintos a lo conveniente, dentro del funcionamiento óptimo. Si estos valores se encuentran dentro de un rango moderado para el circuito, pero no correcto, se genera una alerta con sugerencia de valores, mientras que, si se ubican dentro de un rango peligroso para el circuito el mensaje de alerta es contundente.

Adicionalmente la plataforma de Autodesk Tinkercad dispone de otras funciones muy interesantes como diseños y modelado 3D, Creación de bloques de código, lecciones, etc.

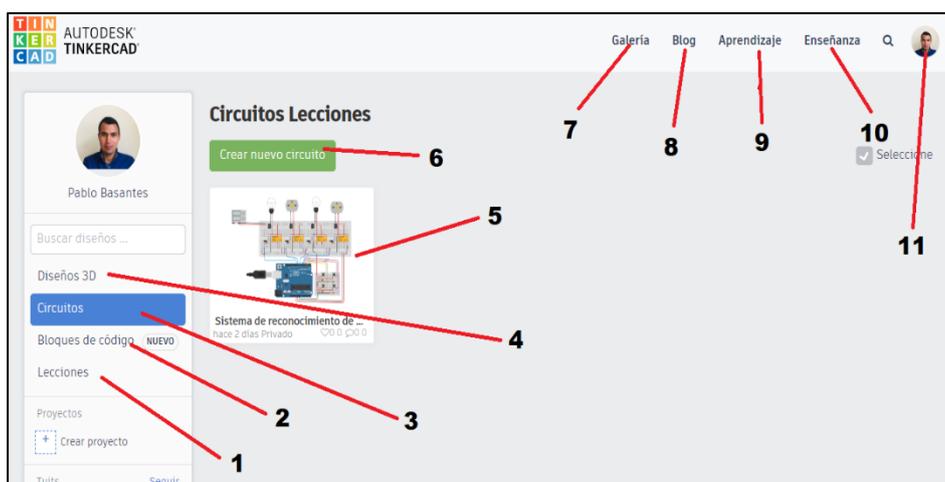


Figura 2.7 Interfaz principal de diseño en Autodesk Tinkercad

Fuente: (Autodesk, 2020)

En la **Figura 2.7**, se puede observar el menú principal de Tinkercad, una interfaz muy dinámica y fácil de manejar. Aquí se debe crear una cuenta personal en la pestaña de registro (**11**), para posteriormente visitar las secciones de lecciones y aprendizaje (**1** y **9**) que permiten al usuario adquirir el conocimiento para manejar la plataforma.

La sección de herramientas en la parte izquierda de la pantalla permiten ingresar a las principales funciones que ofrece Tinkercad, diseños en 3D (**4**), diseño y simulación de circuitos electrónicos (**3**) y modelado 3D utilizando bloques de código (**2**).



Figura 2.8 Modelado 3D Arduino

Fuente: Galería Autodesk 2020

Por otro lado, Tinkercad presenta un entorno de trabajo interactivo para compartir diseños y acceder a los proyectos de otros autores, mediante la de galería del entorno (**7**), de igual manera es posible realizar foros para intercambio de conocimientos con usuarios de todo el mundo mediante el blog (**8**). El desarrollo de proyectos en Tinkercad se puede realizar de forma continua o periódicamente, esto gracias a la función de autoguardado (**5**).

2.5.2. Proceso de diseño del circuito

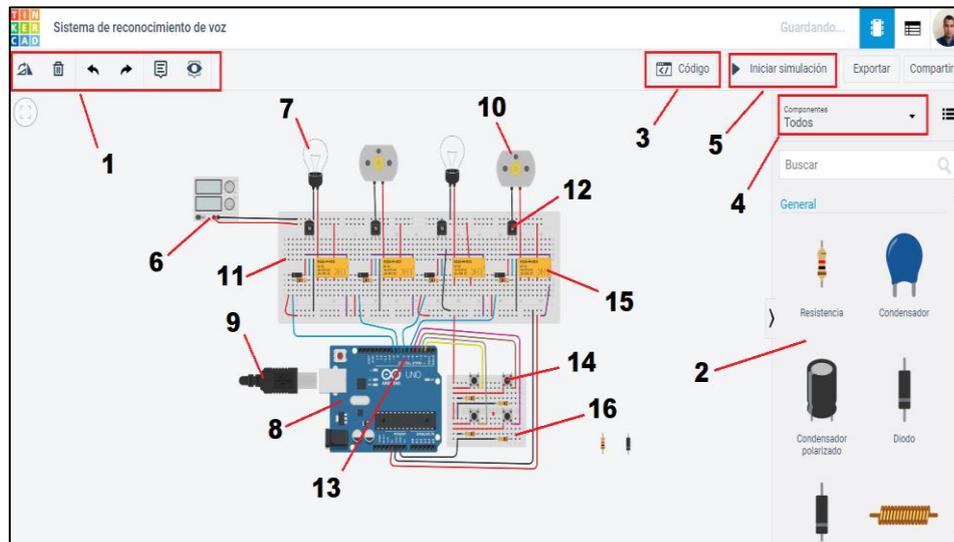


Figura 2.9 Interfaz de diseño Tinkercad Circuits

Fuente: (Autodesk, 2020)

El diseño de circuitos en la interfaz de Tinkercad Circuits es un proceso sencillo debido al diseño que presenta su entorno, donde se encuentra la barra principal de funciones (1) y la pestaña de selección de componentes (4), que permiten acceder fácilmente los elementos requeridos para el circuito, arrastrarlos desde la sección de componentes (2) hacia el panel central. Y una vez dispuestos convenientemente y conectados los distintos es posible realizar la programación de instrucciones en el panel de código (3) y posteriormente la simulación mediante el botón destinado esa función (5).

Para el presente proyecto de investigación, se utilizó la función Tinkercad Circuits para realizar el diseño del circuito de control de actuadores, empleando una placa electrónica de Arduino (8) para comando de operaciones en el sistema, se dispuso además de un cuerpo de control (16) integrado por un conjunto de pulsadores (14) en función al número de actuadores, que para este caso se utilizó bombillas (7) y motores DC (10). Los actuadores fueron alimentados por una fuente externa de 12 V (6), cuyo paso de corriente fue controlado desde el cuerpo de relés (15) activados con 5 V provenientes de la placa de Arduino y atravesando una configuración de transistores (12), resistencias y diodos para aislamiento y seguridad del circuito.

2.5.3. Programación del circuito

Para programar la placa Arduino en la plataforma de Autodesk Tinkercad es posible utilizar el lenguaje de programación C++ con la misma estructura y elementos que se emplea en el entorno de programación (IDE) de Arduino, incluso es posible copiar, pegar y ejecutar el mismo código sin necesidad de realizar ningún cambio en cualquiera de las dos plataformas.

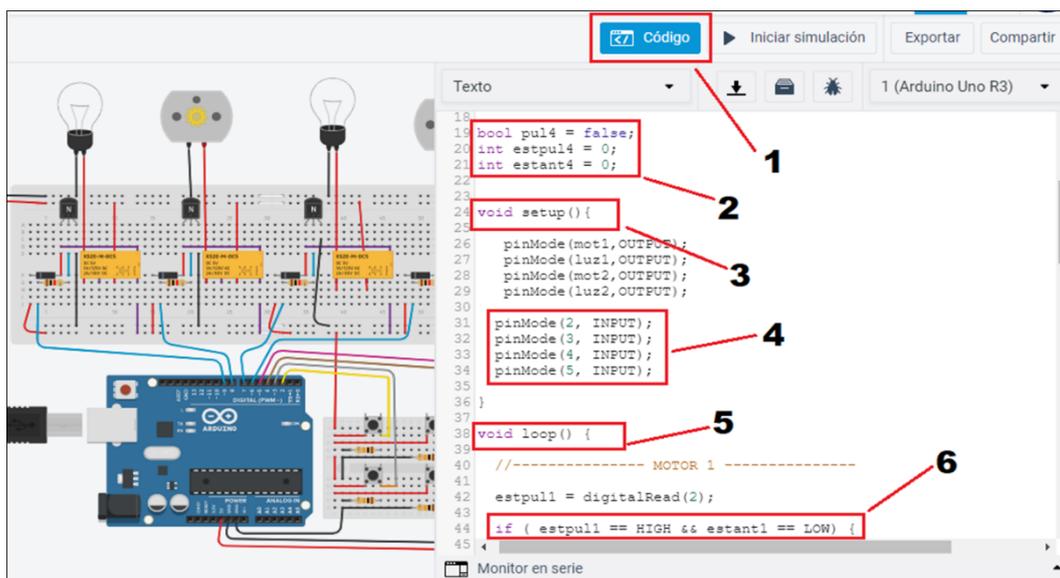


Figura 2.10 Interfaz de programación en Tinkercad Circuits

Fuente: (Autodesk, 2020)

La programación del circuito para el control de actuadores que fue desarrollado en lenguaje C++, se realizó desde la interfaz de diseño en Tinkercad Circuit, mediante la pestaña de código (1) desplegando el panel de programación donde se puede editar la estructura del programa, la cual consta de tres secciones, la primera sección (2) es para la declaración de variables a ser empleadas en los estamentos programados. La siguiente sección (3) void setup, es donde se sitúa el código a ejecutarse por una sola ocasión al momento de copilar el programa, aquí es donde se configura los pines de la placa de Arduino (4), se declaran salidas OUTPUT o entradas INPUT de señal. La última sección (5) void loop es donde se inserta el código a ejecutarse permanentemente hasta el momento de parar el programa o desconectar la placa, es aquí donde se insertan las condicionales (6) que permiten tomar decisiones al procesador en función a los datos recibidos que provenientes de otros dispositivos.

2.5.4. Simulación del circuito

Este proceso permite analizar el comportamiento del circuito de control de actuadores, para lo cual debe iniciarse la simulación (6) mediante la asistencia del cronómetro (5), previamente es necesario conectar los equipos de medición para verificar los parámetros de señal de los pulsadores (8), tensión de llegada a las bombillas (2) y motores DC (4). Para la medición de intensidad de corriente se realizó desde la salida de la placa Arduino (7), en varios puntos hasta la llegada a los diferentes actuadores (1). El Osciloscopio se utilizó para verificar la señal de comando para los relés (9).

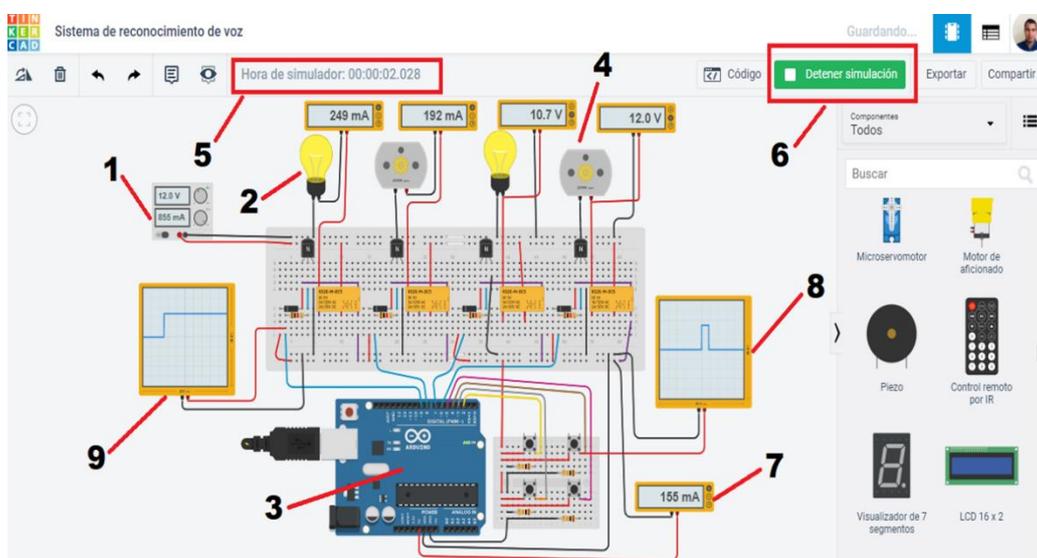


Figura 2.11 Proceso de simulación en Tinkercad Circuits

Fuente: (Autodesk, 2020)

2.6. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Se ha desarrollado la aplicación móvil para el control de funciones auxiliares del vehículo y asistencia al conductor mediante de reconocimiento de voz, la cual permite controlar los sistemas de: iluminación, direccionales, parqueo, limpiaparabrisas y elevallunas. De igual manera, incorpora una pantalla para visualizar el estado de los sistemas auxiliares del vehículo (ON-OFF) controlados por el sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3.

La aplicación móvil fue desarrollada en la plataforma MIT App inventor, Donde en primer lugar, se realizó el diseño de la interfaz gráfica para que el usuario pueda visualizar e interactuar con en el dispositivo móvil, manipulando las distintas funciones programadas. En la interfaz se añadieron los botones para el control de protocolos, las luces que indican el estado de cada sistema (ON-OFF), las ventanas para ingreso de datos, las secciones de configuración del sistema, entre otros.

La segunda etapa en el desarrollo de la aplicación móvil consistió en realizar la programación de instrucciones a realizar en función a la manipulación de cada elemento de la aplicación. El entorno de programación MIT App Inventor trabaja bajo la lógica de programación (Blockly), la cual se realiza mediante la estructuración de bloques de código, siendo está, una técnica que evita la redacción de numerosas líneas de código, implementando un proceso fácil y sencillo.

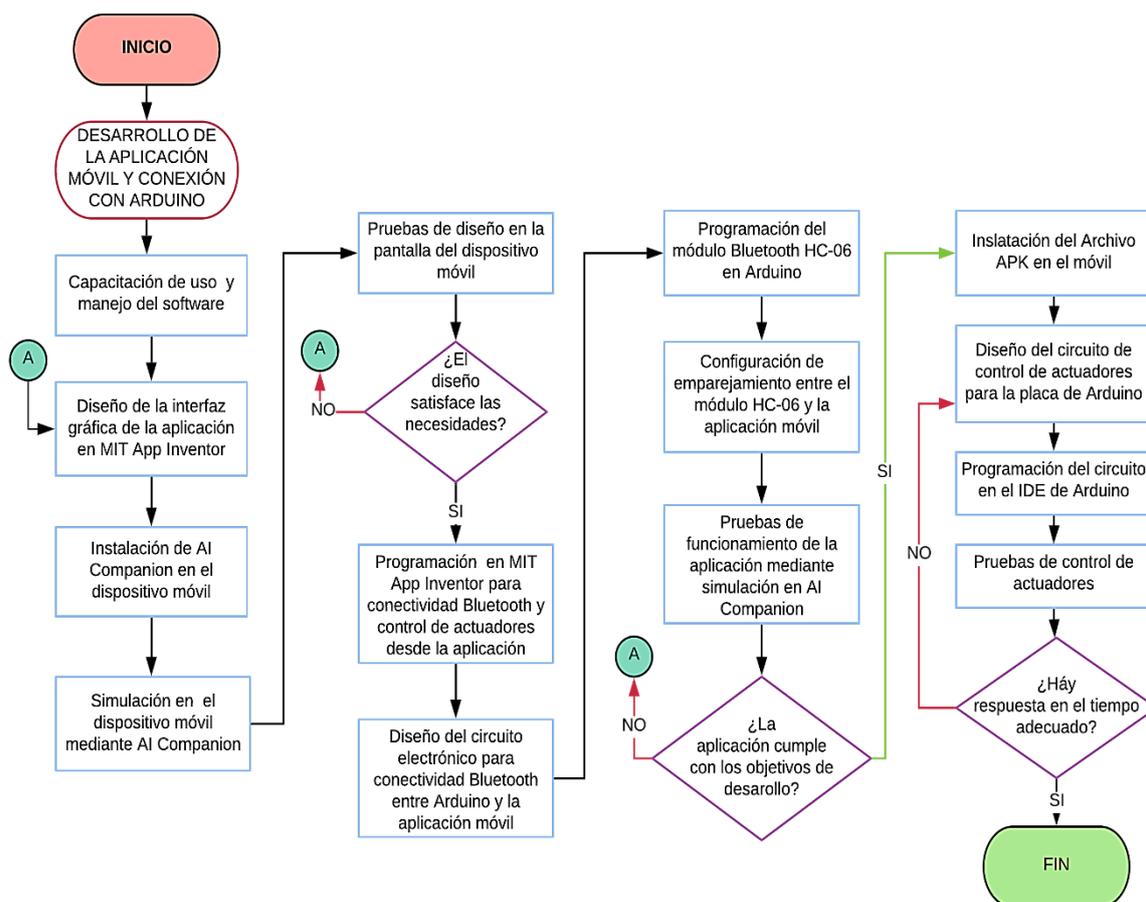


Figura 2.12 Flujograma para el proceso de desarrollo de la aplicación móvil

Fuente: Autor

2.6.1. Protocolo para el desarrollo de la aplicación móvil en MIT App Inventor

El proceso para el desarrollo de una aplicación móvil compatible con el sistema operativo de Android, consiste en tres fases fundamentales:

- **Diseñador de pantallas:** se diseñan las diferentes ventanas y pantallas que formaran la aplicación. En estas se ubican elementos como: imágenes, botones, textos, y se establecen sus principales características.
- **Editor de bloques:** es posible realizar la programación de forma visual e intuitiva para el flujo de funcionamiento del programa utilizando bloques de código. Cada componente cuenta con métodos y estructura específicos, los cuales se ejecutan en función a la configuración de sus parámetros de llamada.
- **Generador de App:** después de realizar las dos primeras etapas, se debe crear un archivo en formato APK para instalar en el dispositivo móvil.

2.6.1.1. Diseño de la interfaz de usuario para la aplicación móvil

La interfaz de diseño de pantallas está dividida en cuatro apartados:

- **Paleta:** se encuentra a la izquierda de la pantalla y recoge todos los elementos para implementar en función de la necesidad de las aplicaciones (botones, sprite, imágenes, sonidos,)
- **Visor:** simula una pantalla de un dispositivo móvil, aquí se debe añadir los diferentes componentes dando forma al aspecto que tendrá la aplicación en función al requerimiento y creatividad de usuario.
- **Componentes:** este apartado recoge la lista aquellos componentes que se han seleccionado para formar la aplicación, será a partir de la estructura de esta sección que se terminará el diseño.
- **Propiedades:** permite mostrar las características de cada uno de los componentes seleccionados, es el espacio donde el usuario puede modificar (textos, cambiar colores, añadir imágenes). En función a las necesidades de la aplicación.



Figura 2.13 Sección de diseño de la interfaz gráfica en MIT App inventor

Fuente: Tomada del Software de MIT App Inventor

El panel principal del entorno de desarrollo de aplicaciones en MIT App Inventor está dividido en varios apartados importantes para el diseño de la interfaz gráfica del dispositivo móvil; tiene la paleta (1) que se encuentra a la izquierda de la pantalla y recoge todos los elementos que se pueden implementar en función de la necesidad de la aplicación (botones, sprite, imágenes, sonidos), estos se arrastran al visor (9) que simula la pantalla de un smartphone, al añadir aquí los diferentes componentes se va dando forma al aspecto que tendrá la aplicación al abrirse en el dispositivo móvil, de igual manera en la parte inferior (4) de este visor se muestran los elementos que forman parte del diseño, pero no son visibles al abrir la aplicación, aquí se ubican relojes, temporizadores, cronómetros, el cliente bluetooth, entre otros. Adicionalmente existen otras secciones de elementos (5) que se pueden utilizar según el requerimiento de la aplicación, aquí se encuentran sensores, cronómetros, actuadores, pantallas, cámaras, grabadoras de voz, etc.

Por otro lado, está la paleta de componentes (2) que recoge y ordena la lista aquellos que se han seleccionado y han sido arrastrados al visor, con un clic en cualquiera de estos elementos automáticamente se despliega a la derecha el apartado propiedades (3) que permite mostrar las características del elemento seleccionado, siendo este el espacio donde el usuario puede modificar textos, colores, longitudes, tamaños, añadir imágenes, etc.

Adicionalmente se cuenta con el menú situado en la parte superior (6), donde se encuentran las pestañas desplegadas con funciones como el acceso a los proyectos guardados por el usuario, las opciones para conectar un dispositivo móvil y simular la aplicación previo a instalarla, la función para generar el archivo APK después de finalizar el diseño. En el extremo derecho se encuentran los botones para el cambio de entornos de trabajo, para ingresar al panel de diseño de la interfaz gráfica (7) o hacia la sección de programación por bloques de código (8).

2.6.1.2. Programación para la aplicación móvil

El proceso de programación en MIT App Inventor se realiza mediante la lógica de estructuración de bloques de código, los cuales contienen los estamentos, las condicionales, las variables y funciones necesarias para desarrollar el software de funcionamiento y control de la aplicación. Este proceso consiste en la estructuración de bloques de código. Es una técnica muy eficiente que permite la creación de proyectos importantes a personas que no cuentan con algún tipo de especialización en el manejo de lenguajes de programación, lo que genera mejores oportunidades para diferentes sectores dentro del campo educativo y del conocimiento.

Los bloques integrados de código se clasifican según su contenido, en bloques de:

- Control
- Lógica
- Matemáticas
- Texto
- Listas
- Colores
- Variables
- Procedimientos

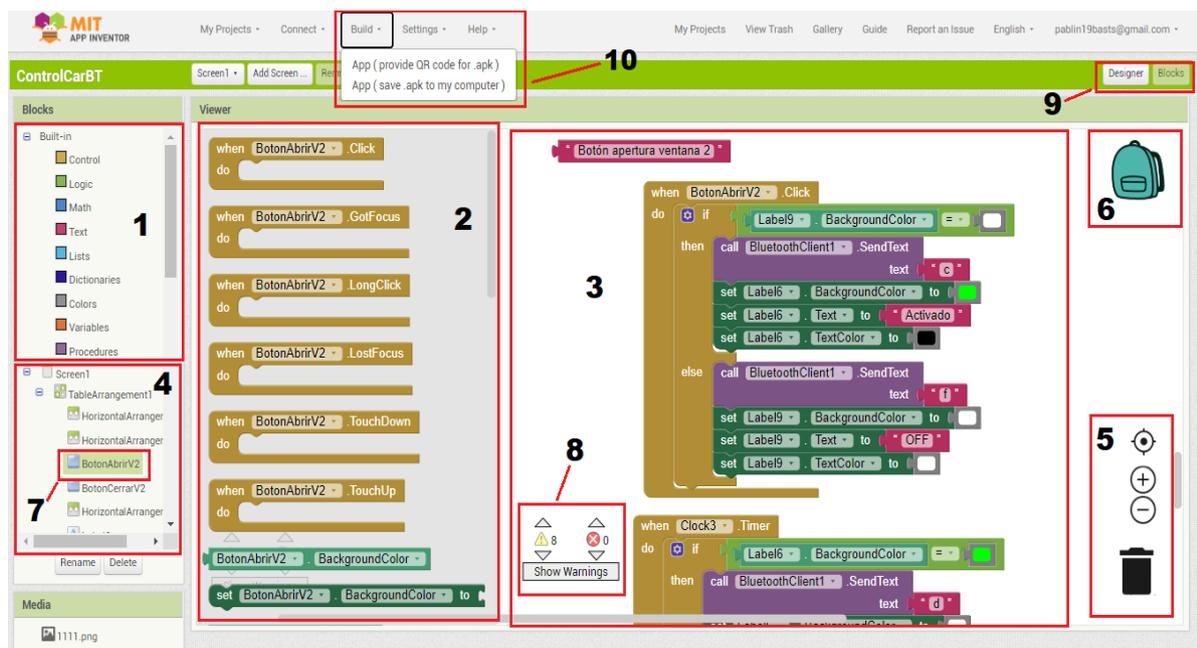


Figura 2.14 Sección de programación en MIT App inventor
Fuente: Tomada del Software de MIT App Inventor

La lógica de trabajo en el entorno de programación de MIT App Inventor es similar al armado de un rompecabezas, con la diferencia que las piezas aquí son bloque de códigos, para seleccionar los bloques necesarios, se debe buscar el elemento a programar en la lista general de componentes (4), los mismos que se han configurado previamente en el diseño de la interfaz gráfica, después de ubicar el elemento correspondiente (7), al seleccionarlo se despliega el menú de bloques con las funciones programables para ese elemento (2), de ahí se debe arrastrar los bloques necesarios y estructurarlos en panel central de programación (3). Adicional a los bloques correspondientes a cada elemento, también existen los bloques de funciones (1), los cuales contienen un gran número de instrucciones y elementos como: condicionales, funciones y símbolos matemáticos, funciones para ingresar texto, funciones para ingresar colores, funciones para realizar cálculos y operaciones matemáticas, etc.

El entorno de programación en MIT App inventor cuenta además con funciones bastante útiles para programar, entre ellas, una función que analiza la lógica de los procesos alertando de las acciones erróneas o estructuraciones incorrectas en los bloques, las alertas aparecen junto los iconos con signos de aviso (8), si el error es leve se emite un mensaje de texto, no sucede lo mismo si el error es importante, donde el programa emite una alerta más evidente. Después de finalizar los procesos de diseño de la interfaz gráfica y programación de funciones, el proceso final es la exportación de la aplicación para ser instalada en el móvil.

Esto se realiza desde la pestaña build (10) encontrada en el entorno de desarrollo, donde se genera automáticamente un archivo en formato APK. La plataforma permite obtener este archivo de dos maneras distintas, una de las opciones es generando un código QR que permite descargar el archivo desde cualquier dispositivo que tenga las funciones para escanearlo, por otro lado, existe la opción para generar el archivo APK y que se descargue automáticamente en el ordenador que se utilizó para su desarrollo.

2.6.1.3. Los Archivos en formato APK



Figura 2.15 Icono APK

Fuente: Android

Los archivos en formato APK (Android Application Package) son ejecutables diseñados exclusivamente para Android. Este formato es una variante del formato JAR de Java que se utiliza para distribuir aplicaciones y juegos en dispositivos inteligentes como celulares, tabletas, computadores, sistemas de SmartTV o cualquier otro que utilice Android. Este tipo de archivos son descargables y transferibles mediante cualquier tipo de protocolo de comunicación, aspecto que, en ocasiones los hace vulnerables a ser portadores de algún tipo de virus, por esa razón se debe verificar siempre las fuentes de origen.

2.6.2. Circuito para control de Arduino desde la aplicación móvil

Para controlar las funciones auxiliares del vehículo desde la aplicación móvil fue necesario realizarlo mediante la adaptación de un microcontrolador en sistema eléctrico, para lo cual fue utilizada la placa electrónica Arduino Mega 2560, donde se configuró un sistema de comunicación vía Bluetooth entre la placa y el smartphone. Para cumplir con el propósito mencionado, se tuvo que realizar el esquema del circuito electrónico observado a continuación en la **Figura 2.16**.

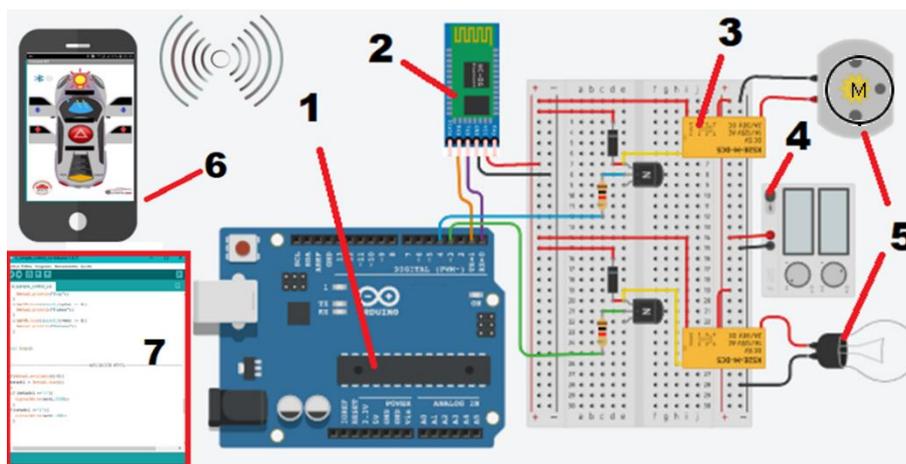


Figura 2.16 Esquema de comunicación entre Arduino y la aplicación móvil
Fuente: (Autodesk, 2020)

El circuito electrónico para el control de funciones del vehículo mediante la aplicación móvil está integrado principalmente de la placa Arduino (1) que es la encargada de controlar las operaciones del sistema. El usuario abre la aplicación en el smartphone (6) donde selecciona la operación que desea realizar, en ese momento se envía una señal de radiofrecuencia vía bluetooth con las instrucciones a ejecutarse, esta señal de tipo analógica es receptada por el transmisor Bluetooth HC-05 (2), para ser transformada en señal digital y transmitirla al microcontrolador ATmega2560 del Arduino, donde es procesada, y en función al programa se ejecuta una tarea, la cual en este caso puede ser la activación o desactivación de un relé (3) encargado de controlar el paso de corriente para alimentación de los actuadores (5) dispuestos en los diferentes sistemas del automóvil.

Después realizar el diseño y establecer las conexiones respectivas **Tabla 2.1**, se procede a efectuar la compilación y posterior carga del programa en la placa mediante el IDE de Arduino (7).

Tabla 2.1 Conexión de pines en el circuito para la aplicación móvil

HC-05	Arduino	Relé
Pin VCC	Pin 5 V	Pin VCC
Pin GND	Pin GNG	Pin GND
Pin Tx	Pin Rx	
Pin Rx	Pin Tx	
	Pin 3 Digital	Pin IN

Fuente: Autor

2.7. DESARROLLO DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ MEDIANTE EL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3

El sistema de reconocimiento de voz propone un diseño sencillo y eficiente, el cual no requiere incorporar demasiados componentes. Una de las principales características que lo hace especial, es que no requiere conectividad a internet para la función de reconocimiento de comandos de voz como sucede en la mayoría de este tipo de sistemas. El circuito tiene un consumo bajo de corriente con 50 mA a 5 V, lo que permite que sea viable su implementación en cualquier tipo de vehículo.

El desarrollo del dispositivo de reconocimiento de voz se basa en el microcontrolador Elechouse V3, siendo este el elemento más importante, al estar encargado de cumplir las funciones de grabado y almacenamiento de comandos de voz, recepción y comparación de radiofrecuencias, digitalización de la voz y transmisión de instrucciones a la placa Arduino para la ejecución de tareas en el vehículo. Para cumplir con las funciones citadas, es necesario desarrollar dos programas a ejecutarse separadamente de forma secuencial.

En primer lugar, se debe desarrollar en el IDE de Arduino el programa de entrenamiento de comandos de voz, el cual debe contener las instrucciones para que el microcontrolador Elechouse V3 pueda ser habilitado para grabar los comandos de voz, los almacene de forma permanente en su memoria EPROM, y posteriormente se mantenga en el modo espera hasta receptor señales de voz emitidas por el usuario para realizar el proceso de reconocimiento.

El segundo programa para el control de actuadores se encargará de proporcionar las instrucciones para que el microcontrolador Elechouse V3 realice el proceso de reconocimiento de comandos de voz pronunciados en tiempo real, y posteriormente, pueda enviar esa información al microcontrolador del Arduino, el ATmega 2560, quien se encargara de procesarla verificando los condicionales que se cumplen y las sentencias para cada caso, dando como resultado la ejecución de una tarea programada para determinado sistema en el vehículo.

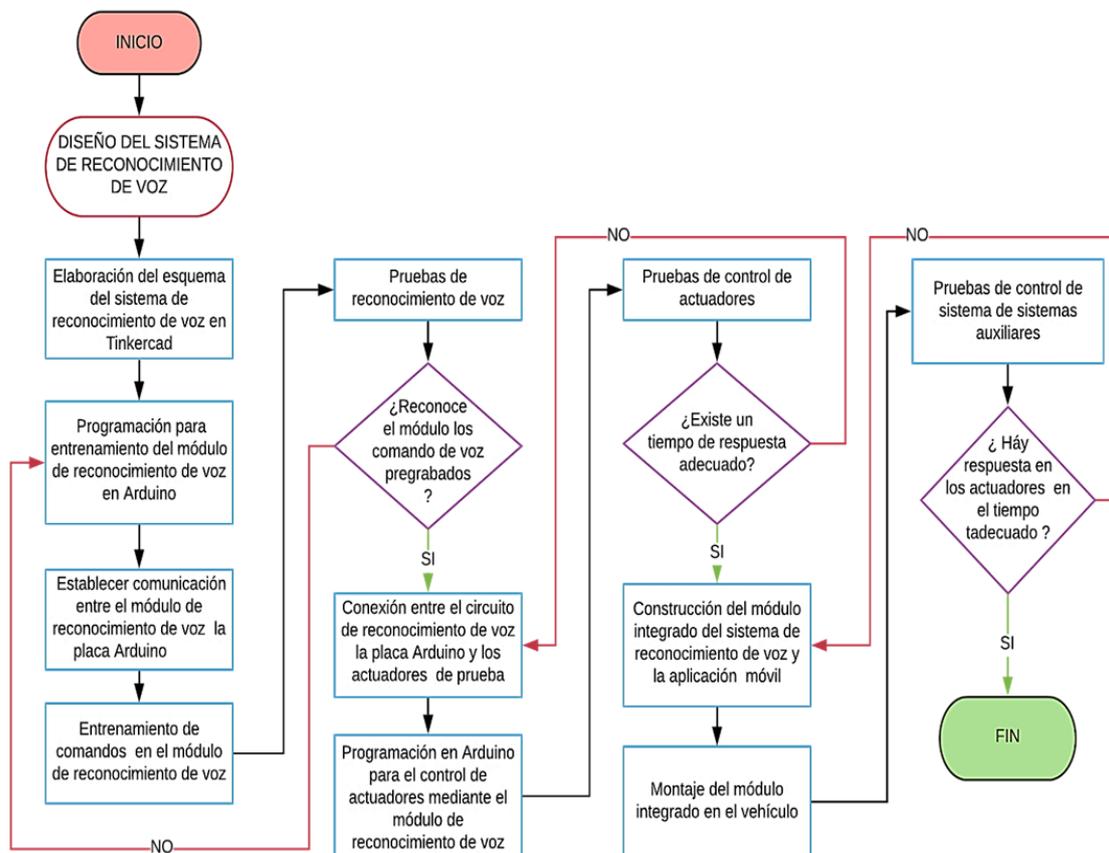


Figura 2.17 Flujograma del desarrollo del sistema de reconocimiento de voz

Fuente: Autor

2.7.1. Esquema del circuito para el sistema de reconocimiento de voz

Observando la **Figura 2.18** se puede notar que el funcionamiento del dispositivo de reconocimiento inicia desde el momento que el usuario (7) activa un comando mediante el sonido de su voz (8), en ese momento la frecuencia es receptada por el micrófono (5) incorporado en el habitáculo del piloto, esta señal a su vez es transmitida al microcontrolador de reconocimiento de voz Elechouse V3 (2), quien se encarga de recibir la señal análoga de la frecuencia, procesar esta señal y transformarla a un formato digital comprensible para el procesador de la placa Arduino (1).

El microcontrolador de voz tiene la capacidad de almacenar 80 comandos de voz con una duración máxima de 1000 ms en cada uno. Sin embargo, debido al tamaño de su memoria volátil solo es posible programar 7 de estos para utilizar de forma continua, es decir se puede ejecutar 7 tareas a la misma vez. La memoria del microcontrolador de voz es programable

borrable, lo que significa que se puede realizar el proceso de grabación de comandos de voz las veces que sea necesario.

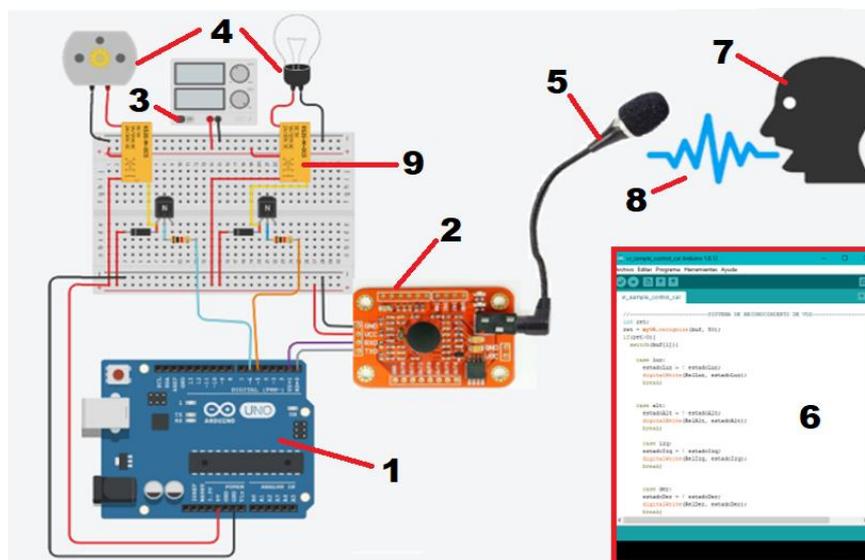


Figura 2.18 Esquema del circuito para sistema de reconocimiento de voz
Fuente: (Autodesk, 2020)

La placa de Arduino conectada al circuito es la encargada de ejecutar el programa de control (6), el mismo se almacena permanentemente en la memoria ROM del microcontrolador principal, este programa contiene las instrucciones a ejecutarse en referencia a las señales del módulo de voz que recibe.

Para controlar el paso de corriente a los actuadores (4) desde una fuente distinta a la que alimenta la placa, se ha incorporado una serie de relés (9), la cantidad en función al número de actuadores, cada relé es controlado por una señal enviada desde la placa Arduino, en función los comandos de voz pronunciados por el usuario. En ese momento el relé recibe una carga que excita su bobina interna, la cual, genera un campo magnético que causa la unión de los contactos COM y NO del mismo, los cuales permiten el paso de corriente que activa el actuador conectado a esa línea, siendo este, el encargado de ejecutar determinada función en los sistemas auxiliares del automóvil.

Para que el funcionamiento óptimo del circuito es importante realizar las conexiones mostradas en la **Tabla 2.2**, la comunicación del microcontrolador de voz es un proceso

extremadamente delicado y solo se puede establecer mediante una configuración mostrada a continuación.

Tabla 2.2 Conexión de pines con el módulo Elechouse V3

Módulo Elechouse V3	Arduino Mega	Relé
VCC	5V	VCC
GND	GNG	GND
TXD	Pin Digital 10	
RXD	Pin Digital 11	
	Cualquier pin Digital	IN

Fuente: Autor

2.7.2. Compilación y envío del programa a los microcontroladores

Una vez desarrollado el programa de entrenamiento de comandos de voz en el IDE y después de realizada la conexión del circuito, se procede a conectar la placa de Arduino al puerto USB del ordenador, para realizar la compilación y envío del programa a los microcontroladores Elechouse V3 y ATmega 2560 del Arduino y así habilitar el proceso de entrenamiento de comandos de voz.

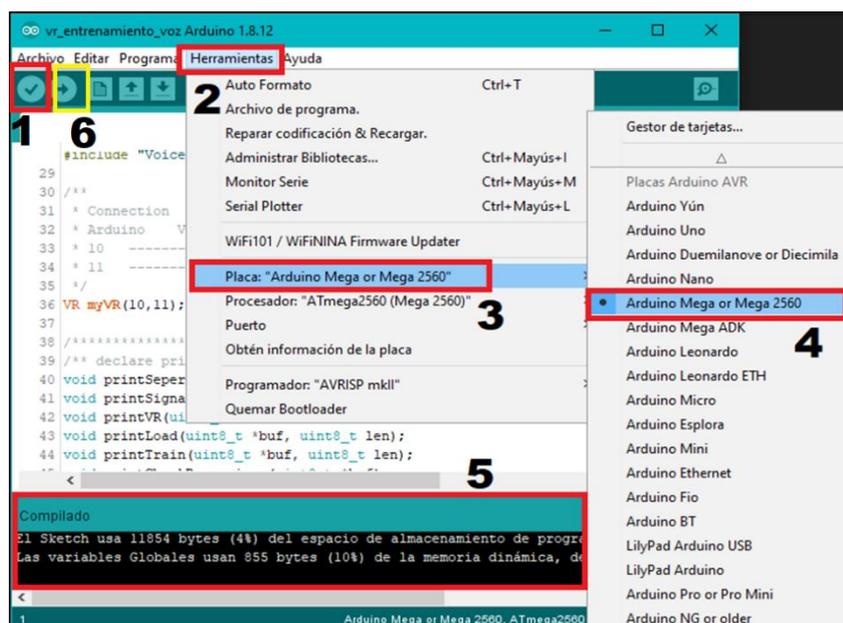


Figura 2.19 Proceso de compilación en el IDE de Arduino

Fuente: Software de Arduino

Como se observa en la **Figura 2.19**, el proceso se inicia mediante el botón de compilación (1) para verificar si existe la presencia de errores de escritura en el código fuente mediante el cuadro de mensajes (5), lo siguiente es ingresar a la pestaña de herramientas (2), donde se despliega un menú (3) en el cual se debe seleccionar el modelo de placa Arduino disponible, para caso del presente proyecto el Arduino Mega 2560 (4). Una vez cumplido el proceso de compilación, tanto el programa como la conexión con la placa de Arduino estarían listos para iniciar el siguiente proceso que es la ejecución del programa, donde previamente se procede a enviar este programa a los microcontroladores mediante el botón que cumple esa función (6).

2.7.3. Proceso de entrenamiento del microcontrolador Elechouse V3

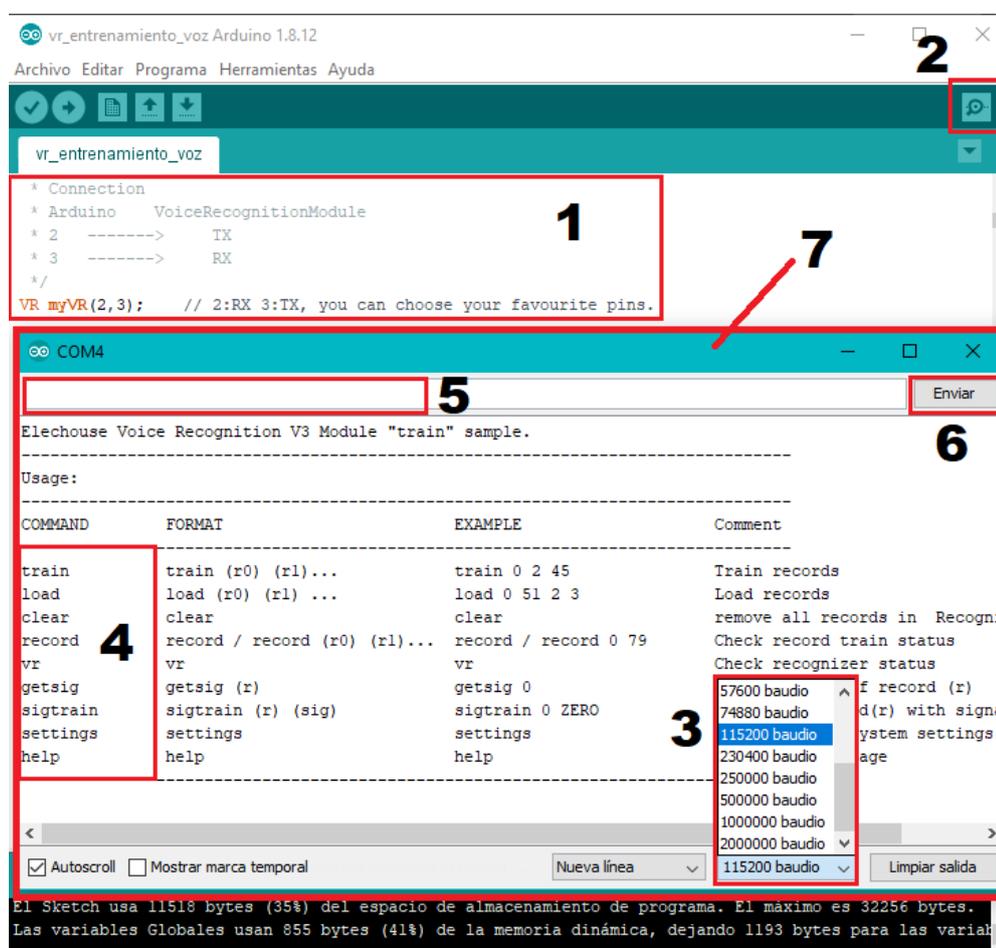


Figura 2.20 Entrenamiento de comandos en el módulo de reconocimiento de voz
Fuente: Software de Arduino

El proceso de entrenamiento en el módulo de reconocimiento de voz se realiza con el objetivo de grabar los comandos de voz en la memoria ROM de este dispositivo y

posteriormente emplearlos a través de la placa de Arduino para ejecutar las acciones que permitan controlar los actuadores del sistema.

Una vez finalizado el programa de entrenamiento de comandos de voz, se realiza las conexiones correspondientes entre el microcontrolador Elechouse V3 y la placa de Arduino (1), posteriormente se debe ingresar al monitor serial (2), que es la herramienta de comunicación entre el usuario y los microcontroladores del sistema. Mediante el monitor serial es posible ordenar instrucciones a la placa Arduino y al microcontrolador de voz, mediante la inserción de comandos a través de mensajes de texto, de esa manera se puede modificar y controlar en tiempo real los programas desarrollados en Arduino. Al ingresar al monitor serial aparece una ventana (7) donde se debe realizar la configuración del rango de baudios (3) a 115200 para que el usuario pueda visualizar el proceso en el monitor, en el menú de funciones y comandos (4) que se debe ingresar para la acción requerida, los comandos correspondientes (5) y mediante en el botón enviar (6) se transmiten el programa con las instrucciones al microcontrolador Elechouse V3 para iniciar el proceso de grabación de comandos de voz. A continuación, en la **Tabla 2.3** se describen las acciones realizadas por cada comando en el monitor serial.

Tabla 2.3 Comandos para el entrenamiento del módulo de reconocimiento de voz

Comandos	Instrucciones de escritura	Ejemplo	Descripción
train	train + asignación de variable	train (a)...n	Grabar comando de voz sin firma.
load	load + variables a guardar	load (a) (b) (c)...n	Guardar comandos de voz grabados
clear	clear	clear	Limpiar memoria del módulo de voz
record	record + variable	record (a) (b) (c)...n	Verificar comandos de voz grabados
vr	vr	vr	Verifica memoria del módulo de voz
getsig	getsig + variable	getsig (a)...n	Asignar firma a los comandos de voz
sigtrain	sigtrain + variable + firma de variable:	sigtrain (a) (motor)	Grabar comando de voz más firma
settings	settings	settings	Verificar configuración actual del sistema
help	help	help	Acceder al cuadro de instrucciones

Fuente: Autor

2.7.4. Flujograma para entrenamiento de comandos en el sistema de reconocimiento de voz

El flujograma permite conocer detalladamente el proceso para realizar el entrenamiento de comandos en el microcontrolador Elechouse V3, siendo este paso uno de los más importantes porque permite establecer los sonidos vocálicos para controlar los sistemas auxiliares del vehículo. Si el proceso no se realiza correctamente el sistema puede funcionar de manera defectuosa presentando errores al momento de realizar el reconocimiento. Es importante señalar que el proceso se debe realizar en un espacio aislado sin interferencias de ruido que puedan distorsionar la frecuencia de voz.

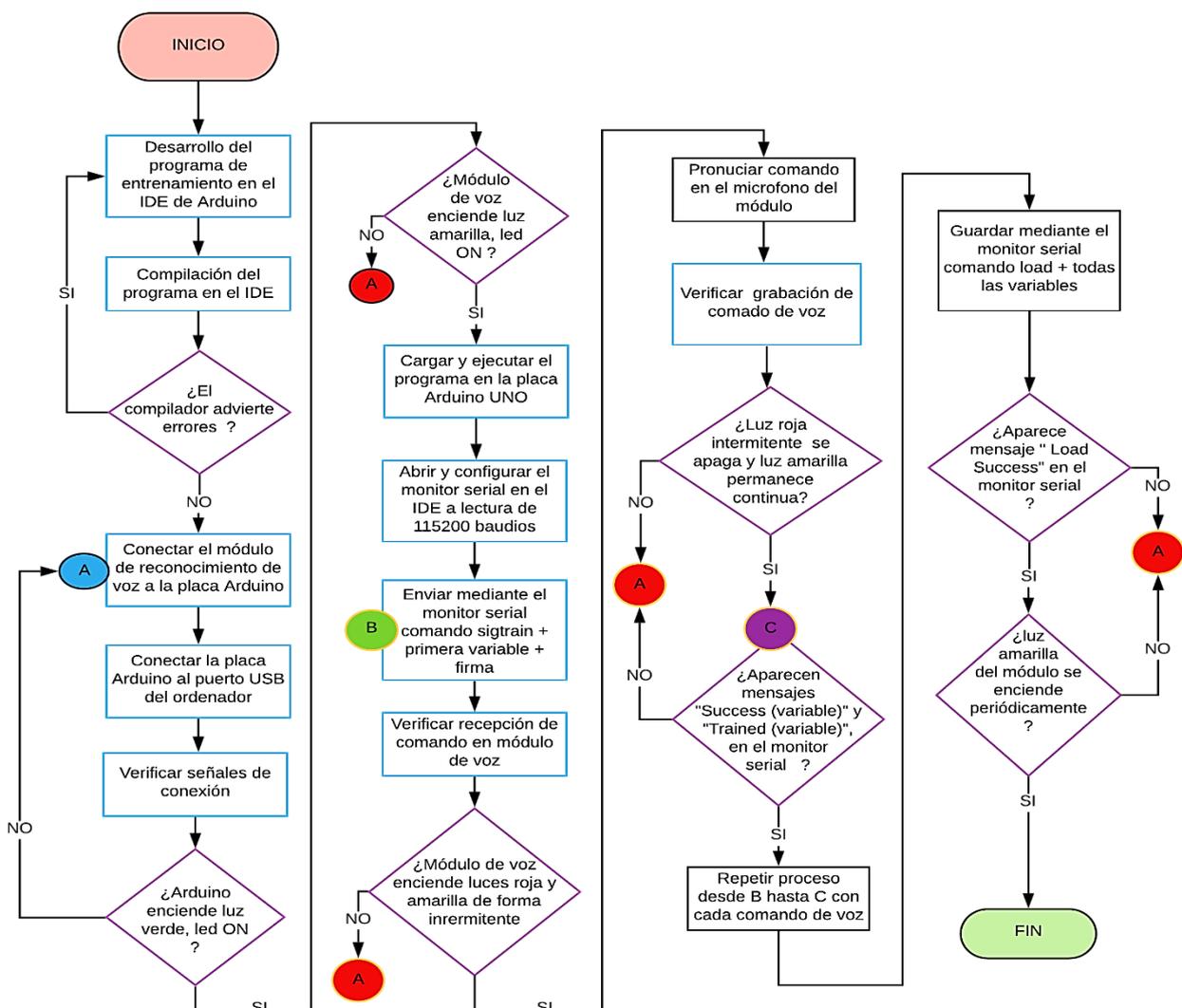


Figura 2.21 Flujograma para entrenamiento de comandos en el módulo de reconocimiento de voz

Fuente: Autor

2.7.5. Envío del programa de control de actuadores a la placa de Arduino

Después de finalizar las etapas de entrenamiento de comandos de voz y el proceso de desarrollo del programa de instrucciones para los actuadores. La ejecución en Arduino es el último y más importantes de los procesos porque permite poner en marcha todo el trabajo realizado, previamente se debe verificar que las conexiones del circuito estén correctamente realizadas para no causar daños en el sistema.

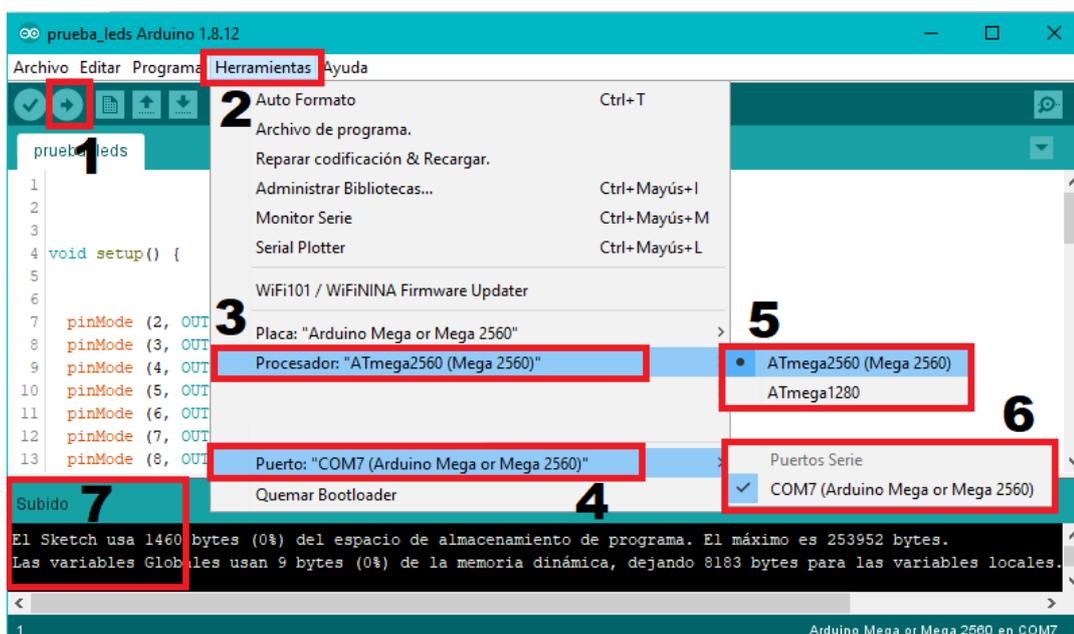


Figura 2.22 Ejecución de programas en la placa Arduino
Fuente: Software de Arduino

Antes de cargar el programa en la placa de Arduino es necesario ingresar a la pestaña de “Herramientas” (2) para seleccionar el procesador de Arduino (5) que se le encomendara el trabajo más importante, adicionalmente se debe verificar si existe la comunicación entre el puerto USB del ordenador y la entrada el puerto serial en la placa (6). Finalmente, como último paso mediante el botón “Subir” (1) se envía el programa al procesador del Arduino, que al resultar exitoso el programa no aparecerá advertencias en el cuadro de mensajes (7) y el proyecto desarrollado quedará listo para entrar en la etapa de pruebas de funcionamiento.

2.8. DISEÑO DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL

El módulo integra los componentes que forman parte del dispositivo de reconocimiento de voz y aplicación móvil, se inició con el diseño de la carcasa del **circuito Figura 2.23**, la cual fue elaborada en MDF (medium density fibreboard) de 5 mm de espesor, al ser un material no conductor ideal para proteger el circuito protegido del calor y los contactos de elementos externos que puedan provocar algún cortocircuito. El fondo interior de la caja fue recubierto de corosil para una mejor adherencia y asentamiento de la baquelita utilizada como base del circuito.

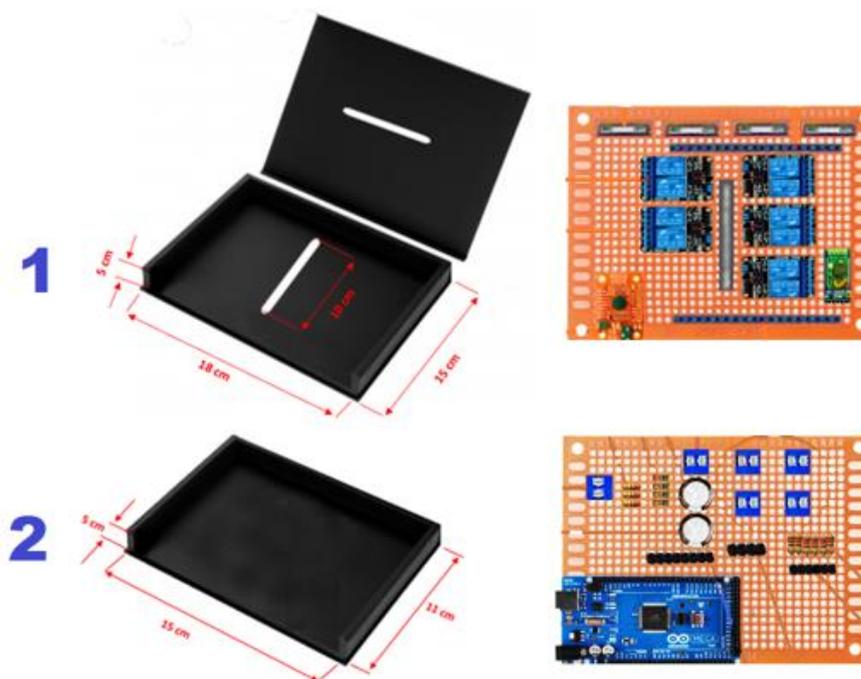


Figura 2.23 Carcasa del módulo

Fuente: Autor

La carcasa está compuesta de dos partes o contenedores que van montadas una sobre la otra en el automóvil, la parte 1 está diseñada para albergar el circuito principal integrado de los módulos de reconocimiento de voz, de conexión bluetooth, el cuerpo de relés, y los elementos de seguridad. Mientras que la parte 2 incorpora la tarjeta Arduino Mega 2560 para comandar el sistema, además de un circuito de regulación de tensión para alimentación del sistema mediante energía de la batería del vehículo.

El circuito principal observado en la **Figura 2.24**, va montado en la estructura 1 y permite realizar control de actuadores mediante comandos de voz desde la aplicación móvil, este fue diseñado para funcionar con una tensión de 5V, su función principal es la de controlar el paso de corriente a los sistemas auxiliares de automotor y de esa manera permitir la activación en el momento y durante el tiempo deseado por el conductor. Fue diseñado para ocupar un corto espacio y ser instalado en el panel central del vehículo, siendo el lugar ideal para realizar las distintas conexiones a los principales sistemas auxiliar debido a la disposición cercana al área de distribución de energía para todo el circuito eléctrico del vehículo, además, de ser el espacio donde se disponen los mandos para controlar las funciones auxiliares del automotor. El módulo fue diseñado para ser desmontado con facilidad en su estructura completa o cualquiera de los componentes en caso de existir la necesidad de realizar algún tipo de reparación.

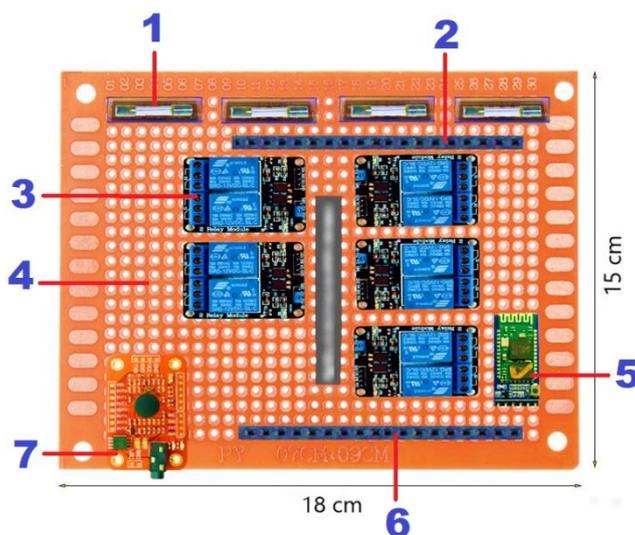


Figura 2.24 Circuito principal del módulo
Fuente: Elaborado en Autodesck 2020

En la **Figura 2.24** se puede observar el esquema gráfico del módulo integrado, donde se emplea una placa de baquelita perforada (4) como base para situar los componentes. Para el sistema de reconocimiento de voz se utiliza el microcontrolador Elechouse V3 (7), el cual mediante un micrófono recibe las señales de voz y las transmite a la placa de Arduino para ser procesadas y en su función al comando de voz pronunciado y así realizar la apertura o cierre de los relés (3). Por otro lado, para el sistema de control mediante la aplicación móvil se encuentra el transmisor Bluetooth HC-05, (5) el cual permite establecer la comunicación serial entre la tarjeta Arduino y así controlar el cuerpo de relés para ejecutar las tareas

deseadas por el usuario. La alimentación de energía los componentes del sistema se realiza mediante los pines hembra (2) y (6) para conexión de corriente de los polos negativo y positivo respectivamente. Para seguridad del circuito se incorporó la sección de fusibles (1) con capacidades de 500 mA para protección de los módulos de voz y bluetooth, y de 1 A para la entrada de corriente a la placa Arduino.

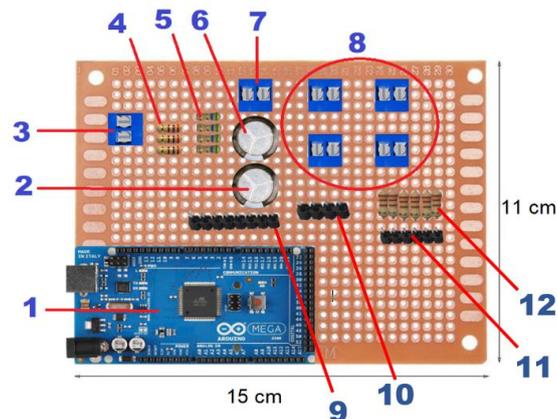


Figura 2.25 Circuito de control
Fuente: Elaborado en Autodesck 2020

En la **Figura 2.25**, se observa el circuito de control ubicado en la estructura 2 del módulo integrado, su función es la de albergar la tarjeta Arduino Mega 2560 (1), siendo esta el cerebro encargado de comandar todas las operaciones del sistema. Para la alimentación de la placa Arduino se toma la energía proveniente de la batería del vehículo con una tensión de entre 10 a 14 V, tensiones en las cuales la placa puede sufrir recalentamientos en sus componentes de regulación de voltaje debido a que los puertos de comunicación trabajan a 5V y un máximo de 500 mA de corriente. Para solucionar este tipo de problemas se ha diseñado un circuito de regulación de voltaje integrado por 3 resistencias de 2.7 Ohmios (4) más 4 de 5.6 Ohmios (5) las cuales permiten una regulación de 12 a 7 Voltios, una tensión ideal para que el circuito funcione sin presentar fallas. Se empleó además 2 capacitores de electrolitos, uno de 1000 microfaradios (2) y otro de 2200 microfaradios (6), los cuales permiten generar estabilidad en la alimentación del circuito en caso de sufrir aumentos y bajones en la batería. En el borne (7) del circuito ingresan 12 V mientras que en el borne (3) salen 7 voltios los cuales se conectan a la placa Arduino, adicionalmente se ha dispuesto un grupo de bornes (8) los cuales cumplen el propósito de conectar los fusibles de protección del sistema con la tarjeta Arduino.

2.9. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL

La **Figura 2.24**, presenta una síntesis gráfica sobre el funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz y aplicación móvil, la cual emplea dos métodos diferentes que se pueden utilizar alternadamente según la comodidad del usuario.

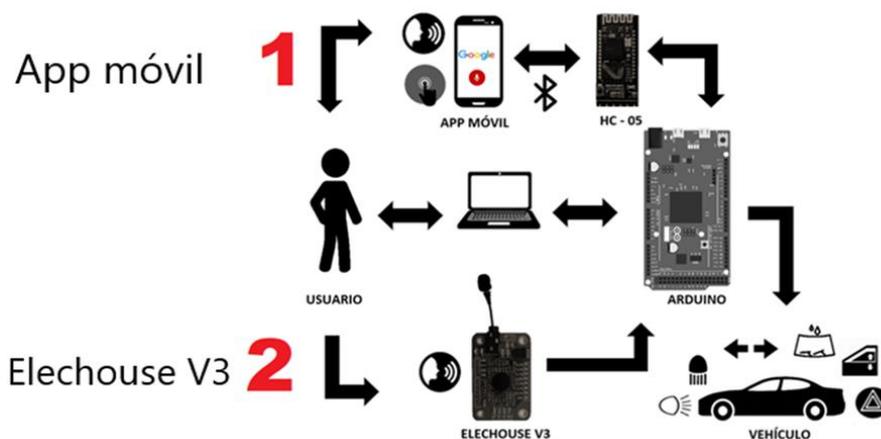


Figura 2.26 Esquema de funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz y aplicación móvil
Fuente: Autor

En la **Figura 2.26**, se puede observar las dos secuencias tecnológicas desarrolladas para el control de los sistemas auxiliares en el vehículo. En la línea 1 está la aplicación móvil que incorpora las funciones de control táctil y reconocimiento de voz de Google, las dos funciones emplean un transmisor Bluetooth HC-05 estableciendo un sistema de comunicación inalámbrico con la placa Arduino Mega para ejecutar la tarea deseada en el automóvil. En la línea dos se observa el sistema de reconocimiento de voz desarrollado mediante el microcontrolador Elechouse V3, el cual se encuentra conectado mediante un bus de datos a la placa Arduino, empleando además un micrófono para que el usuario controle las funciones del vehículo mediante comandos de voz. Todas las funciones implementadas se comandan desde el Arduino Mega, para lo cual se debe realizar el programa de control en el IDE, y mediante el uso de un ordenador cargarlo a la placa.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fue desarrollado el dispositivo de reconocimiento de voz y aplicación móvil con el objeto de brindar a las personas con paraplejía una herramienta que permita mejorar su capacidad de movilizarse y conducir un medio de transporte seguro y ergonómico mediante la asistencia en el control de funciones auxiliares a través de comandos de voz y un smartphone.

El presente capítulo expone a detalle el prototipo desarrollado, donde se analiza el resultado de las pruebas de simulación del circuito de control de actuadores, el cual sirvió como fundamento importante para el diseño y construcción del módulo integrado, de igual manera, se describe el funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz y como el usuario debe realizar el proceso de entrenamiento de comandos, al igual que el uso adecuado durante la conducción del vehículo. Finalmente se analizan los resultados de las pruebas realizadas para comprender las características y parámetros de funcionamiento del sistema.

Por otro lado, se realiza una descripción de la aplicación móvil, las funciones implementadas para el control del vehículo mediante la pantalla táctil del dispositivo y el sistema de reconocimiento de voz de Google.

3.1. ANÁLISIS DE DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL SUZUKI ESTEEM 2002

Se verificó que el vehículo Suzuki Esteem 2002 posee un sistema eléctrico eficiente y sencillo para realizar la intervención necesaria durante la implementación del dispositivo de reconocimiento de voz y aplicación móvil; el sistema posee 3 distintos grupos de circuitos el de alta tensión permite el funcionamiento del sistema de encendido del vehículo a tensiones entre los 8 a 15 KV, mientras que el circuito de mediana tensión trabaja entre 12 V y 13.5 V, este se encarga de alimentar y controlar los principales sistemas del vehículo, como iluminación, calefacción, refrigeración, elevavidrios, limpiaparabrisas, señalamiento de maniobras mediante iluminación, entretenimiento etc. El circuito de mínima tensión funciona con 5 V de tensión o menos, este circuito se emplea para la iluminación del tablero

los instrumentos, los testigos de advertencia y otras luces en el habitáculo. Lógicamente todos los circuitos poseen ciertas áreas de seguridad y control, en función a cada necesidad donde se puede encontrar elementos como fusibles, relés, transistores, conmutadores, flasher, etc.

En cuanto a las características del circuito se puede establecer como ordenado, con la numeración y simbología claramente comprensibles; factores que han permitido llevar a cabo un proceso de adaptación de forma segura y eficiente. Se pudo identificar para luego ser intervenidas las principales líneas de alimentación de energía y los mandos en los actuadores, consiguiendo controlar mediante el prototipo desarrollado los sistemas auxiliares del vehículo.

3.2. LA APLICACIÓN MÓVIL

La aplicación móvil está constituida por 5 funciones principales, el control táctil donde el usuario podrá controlar las funciones del vehículo presionando botones dispuestos en una de las pantallas de la aplicación, el control de voz donde se comanda el automóvil mediante el sistema de reconocimiento de voz de Google durante lo cual el smartphone puede trabajar conectado a internet o realizar el proceso de reconocimiento sin conexión, mientras que, para el uso de las demás funciones únicamente es necesario establecer la conectividad bluetooth entre el dispositivo móvil y el transmisor HC-05 integrado en la placa Arduino.

Se incorpora una la pantalla de configuración donde se ajustan los comandos de voz a reconocer por Google, al igual que las variables a ser enviadas hacia la tarjeta Arduino para la ejecución de tareas programadas previamente en el IDE, las mismas que se emplean, una por cada botón del control táctil, al igual que una por cada comando de voz.

Otra de las funciones para la aplicación móvil es la pantalla de ayuda donde el usuario puede acceder a la información relacionada con el objeto de desarrollo y a las instrucciones para el uso y manejo de la aplicación.

Por otro lado, la última función la aplicación móvil se convierte en un asistente para el sistema de reconocimiento de voz basado en el microcontrolador Elechouse V3, permitiendo

la visualización en una de sus pantallas, las tareas ejecutadas y el estado de cada función mediante este sistema.

3.2.1. Características

En la **Figura 3.1**, se observan las 10 pantallas que constituyen el diseño de la interfaz de usuario en la aplicación móvil, con un diseño simple, seguro, eficiente y funcional. El tamaño de las pantallas y la resolución de la aplicación, son factores que pueden variar en función al dispositivo en el cual sea instalada.



Figura 3.1 Pantallas de la aplicación móvil
Fuente: Autor, desarrollado en MIT App Inventor

Para seguridad de la aplicación se ha diseñado la pantalla de “Inicio de Sesión” donde es necesario ingresar el usuario y contraseña configurados previamente durante el proceso de programación; existe una segunda pantalla de seguridad que la aplicación abre al momento

de presionar el botón de ajustes, esta pantalla se implementa para proteger el acceso y manipulación a la sección de configuración de variables y comandos de voz debido a la importancia que comprenden al momento de ejecutar la aplicación para el control de tareas en el vehículo.

Los componentes de las pantallas se realizaron en el tamaño y forma convenientes para su fácil identificación, se implementó un icono para cada una de las funciones del vehículo. Se implementó etiquetas con nombres bajo los botones que fue necesario señalar, entre los cuales, los botones del menú principal, el botón de retorno a menú, el botón de salir, botón de conectividad bluetooth; mientras que para los demás botones se estableció marcos que cambian de color cuando las funciones son activadas, los cuales retornan a su estado inicial al desactivarlas.

La aplicación posee un alto índice de estabilidad de funcionamiento, únicamente existe una probabilidad del 1% de experimentar algún tipo de error que le provoque colgarse o la necesidad de reiniciarse según lo señalan expertos en programación en la página web oficial de MIT App inventor. De igual manera se realizaron aproximadamente 100 ejecuciones de prueba en aplicación las cuales resultaron exitosas sin presentar inconvenientes.

Para identificación de la aplicación, se le dispuso el nombre de “Talking to Car STP”, y además se diseñó el logo para que pueda ser encontrada fácilmente en el menú del dispositivo móvil.



Figura 3.2 Logo de la aplicación Talking to Car STP

Fuente: Autor

3.2.2. Funcionamiento

El funcionamiento de la aplicación móvil se realiza mediante el circuito de conectividad Bluetooth, el cual permite el intercambio de instrucciones entre el smartphone y la placa Arduino montada en el vehículo. El usuario se comunica con el sistema de control mediante el pronunciamiento de comandos de voz durante la marcha del vehículo, o mediante la manipulación de botones dispuestos en la pantalla de la aplicación para realizar el diagnóstico de tareas con el vehículo detenido. A continuación, se presenta un esquema para comprender el funcionamiento de la aplicación.

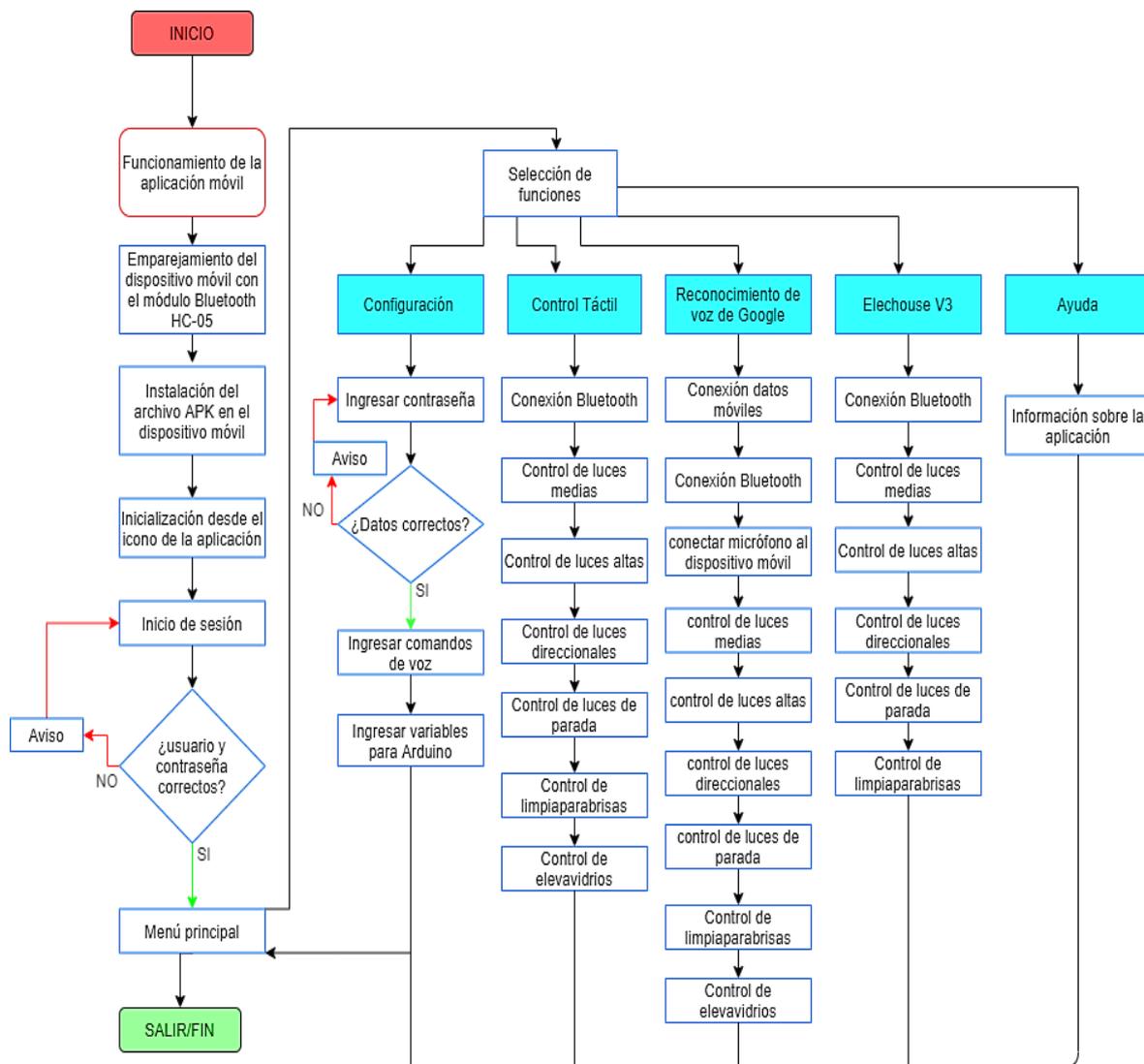


Figura 3.3 Esquema de funcionamiento de la aplicación móvil

Fuente: Autor

Para instalar la aplicación en el smartphone se debe realizar la descarga del archivo APK, se lo puede hacer de 3 formas distintas, explicadas mediante la **Figura 3.4**.



Figura 3.4 Procedimiento para descarga del archivo APK

Fuente: Tomada del Software de MIT App Inventor

- Se debe Ingresar a la página web de MIT App Inventor, abrir el enlace de la aplicación móvil desarrollada, ingresar en la pestaña Build (1), seleccionar la opción (2) App (provide QR code for .apk), en ese momento se genera un código QR (4) el cual se debe escanear mediante la cámara del smartphone o a través de la función Google Lens y la aplicación se descargará directamente en el dispositivo móvil.
- Para el segundo método igualmente se realiza desde la página web de MIT App Inventor, al abrir el enlace de la aplicación, ingresar en la pestaña Build (1), seleccionar la opción (3) en este caso App (save.apk to my computer), donde aplicación se descarga directamente en el ordenador.
- Otra opción que se ha implementado es la descarga desde la Play Store de Google donde se encuentra de forma gratuita, únicamente se debe buscarla con el nombre de “Talking to Car STP” y realizar la descarga.

Posterior a la descarga e instalación del archivo APK en el dispositivo móvil se debe abrir la aplicación desde el icono encontrado en el menú del smartphone, en ese momento aparecerá la pantalla inicialización (1) y después de unos segundos la segunda pantalla de Inicio de Sesión (2), estas dos se muestran a continuación en **la Figura 3.5**.



Figura 3.5 Pantallas de Inicialización (1) e Inicio de Sesión (2)

Fuente: Tomada de Talk to Car STP

Previo al inicio de sesión en la aplicación, se deberá gestionar el usuario y contraseña en la página oficial de MIT App Inventor, en el mismo sitio web, además se podrá realizar el proceso cada vez que se requiera hacer un cambio o modificación en dicha información. Al momento que se escriba las identificaciones correspondientes en las ventanas destinadas para el efecto, si los datos ingresados son equivocados aparecerá un cuadro de diálogo en parte inferior de la pantalla con el mensaje “DATOS INCORRECTOS”, ante lo cual se deberá verificar e ingresar nuevamente la información de manera correcta.

Después de realizar el proceso de inicio de sesión, la aplicación móvil abre automáticamente la ventana de “Menú Principal” de la aplicación, mostrado a continuación en la **Figura 3.6**.



Figura 3.6 Pantalla del menú principal en la aplicación

Fuente: Tomada de Talk to Car STP

En el menú principal se ubican los botones que permiten el acceso a las 5 funciones desarrolladas para la aplicación. El primer paso que se debe realizar para utilizar la aplicación en el vehículo es el ingreso de los comandos de voz y variables para comunicación de la aplicación con la tarjeta Arduino ingresando al menú de configuración, posterior a dicho proceso el usuario podrá acceder a las demás funciones de control táctil, control de voz o módulo Elechouse V3 para comandar las operaciones en el vehículo.

3.2.2.1. Configuración de comandos de voz y variables

Permite el acceso a la ventana diseñada para configuración de comandos de voz y variables. En el caso de los comandos de voz, se incorporan para ser empleados en el sistema de reconocimiento de Google en la aplicación móvil, los comandos permiten comunicar a la aplicación la tarea que el usuario desea ejecutar. Mientras que las variables son la firma, nombre o identidad para que cada comando de voz pueda ser identificado en el procesador de Arduino; las mismas variables se emplea para identificar cada botón en el sistema de control táctil, es decir, al momento de pronunciar un comando de voz, la aplicación envía al Arduino la variable del comando y en función a esta variable la placa procede activar o desactivar determinada función en el vehículo. El mismo caso sucede cuando el usuario presiona un botón en la pantalla de control táctil. Debido a la importancia que significa el manejo de los comandos y variables, se ha incorporado un sistema de seguridad que consiste en el ingreso de una contraseña para acceder al menú de configuración. A continuación, en la **Figura 3.7** se observa las pantallas del proceso.



Figura 3.7 Pantallas de Seguridad (1) y Configuración de comandos y variables (2)

Fuente: Tomada de Talk to Car STP

Una vez se ha ingresado al menú de la pantalla de ajustes (2) se encontrarán 2 columnas con casillas para el ingreso de texto, en la columna de la izquierda (3) se escriben los comandos de voz, estos deben estar escritos sin faltas de ortografía o símbolos que dificulten su reconocimiento; en la columna de la derecha se ingresan las variables con el debido orden y correspondencia a cada comando de voz. Para el caso de la aplicación desarrollada para el control del Suzuki Esteem 2002 se ha empleado los comandos y variables mostrados a continuación en la **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1 Comandos de voz y variables empleados en la aplicación móvil

Función	Comando de voz	V. Arduino	
		Activar	Desactivar
Luces altas	altas	a	b
Luces bajas	luz	c	d
Direccional izquierda	zurda	e	f
Direccional derecha	derecha	g	h
Limpiaparabrisas	plumas	i	j
Abrir ventana izquierda.	abrir	k	m
Cerrar ventana izquierda	cerrar	n	o
Abrir ventana derecha	sube	p	q
Cerrar ventana derecha	baja	r	s
Luces de parada	parque	t	u

Fuente: Autor

3.2.2.2. Control táctil

El control táctil se implementa con la finalidad de brindar una herramienta que permita diagnosticar el funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz de Google en caso de presentarse algún problema o falla, es decir se podrá monitorear el funcionamiento de todas las funciones de control de actuadores, no es conveniente el uso por el conductor durante la marcha del vehículo debido a que va en contra de las normas de tránsito para la seguridad vial en el país. Durante la marcha del vehículo se podría emplear siempre y cuando se realice bajo la asistencia de un copiloto.

La función incorpora 2 botones que permiten cambiar el fondo de la pantalla para una mejor comodidad y visualización de las pantallas dependiendo la luminosidad del ambiente, Se puede elegir un tono claro (7) o un tono oscuro (8).

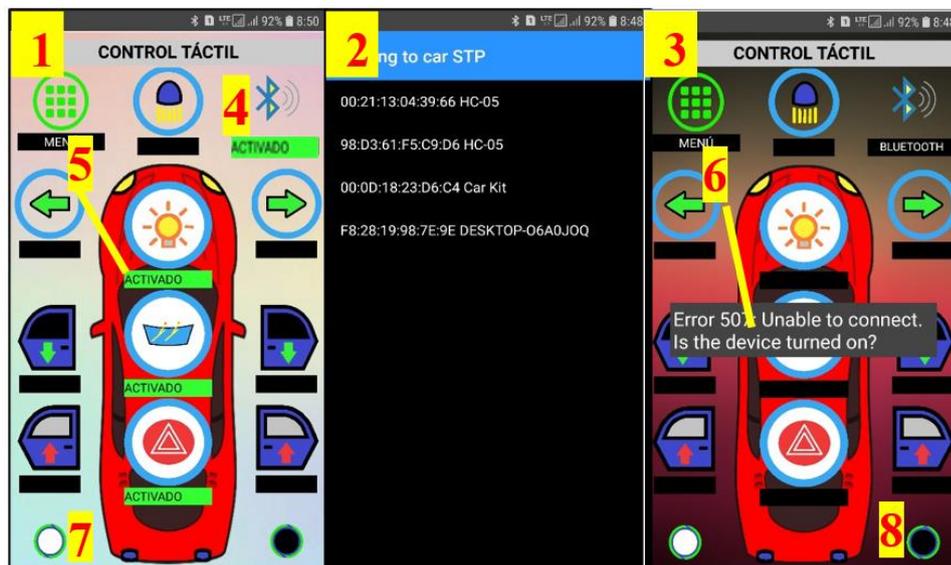


Figura 3.8 Pantallas de la función de control táctil
Fuente: Tomada de Talk to Car STP

Al seleccionar la función de Control Táctil, se abre instantáneamente la pantalla que contiene los botones para controlar los diferentes actuadores del vehículo. En primer lugar, se debe realizar la conexión bluetooth presionando el botón con el logo y la etiqueta de bluetooth (4), en ese instante aparece la pantalla con los dispositivos bluetooth emparejados (2) al smartphone, se debe seleccionar el nombre designado al trasmisor HC-05 y automáticamente se realizará la conexión. Para seguridad del procedimiento se debe verificar que la etiqueta bajo el logo de bluetooth cambie de color y aparezca la palabra “CONECTADO”, en caso de existir algún error en la conexión, la aplicación procederá a notificar mediante un mensaje que aparecerá en el cuadro de dialogo (6) señalando que la conexión no fue realizada, para lo cual se podrá solucionar repitiendo proceso desde el inicio. Cuando el usuario quiera desactivar la conexión bluetooth únicamente presionara nuevamente el botón bluetooth y los dispositivos se desconectarán.

Después de realizar la conexión bluetooth, se habilitan automáticamente los botones del sistema para controlar las diferentes funciones en el vehículo, únicamente es necesario presionar el botón correspondiente la función y está se activará, durante ese estado la etiqueta

bajo de cada botón permanecerá de color verde con el mensaje de “ACTIVADO”, esto se realiza para que el conductor este permanentemente informado. Por otra parte, para la desactivación de funciones en algunos casos es necesario que se realice automáticamente después de que la función cumpla su objetivo, como es el caso de la apertura y cierre de ventanas o luces direccionales, para otros casos, las funciones las debe desactivar cuando el usuario vuelva a presionar el botón correspondiente, cuando la función permanece inactiva la etiqueta bajo el botón permanecerá de color negro sin ningún mensaje.

Para mantener los principios de funcionamiento adecuados para el vehículo, se ha programado en el dispositivo de voz condiciones en las cuales la activación de una función produce la desactivación de otras funciones siempre que se encuentren activas en ese momento, esto se cumple en los casos que es necesario, por ejemplo, si se encuentra activada la direccional izquierda y el usuario activa mediante la aplicación la direccional derecha, esta acción desactivara la primera direccional para que no interfiera en la advertencia sobre la trayectoria del vehículo; la lógica citada se cumple en todos los casos que es conveniente, permitiendo de esa manera, garantizar el funcionamiento correcto del vehículo y la seguridad de los ocupantes.

3.2.2.3. Control mediante reconocimiento de voz Google

La función de reconocimiento de voz de Google se incorpora para ser utilizada por el piloto durante la conducción, permite controlar la totalidad de sistemas auxiliares del vehículo debido a la alta capacidad de almacenamiento de comandos. Para la comodidad y adaptación del usuario esta función incorpora los botones para el cambio de fondo a tono claro u oscuro, donde serán seleccionados dependiendo las condiciones de iluminación en el ambiente.

Al igual que en las demás funciones de la aplicación, tiene un botón de acceso desde el menú principal, una vez se ha ingresado, la función se presenta un diseño similar al de la función de control táctil, en esta pantalla existe únicamente los botones para conectividad bluetooth y para retorno al menú principal. La característica especial de esta función es que para ejecutar una tarea mediante un comando de voz es necesario presionar el pulsador ubicado en el volante del vehículo.

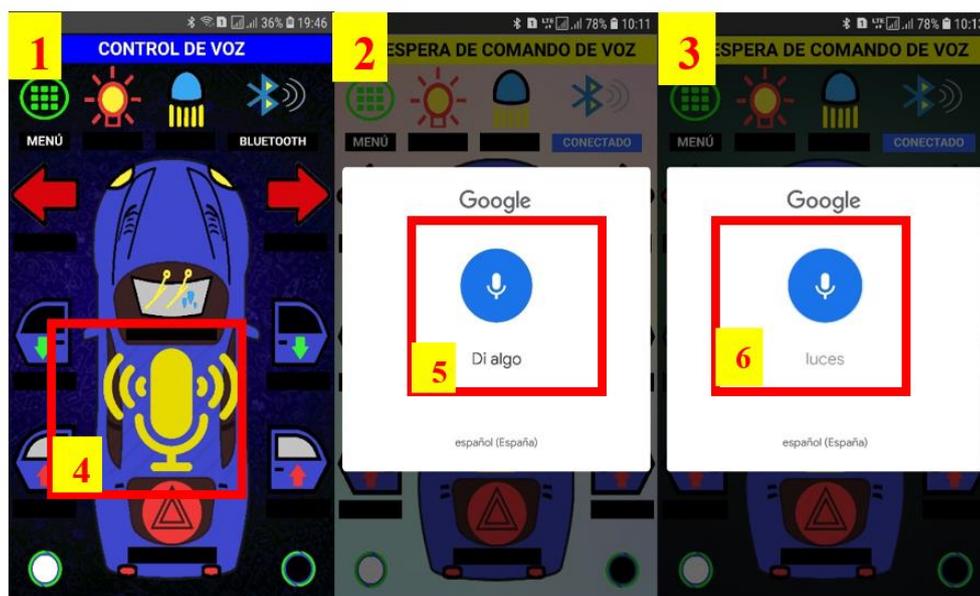


Figura 3.9 Pantallas de la función de control mediante reconocimiento de voz de Google
Fuente: Tomada de Talk to Car STP

Para alerta del usuario, se ha incorporado iconos de todas las funciones del vehículo y en la parte inferior de cada uno, etiquetas para alertar las maniobras realizadas, es decir cuando la función se encuentra activa la etiqueta cambia a color verde y aparece la palabra “ACTIVADO”, mientras que, cuando la función está inactiva la etiqueta vuelve a su estado inicial, de color negro y sin mensajes.

Para la ejecución de tareas mediante la función de voz es necesario realizar previamente los procesos de configuración de comandos de voz y variables, además de establecer la conexión Bluetooth con el transmisor HC-05, preferentemente se debe activar los datos móviles en el smartphone para un mejor proceso de reconocimiento, sin embargo, es importante señalar que el sistema también puede trabajar sin conexión de datos, la diferencia se encuentra en que el proceso sin conexión es más propenso a presentar errores. Una vez realizado los procesos citados se debe conectar un micrófono al dispositivo móvil, para que el usuario pueda transmitir los comandos de voz a la aplicación.

Para ejecutar los comandos de voz, se debe presionar el pulsador ubicado en el volante del vehículo entonces aparecerá un cuadro de diálogo de Google (5) con la palabra “Di algo”, en ese momento se debe pronunciar el comando de voz en el micrófono; si el reconocimiento de voz es eficiente, la palabra pronunciada aparecerá en el cuadro de diálogo (6) y en función

al programa de la aplicación, instantáneamente se enviarán las instrucciones a la tarjeta Arduino para ejecutar la tarea requerida.

Con el fin de promover el funcionamiento óptimo del sistema de voz, es necesario disponer el micrófono para el smartphone a una distancia no mayor a 5 cm, al igual que, generar un ambiente sin interferencias de ruido que puedan causar un retraso en el reconocimiento de voz. De preferencia se debe desactivar equipos de audio y video y cerrar las ventanillas del automóvil.

3.2.2.4. Función Elechouse V3



Figura 3.10 Pantallas función Elechouse V3
Fuente: Tomada de Talk to Car STP

La función Elechouse V3 fue diseñada para visualizar el estado de los sistemas controlados mediante el microcontrolador Elechouse V3, es decir, únicamente es una pantalla de aviso, el sistema también podría funcionar sin la necesidad de la función citada.

Es importante señalar que para la función de control Elechouse V3, por factores de seguridad se ha implementado un pulsador al volante del conductor para ser activado únicamente al presionar este elemento, es decir, se tiene dos pulsadores en el volante del conductor, uno para el reconocimiento de voz de Google y otro para el reconocimiento de voz de mediante el microcontrolador Elechouse V3.

Se ha implementado esta función para situaciones de emergencia donde se pierda la conectividad a internet y no sea posible operar el sistema de voz de Google.

3.2.2.5. Función de Ayuda



Figura 3.11 Pantalla de ayuda en la aplicación móvil

Fuente: Tomada de Talk to Car STP

Esta función fue implementada con el propósito de brindar una guía para el uso y manejo de la aplicación, donde el usuario pueda adaptarse fácilmente a las distintas funciones y servicios que se presentan con el desarrollo del prototipo de reconocimiento de voz y aplicación móvil. Incorpora además la información sobre el objeto que ha motivado el desarrollo del trabajo de investigación y la información sobre los autores e institución responsable.

3.2.3. Pruebas en banco para la aplicación móvil

Se realizó las pruebas de funcionamiento en la aplicación con el objeto de conocer las características y parámetros consecuentes a la tecnología desarrollada. Se consideró parámetros como, los tiempos mínimo, promedio y máximo de respuesta, desde la ejecución de órdenes en la aplicación móvil hasta la activación del actuador, se analizó también el porcentaje de efectividad en el reconocimiento de comandos de voz con interferencias de ruido, el porcentaje de reconocimiento en función a la distancia usuario micrófono, y además

la distancia de recepción en la conectividad bluetooth. Es importante señalar que las pruebas se realizaron en banco, donde se conectaron luces y un motor DC 5 V simulando cada función del vehículo, como se observa a continuación en la **Figura 3.12**.

3.2.3.1. Pruebas de funcionamiento del control táctil

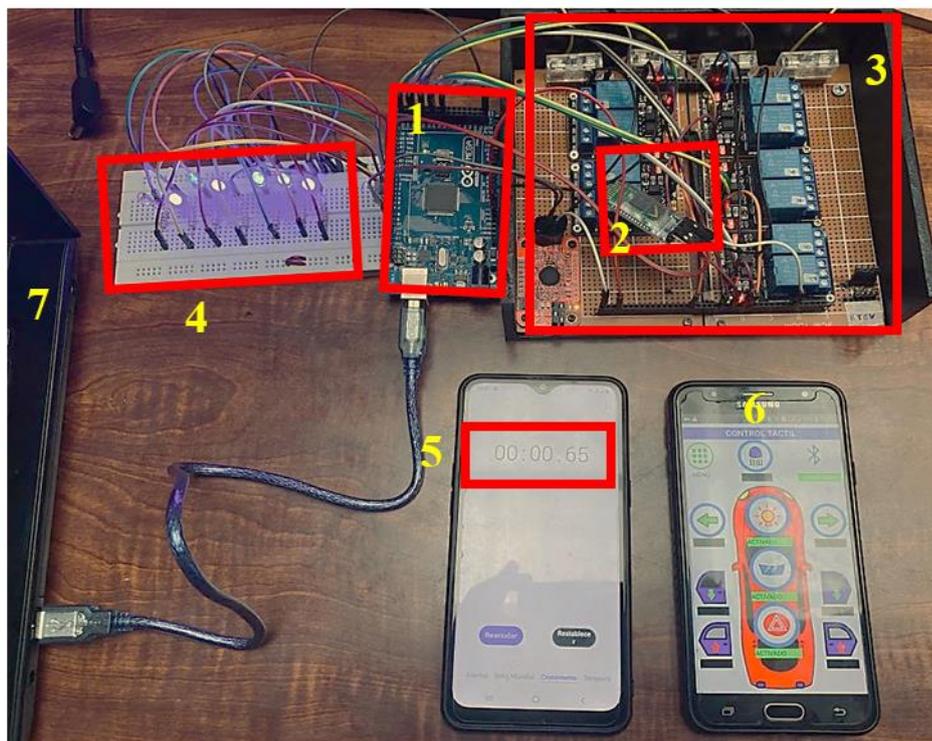


Figura 3.12 Pruebas de funcionamiento del control táctil

Fuente: Autor

Para efectuar las pruebas de funcionamiento se realizó la conexión de la placa Arduino (1) con el circuito integrado por: el transmisor Bluetooth HC-05 (2), el cuerpo de relés (3) y un grupo de luces led (4); se empleó un cronómetro (5) para tomar los tiempos de activación en cada función y un smartphone (6) con la aplicación instalada y la función de control táctil abierta, se cargó el programa para Arduino desde un ordenador portátil (7), el cual también sirvió como fuente de alimentación de energía. A continuación, en la **Tabla 3.2** se observa los resultados de las pruebas realizadas en torno a los tiempos de respuesta. Donde se realizó las operaciones matemáticas para extraer promedios generales a partir de los promedios individuales de cada función.

Tabla 3.2 Tiempos de respuesta en el control táctil

Función	Test realizados [segundos]					Tiempos relevantes [segundos]			Cobertura Bluetooth [metros]
	T1	T2	T3	T4	T5	T.min	T.prom	T.max	D. max
Luces Altas	0,58	0,61	0,56	0,59	0,58	0,58	0,58	0,61	8.5
Luces Medias	0,69	0,73	0,61	0,54	0,67	0,54	0,65	0,73	
Luces de parqueo	0,73	0,58	0,68	0,68	0,63	0,58	0,66	0,73	
Direccional Izquierda	0,54	0,62	0,76	0,59	0,61	0,54	0,62	0,76	
Direccional Derecha	0,63	0,56	0,58	0,61	0,69	0,56	0,61	0,69	
Limpiaparabrisas	0,67	0,56	0,68	0,55	0,59	0,55	0,61	0,68	
Elevavidrios	0,58	0,62	0,71	0,59	0,66	0,58	0,63	0,71	
Promedios Generales						0,56	0,62	0,70	

Fuente: Autor

3.2.3.2. Discusión referente al sistema de control táctil

Los resultados de las pruebas realizadas muestran excelentes tiempos de respuesta con un promedio general mínimo de 0.68 s, un promedio general máximo de 0.81 s, resultando como promedio total un tiempo de 0.75 segundos para realizar la activación de un actuador. Donde se calificó como eficiente la posibilidad activar una función en un tiempo menor a 1 segundo, siendo un intervalo ideal para la función que cumple el sistema de control táctil dentro del proyecto de investigación.

Con respecto a la distancia de cobertura Bluetooth, se determinó que el sistema puede realizar un proceso óptimo en la transmisión de información siempre que el smartphone se encuentre dentro de un diámetro no superior a los 8 metros a la redonda, con relación al dispositivo transmisor HC-05. Es importante señalar que se genera cierto nivel de interferencia, para el protocolo de comunicación bluetooth cuando existe la presencia de obstáculos o edificaciones en medio de los dispositivos de conectividad.

3.2.3.3. Pruebas de funcionamiento para el reconocimiento de voz de Google

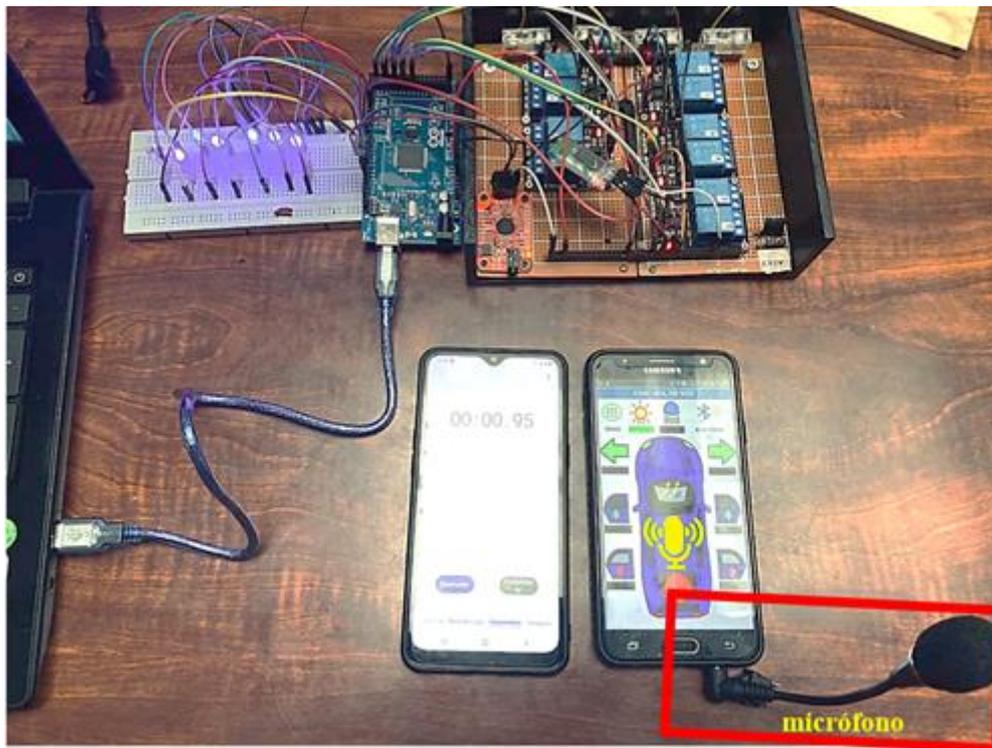


Figura 3.13 Pruebas de funcionamiento para el sistema de reconocimiento de voz de Google
Fuente: Autor

Para el sistema de reconocimiento de voz de Google se empleó el circuito que fue utilizado en las pruebas del control táctil, a diferencia del micrófono (1) que fue incorporado para la recepción y transmisión de comandos de voz a la aplicación móvil. Como se explicó anteriormente, para activar un comando de voz es necesario activar a la función de reconocimiento de Google desde la aplicación. Se utilizó un cronómetro y un sonómetro con el propósito de controlar el tiempo y someter el dispositivo a pruebas con diferentes niveles de ruido.

Es importante mencionar que para este tipo de tecnología se tuvieron que adicionar otros parámetros, sumados al tiempo de respuesta, esto se debe al proceso complejo que significa realizar la transmisión de órdenes mediante comandos de voz, hacia la tarjeta Arduino y a su vez a los actuadores del vehículo. Donde intervienen factores circunstanciales como el ruido del entorno, el tono de voz de usuario, la distancia de colocación de los elementos, entre otros.

En la **Tabla 3.3** se analiza el tiempo de respuesta para la activación de actuadores, donde se realizó las correspondientes operaciones matemáticas para extraer los promedios generales a partir de los resultados en la toma de tiempos individuales de cada función.

Tabla 3.3 Tiempos de respuesta para reconocimiento de voz de Google

Función	Test realizados					Tiempos relevantes		
	[segundos]					[segundos]		
	T1	T2	T3	T4	T5	T min	T prom	T max
Luces Altas	0,97	0,93	0,95	0,91	0,95	0,91	0,94	0,97
Luces Medias	0,98	0,99	1,01	0,97	0,99	0,97	0,99	1,01
Luces de parqueo	0,94	1,10	0,95	1,00	0,94	0,94	0,99	1,10
Direccional Izquierda	0,96	1,03	0,98	1,01	0,79	0,96	0,95	1,03
Direccional Derecha	0,95	0,96	0,97	0,94	1,02	0,95	0,97	1,02
Limpiaparabrisas	0,89	1,05	0,94	0,99	0,99	0,94	0,97	1,05
Elevavidrios	1,03	0,99	0,97	1,03	0,94	0,94	0,99	1,03
Promedios Generales						0,94	0,97	1,03

Fuente: Autor

Para extraer los porcentajes de eficiencia del sistema de voz, se partió de valores referenciales constantes como el tiempo de activación de actuadores mediante los mandos propios del vehículo, dando un resultado equivalente a 0,5 segundos en el mejor tiempo, al igual que la referencia sonora en la voz del usuario para la activación de comandos, donde se determinó un valor ideal de 40 dB, valor tomado de una investigación realizada por la universidad de Barcelona, donde establece que a 40 dB se lleva a cabo una conversación tranquila. Al realizar la activación de funciones de voz dentro de los parámetros citados se asignó un porcentaje de eficiencia del 100 %.

Para sustento del porcentaje establecido en función a los valores referenciales, es importante señalar que los sistemas a controlar pueden aceptar un amplio rango en cuanto al tiempo de activación, debido a que no se compromete la seguridad vial del entorno o de los usuarios

del vehículo si su activación se realiza en 1 o varios segundos, lo que no sucede con otro tipo de sistemas de seguridad activa del vehículo, donde se necesita la respuesta instantánea en milésimas de segundo, entre este tipo de sistemas se puede mencionar el sistema de frenos ABS, los airbags, el control de estabilidad ESP, entre otros.

Para la obtención de datos que permitan evaluar el funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz se elaboró una fórmula matemática basada en los principios de la obra Manuscrito Bakhshali que trata sobre las relaciones de proporcionalidad matemática, publicada por el científico árabe Al-Biruni. El modelo realizado permite contrastar mediante una relación lineal de proporcionalidad las constantes referenciales con los valores obtenidos en las mediciones realizadas, y se cumple mediante la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{tIR \times ESI}{\frac{tO}{2} \times ESO} \times 100 [\%] \quad [3.1]$$

Donde,

η : Eficiencia del proceso de reconocimiento de voz

tIR : Tiempo ideal de referencia

ESI : Escala sonora ideal

tO : Tiempo obtenido mediante el cronómetro

ESO : Escala sonora obtenida con el sonómetro

Para cumplir el proceso de obtención de valores apegados a la realidad mediante las pruebas, se realizó la variación de dos factores que intervienen en el funcionamiento del sistema de voz, en primer lugar, se trabajó con el ruido del entorno y posteriormente con la distancia entre el usuario y el micrófono del dispositivo, realizando pruebas en las posibles condiciones que puedan presentarse durante la marcha del vehículo. Se instaló los elementos de prueba en un lugar amplio y aislado de frecuencias sonoras que interfieran con los resultados de la investigación.

Tabla 3.4 Eficiencia para reconocimiento de voz de Google

Función	Ef. R. Voz (Ruido) [%]						Ef. R voz (distancia) [%]					
	ES (5 cm)		ES (5 cm)		ES (5 cm)		dt min (40 dB)		dt med (40dB)		dt max (40dB)	
	[40 dB]		[60 dB]		[90 dB]		[5 cm]		[15 cm]		[30 cm]	
	EA	%	EA	%	EA	%	EA	%	EA	%	EA	%
Luces Altas	59	90	73	73	89	60	59	97	73	73	89	60
Luces Medias	58	87	75	67	100	51	58	87	76	67	93	54
Luces de parqueo	56	91	78	65	87	58	55	92	69	73	87	58
Direccional Izquierda	55	95	77	68	90	58	56	94	71	74	91	58
Direccional Derecha	59	88	76	68	96	54	55	94	72	72	89	58
Limpiaparabrisas	56	92	70	73	97	53	56	92	67	77	92	56
Elevavidrios	54	93	69	73	85	59	54	93	64	79	90	56
	91 %		70 %		56 %		92 %		73 %		57 %	

Fuente: Autor

3.2.3.4. Discusión referente al sistema de reconocimiento de voz de Google

Mediante el ciclo de pruebas realizadas en el sistema de reconocimiento de voz de Google, se obtuvo la eficiencia del sistema en función a los parámetros incidentes en el proceso. Para su desarrollo se estableció una relación lineal de proporcionalidad entre las variables ideales de funcionamiento y los valores obtenidos mediante la alteración de las condiciones de trabajo presentes durante el proceso de reconocimiento de voz.

En la **Tabla 3.3**, se puede observar los tiempos de respuesta para el sistema de reconocimiento de voz de Google, obtenidos en las distintas pruebas, donde se genera un valor promedio de 0.97 s que el sistema se tarda en realizar la activación de un actuador a partir del pronunciamiento de un comando de voz, donde resulta ser un valor aceptable para los sistemas auxiliares del vehículo inherentes en el proyecto de investigación, debido a que no requieren una activación instantánea.

Existen otros factores que no intervienen constantemente en el sistema de voz, pero suelen presentarse y cambiar significativamente los resultados de funcionamiento del sistema, por ejemplo, está la velocidad en los datos móviles del smartphone que podría demorar significativamente el tiempo de reconocimiento o en algunos casos no cumplir el proceso, otro factor podría ser el tiempo que tarda el usuario en pronunciar el comando de voz, la cantidad de sílabas en el comando de voz o en otras circunstancias el insuficiente volumen en el tono de voz.

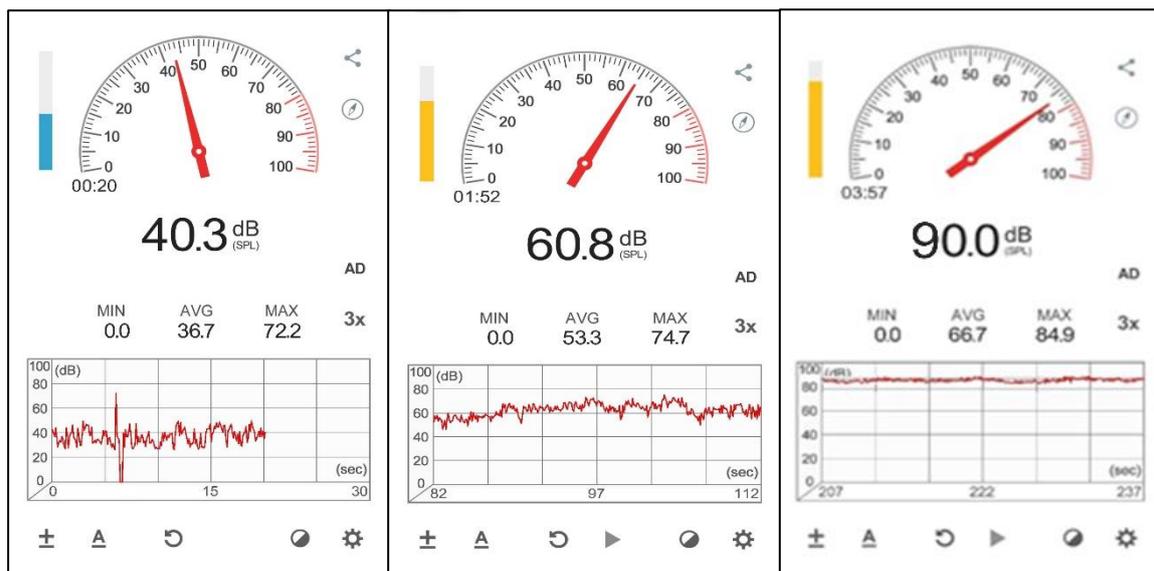


Figura 3.14 Sonómetro marcando los parámetros de prueba

Fuente: Autor

Posterior a la fase de pruebas para los tiempos de respuesta, se realizó las pruebas sometiendo el sistema de reconocimiento de voz a una serie de escalas sonoras, donde los resultados obtenidos se puede observar en la **Tabla 3.3**, las escalas sonoras de prueba fueron tomadas de un artículo de investigación publicado por la universidad de Barcelona. Se generó un ambiente a 40 dB correspondiente a una conversación normal, continuando con 60 dB escala de tráfico moderado y finalmente a 90 dB equivalente ambiente industrial con ruido de maquinaria. En los tres casos se realizó las pruebas con la distancia ideal de 5 cm entre el usuario y el micrófono.

Sometiendo el sistema a una escala sonora ambiental de 40 dB se obtuvo un resultado promedio de eficiencia del 91 % del sistema, es decir, mediante los parámetros analizados

se cumplen las condiciones ideales para la operación del sistema de reconocimiento de voz de Google.

Para los 60 dB, el resultado promedio de eficiencia fue del 70%, lo que es comprensible debido a la mayor presencia de ruido e interferencia sonora que hacen necesario subir el nivel de voz del usuario para activar los comandos generando una pérdida del 30 % de eficiencia del sistema.

Generando las condiciones del entorno a 90 dB, comprendida como una alta escala de interferencia de ruido, se presentó un resultado promedio del 56 % de eficiencia del sistema de voz de Google, lo que permite determinar que en estas condiciones el usuario debe incrementar considerablemente el tono de voz hacia el micrófono para la activación de comandos, estas condiciones se pueden presentar si el vehículo circula en una carretera de alto tráfico con las ventanas abiertas y con el estéreo encendido en alto volumen.

La tercera fase de pruebas se realizaron en función a la variación de distancia del usuario con el micrófono del dispositivo, generando las condiciones ideales con un ambiente a 40 dB en todas las pruebas. Este parámetro se evalúa con el propósito de conocer las condiciones adecuadas para la instalación del dispositivo en el vehículo.

Instalando el micrófono de prueba a 5 cm del usuario, generando las condiciones ambientales a 40 dB se mejoró el porcentaje a 92 % de eficiencia superior con dos puntos en relación con la segunda fase, lo que significa que se presentaron las condiciones apropiadas en la escala sonora ambiental.

Modificando la distancia a 15 cm, y manteniendo los 40 dB, se disminuye la eficiencia a un porcentaje promedio de 73 %, este resultado se origina en debido al esfuerzo adicional que realiza el usuario subiendo su tono de voz para activar los comandos, escala que se sube proporcionalmente al incremento en la distancia con el micrófono.

Finalmente se cumplió con la última prueba disponiendo el micrófono a una longitud de 30 cm con relación al usuario, donde se presentó una disminución significativa, obteniendo un resultado promedio del 57 %, debido a las condiciones inadecuadas que se presentan para

que el usuario active los comandos de voz, donde la frecuencia de voz se disminuye considerablemente o se pierde con relación al incremento de la distancia.

Partiendo de un criterio general sobre el funcionamiento de la aplicación móvil en función a las diferentes pruebas realizadas tanto para el sistema de control táctil como en el sistema de reconocimiento de voz de Google, se puede estimar como una función confiable y óptima para el control de funciones del vehículo con un porcentaje de eficiencia que oscila entre el 57 a 92 %, siempre y cuando el usuario pueda generar las condiciones de funcionamiento ideales, que incluyen conducir con las ventanas cerradas, el estéreo desactivado y dado el caso de llevar más ocupantes en el automóvil procurar generar una conversación tranquila.

Es importante insistir que el sistema de control táctil fue diseñado con el propósito de utilizarlo para diagnosticar las funciones de la aplicación y únicamente podría ser empleado durante la conducción mediante la asistencia de un copiloto, mientras que el sistema de reconocimiento de voz es aplicable en todas las condiciones.

3.3. SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ MEDIANTE EL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3

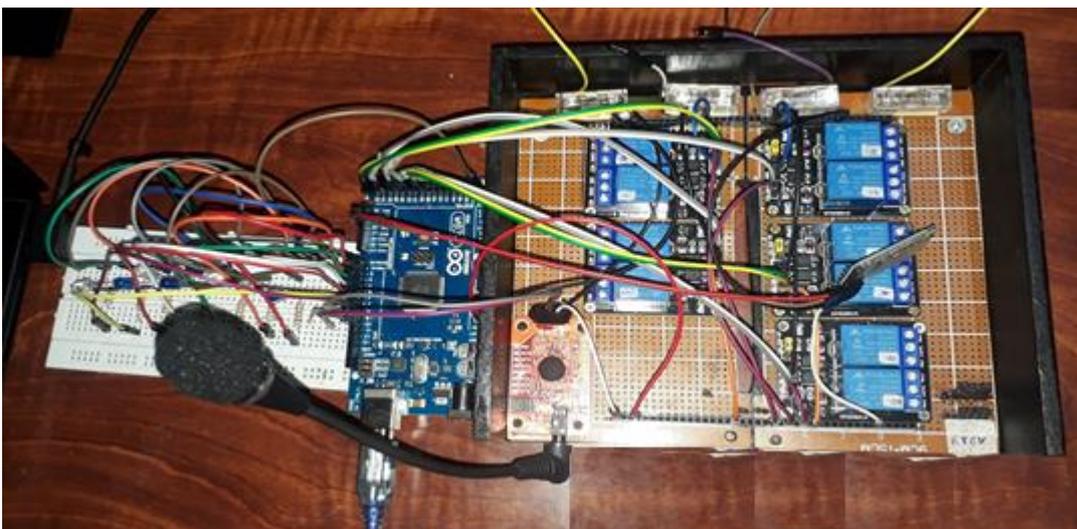


Figura 3.15 Sistema de reconocimiento de voz Elechouse V3

Fuente: Autor

Fue desarrollada una alternativa distinta a la aplicación móvil para el control de funciones del vehículo, la que consiste en trabajar mediante el microcontrolador de reconocimiento de voz Elechouse V3, donde el usuario podrá controlar las diferentes funciones del vehículo presionando un segundo pulsador en el volante del conductor y pronunciando los comandos de voz al micrófono del microcontrolador.

Al momento de poner en contacto el switch implementado para encender el dispositivo electrónico de voz, el módulo Elechouse V3 se activa automáticamente, entrando en el modo espera, donde el usuario podrá enviar órdenes mediante comandos de voz para que la placa Arduino ejecute la tarea correspondiente. El dispositivo podrá ejecutar las mismas tareas la cantidad de veces que el usuario requiera, únicamente se desactivará cuando se retorne el switch a la posición de apagado.

3.3.1. Características

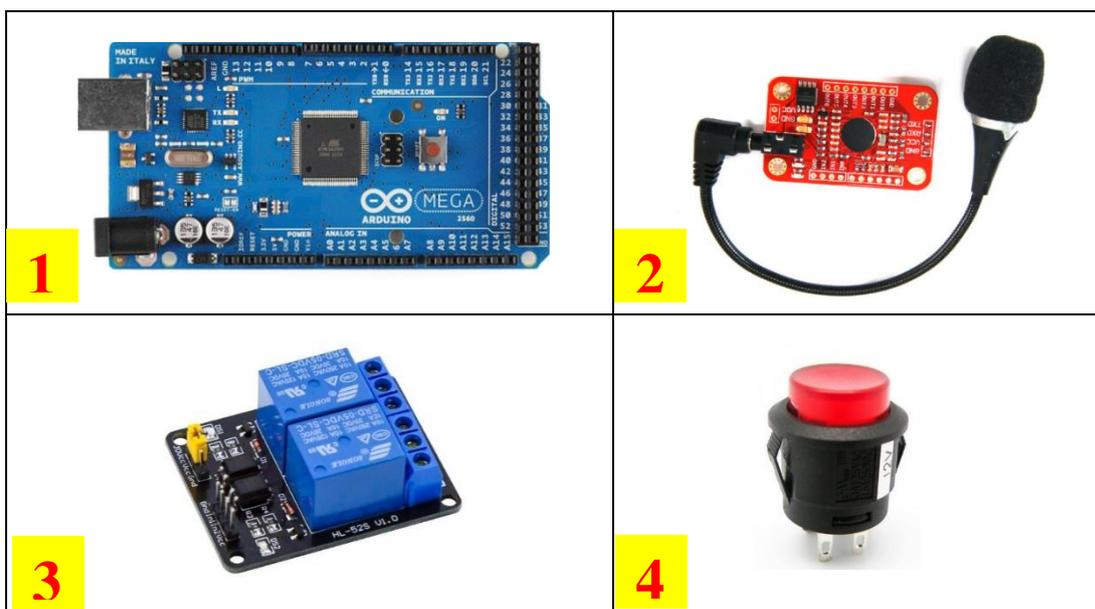


Figura 3.16 Elementos del sistema de reconocimiento de voz Elechouse V3

Fuente: Autor

Este tipo de sistema de reconocimiento de voz no necesita de una gran cantidad de elementos, siendo un circuito sencillo y eficiente. Como principal elemento tiene el microcontrolador de reconocimiento de voz Elechouse V3 (2), cuya función principal es recibir la frecuencia sonora analógica transmitida por el usuario mediante el micrófono, transformar a formato

digital la señal y reenviarla a la tarjeta Arduino (1) donde es procesada y en función al requerimiento del usuario permite el paso de corriente a los actuadores (4).

3.3.2. Funcionamiento

El circuito del sistema no consume una cantidad de energía significativa trabaja a 40 mA de corriente con una de tensión de 5 a 7 V, el módulo tiene la capacidad de almacenar 80 comandos de con una duración máxima de 1000 ms por cada uno, sin embargo, en su capacidad de procesamiento trabaja con grupos de 7 comandos de forma simultánea, es decir tiene una gran cantidad de comandos guardados permanentemente, pero solo se puede utilizar 7 en la ejecución de un programa, si se presenta la necesidad de utilizar diferentes se deberá programar otro grupo de 7 comandos, entonces el primer grupo quedará inactivo. Después de realizar el proceso de entrenamiento de comandos de voz y una vez cargado el programa de control de actuadores en la placa Arduino, el único requisito para utilizar la función es verificar que el módulo de voz inicie el modo espera mediante la observación del led indicador, posteriormente se deberá presionar el pulsador en el volante del conductor y pronunciar los comandos de voz a una distancia de 5 cm con relación al micrófono y activar las distintas funciones.

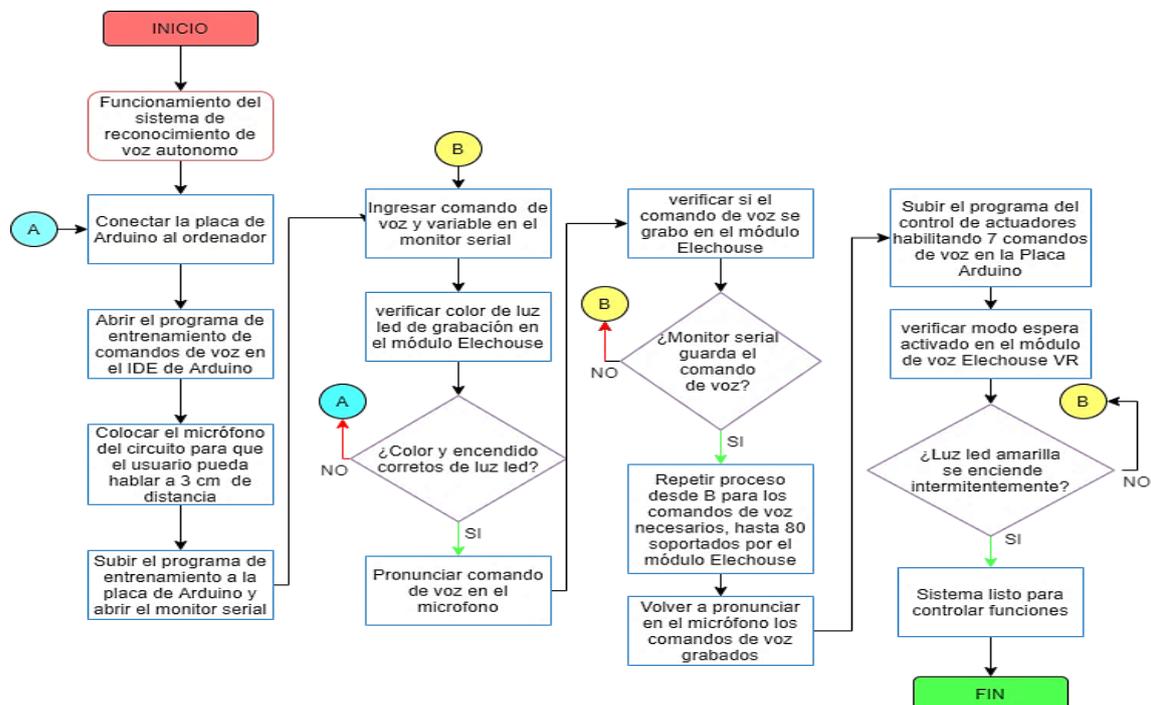


Figura 3.17 Flujograma de funcionamiento del sistema de voz Elechouse V3

Fuente: Autor

3.3.3. Pruebas en banco para el sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3

Con el propósito de controlar las condiciones adecuadas para el funcionamiento del sistema de voz durante la marcha del vehículo, se realizaron las diferentes pruebas evaluando los parámetros que influyen en funcionamiento del circuito. Se inició con la toma de tiempos de respuesta en la activación de actuadores, posteriormente se sometió el sistema a un ciclo de pruebas a distintos niveles de la frecuencia sonora en el entorno, y finalmente se evaluó el sistema en función a la variación de la distancia del usuario respecto al micrófono.

Los equipos que se emplearon para realizar las diferentes pruebas fueron un cronómetro para tomar los tiempos de respuesta y un sonómetro para adecuar el ambiente de prueba a la frecuencia de sonido deseada. Se tomó un total de 5 tiempos por cada actuador para realizar un promedio individual y posteriormente promediar todos los resultados individuales para obtener un resultado general que permita determinar un tiempo preciso en cuando al funcionamiento del sistema; se generó un ambiente reproduciendo sonidos del tráfico habitual de ciudad a diferentes escalas sonoras para obtener los resultados en cuanto a la eficiencia del dispositivo.

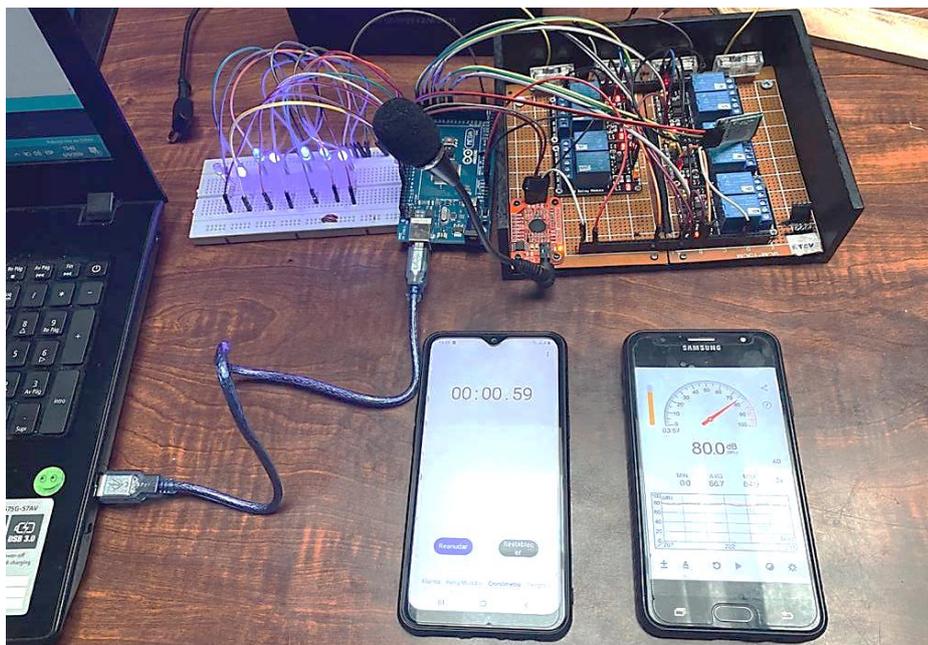


Figura 3.18 Pruebas en el sistema de reconocimiento de voz Elechouse V3

Fuente: Autor

Tabla 3.5 Tiempos de respuesta para el sistema Elechouse V3

Función	Test realizados					Tiempos relevantes		
	[segundos]					[segundos]		
	T1	T2	T3	T4	T5	T min	T prom	T max
Luces Altas	0,54	0,53	0,55	0,61	0,57	0,53	0,56	0,61
Luces Medias	0,58	0,59	0,61	0,57	0,59	0,57	0,59	0,61
Luces de Parqueo	0,62	0,51	0,55	0,60	0,56	0,51	0,57	0,62
Direccional Izquierda	0,56	0,61	0,63	,61	0,54	0,54	0,59	0,63
Direccional Derecha	0,61	0,57	0,57	0,59	0,55	0,55	0,58	0,61
Limpiaparabrisas	0,59	0,60	0,56	0,59	0,62	0,56	0,59	0,62
Promedios Generales						0,54	0,58	0,62

Fuente: Autor

Un factor que influye de forma importante en este tipo de sistemas de reconocimiento de voz es el tiempo en que tarda el usuario en pronunciar un comando en el micrófono, el microcontrolador Elechouse V3 tiene la capacidad de reconocer un comando con una duración máxima de 1000 ms que viene a ser equivalente a una palabra de 2 sílabas pronunciadas a velocidad normal, para evaluar el presente sistema de voz se utilizó comandos de una sílaba con una duración de máxima de 500 ms.

El ruido es otro factor importante que se debe considerar en los sistemas de voz, debido a que, cuando se presentan vibraciones y ruidos genera una cantidad indefinida de señales parasitas que se mezclan con la señal que desea transmitir el usuario mediante el comando de voz, generando en algunos casos la pérdida de información, es decir, el sistema de reconocimiento de voz no puede receptor ni verificar la señal de voz. Este tipo de problemas surgen dependiendo las condiciones sonoras que rodean al usuario. Para determinar en qué situaciones se presentan mayores dificultades, se realizó a una serie de pruebas a distintos niveles de ruido tomados de la escala sonora publicada por la Universidad de Barcelona.

Para realizar el cálculo de la eficiencia para el sistema, fue necesario modificar la ecuación matemática [3.1], aplicada para el sistema de reconocimiento de voz de Google, esto se realizó debido a que, para activar este sistema se suprime la necesidad de utilizar la aplicación móvil, iniciando de forma automática el modo espera en el microcontrolador de voz al momento de alimentar de corriente el circuito. A continuación, se describe la ecuación resultante.

$$\eta = \frac{tIR \times ESI}{tO \times ESO} \times 100 [\%] \quad [3.2]$$

Donde,

η : Eficiencia del proceso de reconocimiento de voz

tIR : Tiempo ideal de referencia

ESI : Escala sonora ideal

tO : Tiempo obtenido mediante el cronómetro

ESO : Escala sonora obtenida con el sonómetro

Tabla 3.6 Porcentajes de eficiencia para el sistema Elechouse V3

Función	Ef. R. Voz (Ruido) [%]						Ef. R voz (distancia) [%]					
	ES (3cm)		ES (3cm)		ES (3cm)		dt min (50 dB)		dt med (50dB)		dt max (50dB)	
	[40 dB]		[60 dB]		[90 dB]		[5 cm]		[15 cm]		[30 cm]	
	EA	%	EA	%	EA	%	EA	%	EA	%	EA	%
Luces Altas	45	89	67	67	85	53	47	95	69	65	98	46
Luces Medias	43	93	65	65	84	51	46	92	70	61	97	44
Luces de parqueo	46	90	62	71	91	48	47	94	66	67	96	46
Direccional Izquierda	48	88	68	62	82	52	48	88	68	62	95	45
Direccional Derecha	46	92	63	69	83	52	46	94	64	68	95	46
Limpiaparabrisas	44	91	68	62	85	50	46	92	70	60	96	44
	91 %		66 %		51 %		93 %		64 %		45 %	

Fuente: Autor

3.3.4. Discusión referente al sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3

Mediante las pruebas se determinó las condiciones ideales de funcionamiento para el sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3, obteniendo una distancia de 5 cm en la relación usuario micrófono, un entorno con 40 dB de ruido, generando el sistema mediante estas condiciones un porcentaje de eficiencia promedio del 93 %, siendo un resultado favorable para el desempeño de este tipo de sistema durante la activación de funciones del vehículo, al utilizar como único recurso la voz del usuario. Se conoció además las características ideales para grabar los comandos de voz, donde se debe procurar la implementación de comandos con una duración máxima de 1000 ms, debido a que permiten un proceso de reconocimiento rápido y con menor esfuerzo en el tono de voz del usuario.

Por otro lado, al modificar el entorno de pruebas, subiendo las interferencias de ruido a 60 dB, se generó la disminución en la eficiencia del dispositivo, obteniendo un resultado promedio del 66 %, esto debido a la presencia de las señales sonoras que intervienen distorsionando los comandos de voz y reduciendo la capacidad de reconocimiento en el microcontrolador. Procediendo a incrementar el ruido a 90 dB, la eficiencia disminuye a un 51 % de la capacidad, debido a la necesidad de repetir varias veces el comando hasta que pueda ser captado por el sistema.

Con relación al factor distancia entre el usuario y micrófono del dispositivo, la distancia tiene una relación de proporcionalidad directa en cuanto a la eficiencia del sistema de reconocimiento de voz, es decir, partiendo de una distancia 5 cm de distancia donde se obtiene el valor que se aproxima 100%, sin embargo este valor decrece en función al incremento de la distancia, donde se obtienen valores de 64 y 45 % realizando las pruebas con distancias de 15 y 30 cm respectivamente, este fenómeno se produce debido a que, al existir una mayor longitud en la trayectoria de avance para frecuencia del comando de voz, esta disminuye su nivel sonoro a medida que avanza, causando que las ondas de sonido se distribuyan en todas las direcciones, donde muy pocas o ninguna llegan hasta el micrófono.

3.4. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ Y APLICACIÓN MÓVIL.

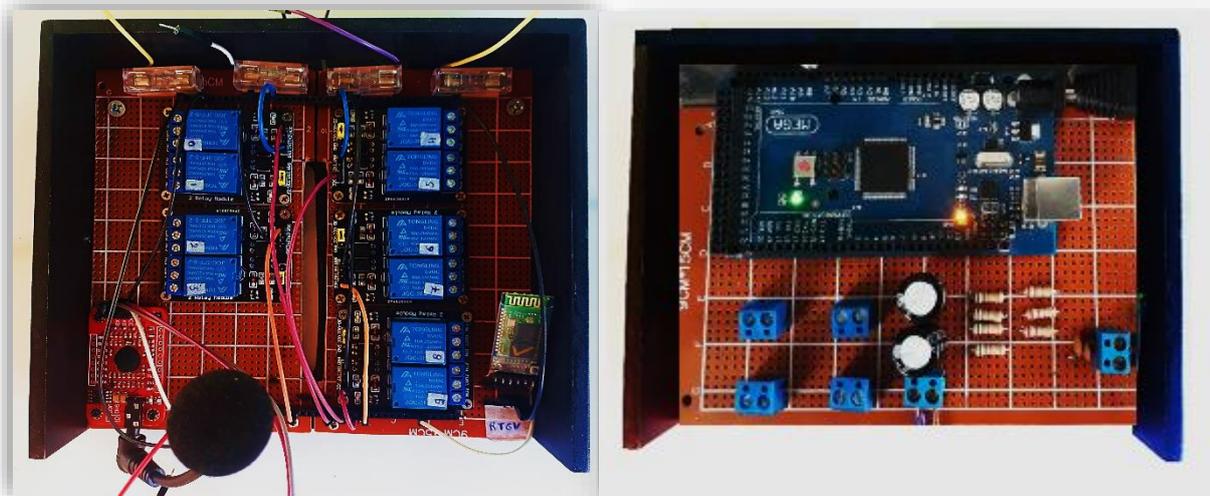


Figura 3.19 Módulo de reconocimiento de voz y aplicación móvil
Fuente: Autor

Se realizó el proceso de construcción del módulo electrónico para el control de funciones en el vehículo, siguiendo los principios establecidos durante su diseño, siendo la etapa donde se analizó sus dimensiones, tamaños y distribución de elementos, los mismos en función al espacio destinado para el circuito en el habitáculo del automóvil.

El módulo está integrado por dos estructuras, la primera contiene al grupo de relés, los microcontroladores Elechouse V3 para el sistema autónomo de voz y HC-05 para la conectividad Bluetooth de la aplicación móvil, además se sitúan también los fusibles para seguridad del módulo. Los elementos fueron montados sobre una placa de baquelita, en la cual se soldó previamente las líneas del circuito, al igual que una serie de pines de tipos macho y hembra para montar los componentes de forma provisional y desmontarlos cuando sea necesario como puede ser al producirse un fallo o daño en alguno de los circuitos, entonces se podrá desmontar fácilmente el componente defectuoso sin la necesidad de romper o fraccionar el circuito.

Los fusibles van situados en las líneas de alimentación tanto para la tarjeta Arduino, como para el microcontrolador Elechouse V3 y el transmisor Bluetooth HC-05, se realiza con el propósito de garantizar que llegue siempre el valor de corriente adecuado en los dispositivos, evitando que sean propensos a sufrir daños al originarse algún tipo de sobrecarga en el

circuito de módulo. La segunda estructura alberga la tarjeta Arduino y debido a la falta de espacio en el vehículo utilizado para la implementación del dispositivo, las dos estructuras van montadas una sobre la otra.

En las conexiones de los microcontroladores con la placa Arduino, y a su vez con los actuadores del vehículo, se dispuso un sistema de cables identificados mediante símbolos y colores.

- **Implementación del micrófono TCM 110**

Se realizó la adaptación del micrófono de TCM 110, debido a la necesidad de contar con un elemento que pueda conectarse desde el módulo de control y en la longitud adecuada para llegar hasta una posición cercana respecto al conductor del vehículo, para lo cual se ha considerado el dispositivo mostrado a continuación en la **Figura 3.18**.



Figura 3.20 Micrófono profesional TCM 110

Fuente: Autor

A continuación, se describen las principales propiedades que incorpora el micrófono adaptado al sistema módulo Elechouse V3.

Tabla 3.7 Propiedades del micrófono TCM 110

Longitud del cable	5 m
Peso	65g
Tensión mínima de funcionamiento	1,5 V
Respuesta de frecuencia mínima	30 Hz
Conector	Mono 3,5 mm
Impedancia	1 k Ω
sensibilidad	-65 dB \pm - 3 dB
Patrón de direccionalidad/polar	Omnidireccional

Fuente: (LTD, 2020)

3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL EN EL VEHÍCULO SUZUKI ESTEEM 2002



Figura 3.21 Módulo electrónico de control instalado en el vehículo

Fuente: Autor

El módulo electrónico de control de funciones mediante comandos de voz fue instalado en la consola central del vehículo, para la facilidad de manipulación por parte del conductor. Se implementó un interruptor para encendido del módulo, esta línea de encendido toma energía desde el switch de encendido del motor por factores de seguridad pasa por un fusible de 1.5 Amperios incorporado al igual que un relay automotriz, los cuales garantizan que llegue únicamente la corriente necesaria al sistema. El módulo está sujetado por una serie de tornillos lo que permiten un proceso de desmontado fácil al momento de ser necesario.

En la tapa del módulo se ha incorporado además del interruptor de encendido, las entradas para el micrófono que se debe conectar al microcontrolador Elechouse V3, así como la entrada para la conexión USB necesaria para conectar el ordenador con la placa Arduino en caso de existir la necesidad de modificar el programa principal de control.

Para visualizar el módulo de control y a sus diferentes elementos, la cubierta principal fue diseñada con material acrílico transparente lo que permite observar las luces que indican el

estado de funcionamiento de los diferentes microcontroladores. Es de vital importancia siempre verificar la conexión bluetooth con el dispositivo móvil mediante el led encontrado en el módulo HC-05, al igual que los leds de la placa Arduino y el microcontrolador Elechouse V3.

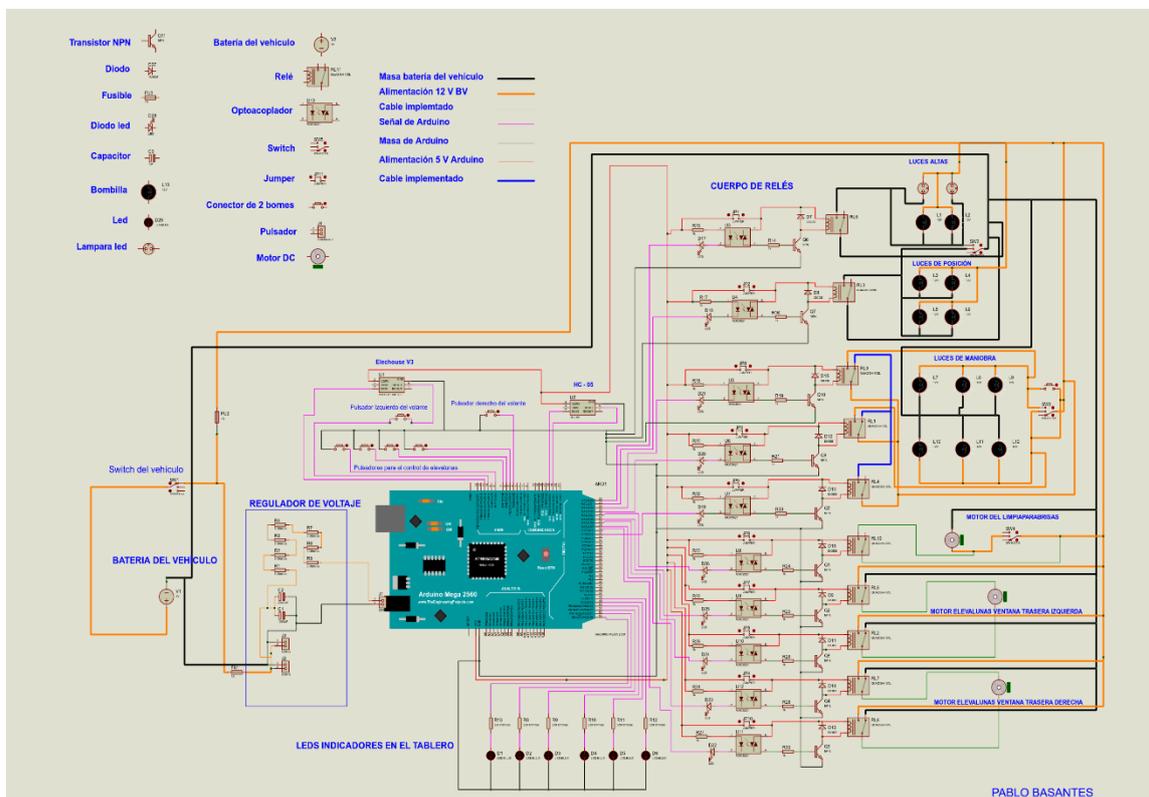


Figura 3.22 Esquema del módulo electrónico en el vehículo
Fuente: Autor, desarrollado en el Proteus 8 Professional

La conexión del módulo electrónico del control mediante comandos de voz y aplicación móvil con los diferentes sistemas del vehículo se realizó mediante la implementación de una red de cableado desde el módulo hasta las líneas de alimentación de corriente, para lo cual fue necesario diseñar un esquema (**Figura 3.22**) que permita desarrollar el proceso de forma sistemática y ordenada, además de contar con una guía al momento de estudiar el sistema para realizar algún tipo de modificación o reparar algún tipo de daño que se pueda presentar. El esquema contiene una numerosa lista de componentes y una importante cantidad de líneas de cableado, por lo que fue necesario establecer la nomenclatura y simbología correspondiente. Debido a la dimensión de este gráfico se adjunta el mismo a los anexos del presente proyecto en un tamaño de hoja visible.

Previo a implementar las redes de cableado se realizó un mantenimiento general de los sistemas eléctricos y electromecánicos del vehículo, limpiando y engrasando las partes móviles, soldando las uniones y cables rotos y realizando la toma de medidas de las diferentes magnitudes para la verificación del funcionamiento correcto en todos los sistemas.



Figura 3.23 Mantenimiento de los sistemas auxiliares del vehículo
Fuente: Autor

La intervención en el sistema eléctrico del vehículo se realizó la adaptación de una red de cables mediante un proceso de soldadura con estaño para garantizar la unión firme y segura, donde se adaptaron cables de colores diferentes a los que incorporan originalmente los sistemas del vehículo para una fácil identificación en la conexión del cuerpo de relés.

Se implementó soques en cada línea para una fácil conexión o desconexión del módulo y la red de cables implementada para el sistema de voz. Aspecto que además contribuye para realizar un proceso eficiente y rápido al momento de diagnosticar y reparar algún tipo de falla que se pueda presentar.

3.5.1 Conexión en el sistema elevallunas



Figura 3.24 Motor de elevallunas puerta trasera derecha

Fuente: Autor

Para el control del sistema elevallunas fue necesario la intervención del cableado de los motores DC ubicados en las puertas del vehículo, los motores están conectados por dos cables, rojo y verde, los cuales mediante el interruptor del sistema elevallunas en cada puerta son alternados en contacto con el cable azul de 12 V y el cable negro de masa, según la necesidad.

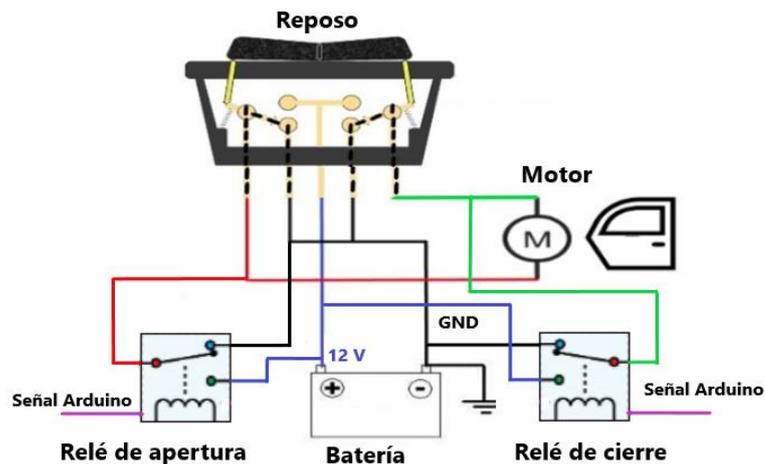


Figura 3.25 Esquema de control del sistema elevallunas

Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

Cuando el interruptor está en reposo los cables de alimentación del motor se encuentran en contacto a masa, por lo cual, el motor no tiene movimiento, mientras que si se presiona el interruptor en alguno de sus extremos, el cable correspondiente al mismo extremo entra en

contacto con el cable de 12V conectado a la batería, quedando cable opuesto unido a masa, lo que produce el giro del motor en determinado sentido, mientras que soltando el interruptor y presionando el otro extremo las funciones se alternan y el cable que estaba en masa pasa a ser alimentado de 12 V y a su vez el opuesto cambia a masa, lo que produce el cambio en el sentido de giro del motor. En función a la dirección de rotación del motor eléctrico el vidrio de la ventana puede subir o bajar.

Se soldaron extensiones de cables en los pines del interruptor del sistema elevavidrios con una longitud que permita llegar hasta el módulo electrónico de Arduino, para lo cual se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 3.8 Nomenclatura en el cableado del sistema elevavidrios

SÍMBOLO	COLOR CABLE	DESCRIPCIÓN
R	Rojo	12 V / MASA
G	Verde	12 V / MASA
Bl	Azul	12 V
B	Negro	MASA

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002)

3.5.2 Conexión en el sistema de iluminación



Figura 3.26 Cableado y mando de luces en el volante del vehículo

Fuente: Autor

Para el del sistema de iluminación correspondiente a las luces de corto alcance y luces altas, se realizó la intervención del cableado que conecta los mandos de luces del volante del conductor, donde la zona para unir la red fue determinada bajo la columna de la dirección como se puede apreciar en la **Figura 3.26**. Para controlar el sistema de iluminación del vehículo se intervino las líneas a masa por la facilidad del procedimiento.

Se puede observar en la **Figura 3.23**, la implementación de 2 relés, uno para el control de luces bajas y otro para el control de luces altas, los cuales fueron conectados a la placa Arduino en los puertos digitales. En los dos casos cuando el conductor mediante su voz activa el comando correspondiente, la placa activa el relé indicado, el cual une los contactos de masa cerrando el circuito y a la vez provocando que se enciendan el tipo de luces deseado.

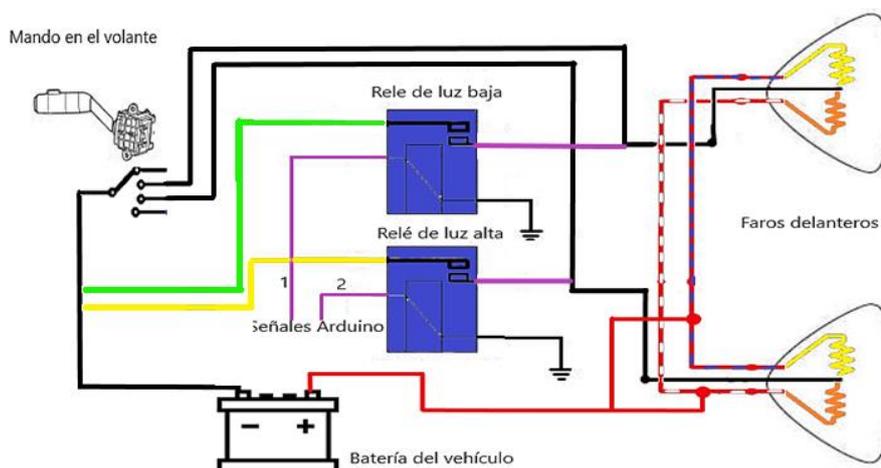


Figura 3.27 Esquema de control del sistema de iluminación
Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

Para realizar la identificación de cables y la implementación de la red para el control del sistema de iluminación, se utilizó como guía la siguiente tabla.

Tabla 3.9 Nomenclatura en el cableado del sistema de iluminación

SÍMBOLO	COLOR CABLE	DESCRIPCIÓN
B1/B	Azul/Negro	Masa
W/G	Blanco/Verde	Masa
R/B	Rojo/Azul	12 V (Luz halógena)
R/W	Rojo/Blanco	12 V (Luz baja)

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002)

3.5.3 Conexión en el sistema de luces de giro y advertencia



Figura 3.28 Cableado y botón de luces de parqueo

Fuente: Autor

Para el control de las luces, de parqueo y luces direccionales, se realizó la conexión desde el botón de activación de parqueo situado en la parte superior de la consola central del vehículo, como se observa en la **Figura 3.24**. Fue seleccionada dicha línea debido a la cercanía con la ubicación del módulo electrónico de control, lo que permitió realizar un proceso sencillo y con menor cantidad de materiales.

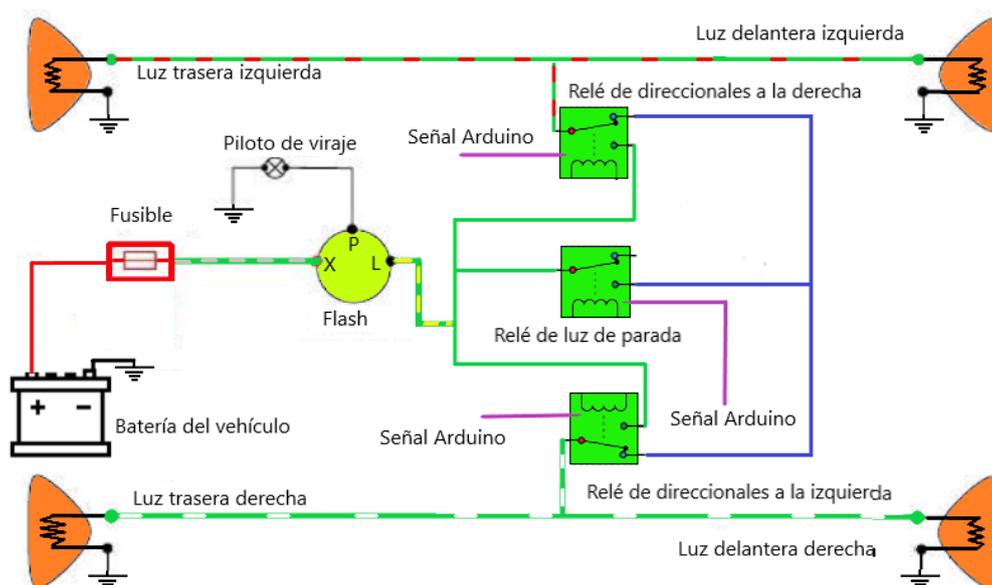


Figura 3.29 Esquema de control del sistema de luces direccionales y emergencia

Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

Es posible observar en la **Figura 3.25**, la incorporación de 3 relés para el control de funciones de señalización de maniobras del vehículo mediante el sistema de luces intermitentes. En este caso se realizó la identificación del cable de la señal de salida de corriente del flasher que es elemento encargado de transformar el flujo continuo de energía en pulsos de corriente en intervalos de tiempo constantes lo que produce el efecto de iluminación intermitente. Se dispuso un relé para controlar el paso a la línea de luces de la izquierda, otro para las luces de la derecha y el último mediante un arreglo de cables para alimentar las dos líneas al mismo tiempo y así generar la luz de emergencia o parqueo.

Para cumplir con el objetivo de comandar el sistema de luces intermitentes se utilizó la siguiente tabla como guía para identificar las líneas de cable que se debieron intervenir.

Tabla 3.10 Nomenclatura en el cableado del sistema de luces de maniobras

SÍMBOLO	COLOR CABLE	DESCRIPCIÓN
G/W	Verde/Blanco	12 V Línea derecha
G/R	Verde/Rojo	12 V Línea izquierda
G/Gr	Verde/Gris	12 V Alimentación flash
G/Y	Verde/Amarillo	12 V Salida flash
B/W	Negro/Blanco	Masa

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002)

3.5.4 Conexión en el sistema limpiaparabrisas

Para realizar la conexión del dispositivo de control de voz con en el sistema limpiaparabrisas fue necesario la intervención de las líneas de corriente que conectan el motor eléctrico DC con el mando dispuesto en el volante del conductor. En el caso del presente proyecto únicamente se implementó el control para la línea de velocidad lenta. Esto debido a la capacidad del microcontrolador de voz Elechouse V3 que únicamente permite la interacción de 7 comandos de voz durante la ejecución de un programa en Arduino. A continuación, en la **Figura 3.30** se puede observar la constitución del motor DC, el cual incorpora de 4 cables para realizar las distintas funciones que dispone el sistema limpiaparabrisas. De igual manera

se puede notar las 4 posiciones que incorpora el mando de control situado junto al volante del conductor.



Figura 3.30 Cableado y mando del sistema limpiaparabrisas

Fuente: Autor

Mediante la **Figura 3.31**, se observa el esquema que representa la implementación dispuesta para comandar la velocidad lenta del sistema limpiaparabrisas, incorporando un relé conectado desde la Placa Arduino. Mediante la activación del relé se unen los contactos que permiten el paso de 12V a la línea de velocidad lenta y así se permite el funcionamiento del sistema limpiaparabrisas. Es importante señalar que el motor DC no cuenta con un cable que conecta a masa debido a la disposición de su carcasa, que se sujeta a la carrocería del vehículo.

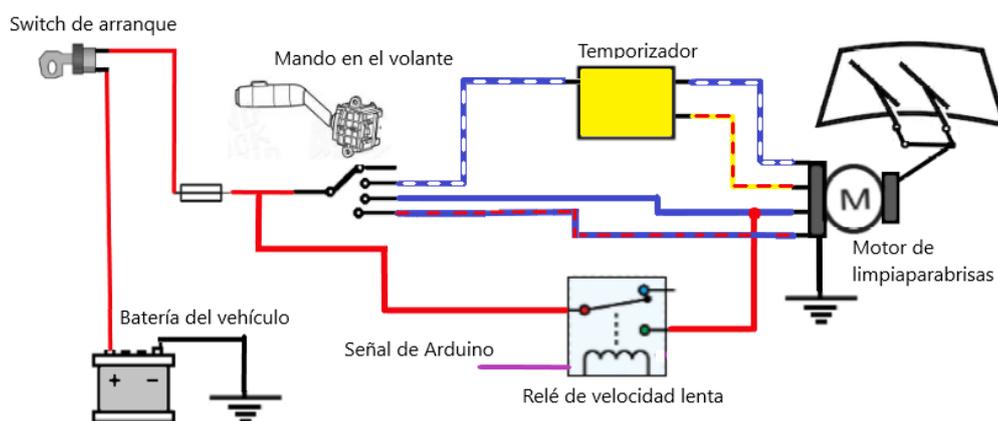


Figura 3.31 Esquema de control del sistema limpiaparabrisas

Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

Para efectuar la conexión del sistema limpiaparabrisas se utilizó la **Tabla 3.11**, que permitió identificar las principales características del cableado correspondiente.

Tabla 3.11 Nomenclatura en el cableado del sistema limpiaparabrisas

SÍMBOLO	COLOR CABLE	DESCRIPCIÓN
Bl	Azul	12 V Velocidad lenta
Y/R	Amarillo/Rojo	± 12 V Conmutador
B/R	Azul/Rojo	12 V velocidad rápida
B/W	Azul/Blanco	Temporizador

Fuente: (Manual Suzuki SY413/SY416, 2002)

3.5.5 Pulsadores instalados en el volante del conductor



Figura 3.32 Esquema de control del sistema limpiaparabrisas

Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

Debido a la necesidad de implementar algunos parámetros de seguridad para el funcionamiento del dispositivo de voz, se instaló en el volante del conductor dos pulsadores, los cuales permiten el funcionamiento del dispositivo únicamente cuando el conductor lo considere necesario. Los pulsadores fueron situados en una localización que se permita manipularlos sin la necesidad de separar las manos del volante.

- Pulsador 1

Su propósito es garantizar que únicamente el conductor pueda activar y posteriormente utilizar el sistema de reconocimiento de voz, ya sea mediante la aplicación móvil o a través del microcontrolador Elechouse V3. Este pulsador está conectado a un pin digital de la placa Arduino y se programó para ejecutar dos tareas al momento de ser manipulado. La primera función consiste permitir la compilación automática del programa en la placa Arduino cada vez que se encienda el sistema de control de voz mediante el interruptor principal. Es decir,

para el conductor activé el sistema de reconocimiento de voz en el vehículo, primero debe presionar el pulsador (1), dos segundos antes de activar el interruptor principal del dispositivo y mantenerlo en esa posición 10 segundos después de haber encendido este. La otra función del pulsador 1, consiste en permitir la activación de cada comando de voz pronunciado, únicamente aplica para el microcontrolador Elechouse V3, se implementó esta función con el objetivo de precautelar la seguridad en el vehículo y evitar que algún sonido ambiental active involuntariamente alguna función del automóvil. Esto significa que el conductor en cada ejecución de un comando de voz deberá presionar el pulsador, pronunciar el comando en el micrófono y soltar 3 segundos después, es ahí cuando la función será activada.

- El pulsador 2

Fue implementado con el propósito de llamar la función de reconocimiento en la aplicación móvil para ejecutar un comando de voz. Es decir, de la misma manera fue implementado con el propósito de precautelar la seguridad del vehículo manteniendo en reposo el dispositivo móvil y únicamente activar el reconocimiento de voz cada vez que este pulsador sea presionado. Para utilizar el pulsador (2) previamente se debe abrir la aplicación en el móvil, conectar la aplicación vía Bluetooth con la placa Arduino y abrir la función de control de voz por Google. Entonces ahí cada vez que sea presionado el pulsador 2, la aplicación solicitará un comando de voz, que al ser pronunciado activará determinada función en el vehículo. A diferencia del anterior pulsador, este segundo únicamente deberá ser presionado durante un segundo y soltado inmediatamente para que cumpla su propósito.

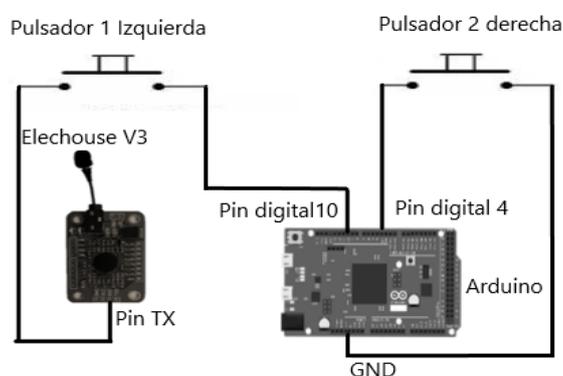


Figura 3.33 Esquema de conexión pulsadores del volante

Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

3.5.6 Leds indicadores en la consola central del vehículo



Figura 3.34 Conjunto de leds en el panel central
Fuente: Autor

El sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3, es un sistema autónomo que no necesita la conectividad Bluetooth ni asistencia de la aplicación móvil, por lo que, la forma en la que el conductor pueda conocer el estado de activación de los sistemas del vehículo es mediante la advertencia de leds instalados en la consola principal del habitáculo. El panel está constituido por 6 leds, uno por cada función, los cuales son controlados desde la placa Arduino encendiéndose y apagándose en función al sistema que el conductor decida activar o desactivar.

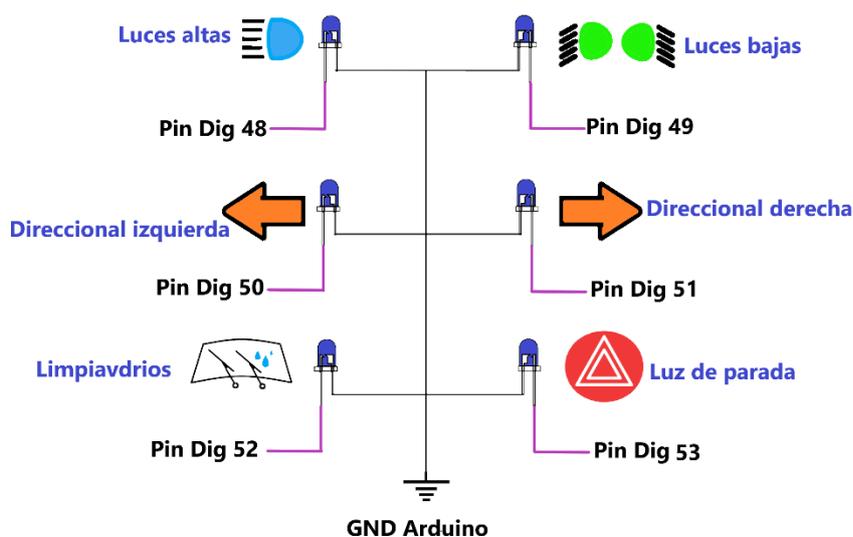


Figura 3.35 Esquema de conexión del panel de leds
Fuente: Autor, elaborado en Paint 3D 2019

3.5. ANÁLISIS DE COSTOS

Se analizó los costos generados para el desarrollo e implementación del sistema de reconocimiento de voz mediante la aplicación móvil para el control de sistemas auxiliares del vehículo, donde se consideran todos los factores que influyen de forma directa e indirecta en el proceso de elaboración y adaptación del prototipo.

Tabla 3.12 Costos en componentes del prototipo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR U. (\$)	VALOR T. (\$)
COMPONENTES DEL PROTOTIPO					
1	Arduino Mega 2560	c/u	1	\$ 20,00	\$ 20,00
2	Tarjeta de 2 relés	c/u	5	\$ 3,25	\$ 16,25
3	Microcontrolador Elehouse V3	c/u	1	\$ 45,00	\$ 45,00
4	Modulo Bluetooth HC-05	c/u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
5	Micrófono profesional TCM 110	c/u	1	\$ 24,00	\$ 24,00
6	Pulsadores	c/u	6	\$ 0,50	\$ 3,00
7	Cable Jumper 20 cm	40 u	2	\$ 2,00	\$ 4,00
8	Cable Automotriz Flexible N.10	metro	30	\$ 0,50	\$ 15,00
9	Cable de red	c/u	5	\$ 0,80	\$ 4,00
10	Capacitor electrolítico	c/u	2	\$ 0,25	\$ 0,50
11	Resistencias	c/u	20	\$ 0,10	\$ 2,00
12	Diodos Led	c/u	15	\$ 0,10	\$ 1,50
13	Transistor 1N4007	c/u	5	\$ 0,20	\$ 1,00
14	Borneras de 2 pines	c/u	6	\$ 0,50	\$ 3,00
15	Barra de pines tipo macho	c/u	1	\$ 1,50	\$ 1,50
16	Barra de pines tipo hembra	c/u	2	\$ 1,50	\$ 3,00
17	Placa de baquelita	c/u	4	\$ 1,00	\$ 4,00
18	Protoboard	c/u	1	\$ 3,50	\$ 3,50
19	Fusibles	c/u	4	\$ 0,50	\$ 2,00
20	Portafusibles	c/u	4	\$ 0,25	\$ 1,00
21	Conector tipo Jack para Arduino	c/u	1	\$ 1,50	\$ 1,50
22	Conector socket 4 puertos	c/u	10	\$ 1,50	\$ 15,00
23	Caja forraje de circuito en MDF	c/u	2	\$ 10,00	\$ 20,00
SUBTOTAL 1					\$ 195,75

Fuente: Autor

Se obtuvo un valor de \$ **195,75** en el costo de componentes que integran el dispositivo electrónico de control de funciones auxiliares del vehículo, lo que permite determinar como un costo relativamente positivo para la adquisición de los elementos.

Tabla 3.13 Costos complementarios

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR U. (\$)	VALOR T. (\$)
INSUMOS					
24	Estaño Baku 0.3 mm sin plomo	c/u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
25	Pasta para soldar estaño	c/u	1	\$ 1,50	\$ 1,50
26	Taípe	c/u	2	\$ 1,00	\$ 2,00
27	Pegamax epoxicolor	c/u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
28	Tornillos	c/u	25	\$ 0,05	\$ 1,25
SUBTOTAL 2					\$ 14,75
HERRAMIENTAS					
29	Bisturí para electrónica	c/u	1	\$ 2,50	\$ 2,50
30	Cautín 90 KW	c/u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
31	Cortafrío de electricista	c/u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
32	Pinza de electricista	c/u	1	\$ 2,50	\$ 2,50
SUBTOTAL 3					\$ 15,00
VARIOS					
33	Servicios Básicos	hora	120	\$ 0,50	\$ 60,00
34	Mano de obra	hora	160	\$ 1,66	\$ 265,60
35	Otros	c/u	1	\$ 50,00	\$ 50,00
SUBTOTAL 4					\$ 375,60
TOTAL					\$ 405,25

Fuente: Autor

Sobre los costos complementarios del proyecto se obtiene un valor de **\$ 405,25**, que se genera principalmente debido a la mano de obra, debido a la cantidad de tiempo que se invierte en el desarrollo de la aplicación y posteriormente la intervención de los sistemas del vehículo para la instalación del dispositivo.

Tabla 3.14 Resumen de costos

DESCRIPCIÓN	VALOR
Componentes del prototipo	\$ 195,75
Gastos complementarios	\$ 405,25
TOTAL	\$ 601,10

Fuente: Autor

Sumando todos los valores relacionados con el proyecto se obtiene un total de **\$ 601,10** en costos para el desarrollo del prototipo y la posterior instalación en el automóvil, donde se determina un costo positivo en relación beneficio que representa para las personas con capacidades especiales, la oportunidad de movilizarse de forma segura y autónoma.

3.6. DISCUSIÓN GENERAL DEL DISPOSITIVO

Fortalezas:

- Presenta una aplicación versátil, de uso sencillo, excelente estética, funcionamiento estable y es compatible con cualquier dispositivo móvil que utilice el sistema operativo de Android.
- Alto índice de reconocimiento de voz, con un porcentaje del 95 % para el sistema de Google y un 92% para el sistema mediante el microcontrolador Elechouse V3.
- La aplicación móvil puede trabajar sin conexión a internet, pero es indispensable que el dispositivo móvil cuente con la función Bluetooth.
- Tiempo de respuesta para la activación de funciones del vehículo mediante comandos de voz de 0,97 s con la aplicación móvil y 0,58 mediante el microcontrolador Elechouse V3.
- Seguridad en el sistema, ante manipulación de extraños o activación involuntaria de comandos mediante la incorporación de pulsadores en el volante del conductor.
- Bajo consumo de energía, aproximadamente de 40 mA para la activación de un sistema auxiliar en el vehículo.
- Contribución para la seguridad vial evitando que el conductor separe las manos del volante y descuide la mirada de la trayectoria del vehículo al momento de activar los sistemas auxiliares.
- Confort para las personas con paraplejía, quienes conducen un vehículo con adaptaciones especiales únicamente con las extremidades superiores.

Debilidades:

- El sistema de reconocimiento de voz de Google baja su índice de eficiencia para el reconocimiento de voz en el modo de trabajo sin conexión a internet por parte del dispositivo móvil.
- En los dos sistemas se necesita que el micrófono se encuentre a una distancia no superior a los 10 cm con respecto al usuario.
- El sistema Elechouse V3 no reconoce comandos de voz que superen los 1000 ms.

CAPÍTULO VI

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El dispositivo electrónico de reconocimiento de voz mediante la aplicación móvil y el microcontrolador Elechouse V3, ha cumplido con las expectativas planteadas en el presente proyecto, llegando a ser un sistema seguro, y eficiente para el control de funciones auxiliares del vehículo por medio de la voz humana.
- Mediante el análisis de diagramas especializados del vehículo Chevrolet Esteem 2002 se recopiló la información necesaria sobre las características y parámetros de funcionamiento en los sistemas auxiliares del vehículo y de esa manera se trazó el procedimiento a seguir para el desarrollo del prototipo.
- La aplicación móvil desarrollada incorpora 2 funciones para el control de tareas primarias del vehículo, alcanzando una eficiencia del 95 % en las mejores condiciones, reconociendo palabras de 6 letras ubicando el micrófono a 5 cm con relación al usuario a un ambiente con presencia de ruido no superior a los 40 dB.
- El sistema de reconocimiento de voz mediante el microcontrolador Elechouse V3 presentó un índice de eficiencia del 92 %, en los parámetros ideales del entorno, mediante la asignación de comandos de voz no superiores a dos sílabas o 1000 ms, ubicando el micrófono a 5 cm del conductor y dentro de un ambiente externo con presencia de ruido que no sobrepase los 40 dB.
- Durante la construcción del módulo electrónico se realizó el diseño y una serie de simulaciones del circuito en Tinkercad, donde se obtuvieron los principales parámetros para el funcionamiento del dispositivo, los valores en diferencial de tensión de 5 a 7 V, con una corriente entre los 40 a 500 mA en función al número de dispositivos conectados.
- En la instalación del módulo de control de funciones auxiliares en el vehículo, fueron intervenidas las principales líneas de alimentación de corriente de los actuadores inherentes a los sistemas eléctricos, donde se implementó una red de cables extendidos hacia el dispositivo central de comando, ubicado en la consola central del automóvil.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para el control de funciones auxiliares del vehículo mediante comandos de voz, se recomienda preferentemente el uso de la aplicación móvil debido a la superior eficiencia de reconocimiento de voz y la capacidad de soportar comandos más extensos.
- Es posible trabajar sin conexión, sin embargo, preferentemente se debe contar con el servicio de internet para el uso del sistema de reconocimiento de voz de Google en la aplicación móvil, debido a que se obtiene una mejor estabilidad y un menor tiempo de respuesta en la activación de funciones del vehículo.
- En la aplicación móvil la función de Control Táctil para el comando de los sistemas auxiliares del vehículo no se debe utilizar durante la marcha del vehículo, debido a que pone en riesgo la seguridad de todos los usuarios viales, además, que comprende una violación a las normas de tránsito vigentes en el Ecuador.
- Es importante estudiar además de la presente investigación, el manual de uso y manejo del dispositivo de reconocimiento de voz adaptado al vehículo, para comprender su funcionamiento o realizar algún tipo de modificación, mejora o reparación en el sistema, el documento mencionado reposa en el taller de mecánica de patio de la carrera de Ingeniería Automotriz UTN.
- Para el uso eficiente del sistema de reconocimiento de voz por medio del microcontrolador Elehouse V3 es necesario realizar un proceso de entrenamiento donde el usuario pueda adaptarse a la vocalización, volumen y tiempo de pronunciación de cada comando de voz.
- Para comprender el circuito electrónico de control de funciones mediante comandos de voz se debe estudiar el diagrama encontrado en ANEXO XIII del presente trabajo, donde se expone de forma detallada el dispositivo, sus componentes, las conexiones realizadas y los sistemas intervenidos en el vehículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Águeda, E., Navarro, J., Gómez, T., García, J., & Gracia, J. (2009). *Técnicas básicas de mecánica y electricidad*. Madrid: Ediciones Paraninfo .SA.
2. Alonso, J. (2009). *Técnicas del automovil: equipo eléctrico*. Ediciones Paraninfo, S.A.
3. Alonso, J. (2014). *Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
4. Alvarez, C., Cajas, A., & (2016). (s.f.). Desarrollo de una interfaz para el reconocimiento de comandos de voz aplicado al control de sistemas domoticos. (*Tesis para ingeniería*) (2016). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca), Cuenca.
5. Autodesk. (01 de 07 de 2020). *Autodesk - Tinkercad*. Obtenido de Autodesk - Tinkercad: <https://www.tinkercad.com>
6. Baquero, J., Chimborazo, L., Quiroz, J., & Quiroz, L. (2014). Diseño y construcción de un sistema de accionamiento de mandos de aceleración, embrague y frenos de un vehículo prototipo para conducción de personas con discapacidad. *Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas*, 55-66.
7. Bolaños, M. (2015). Diseño e Implementación del Sistema de Control y Adquisición de Señales para un sensor de Ozono (O3) de doble canal y un detector para experimentos en la EMA-USFQ. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
8. Cabezas, O., Gaibor, P., & (2015). (s.f.). Construcción de un módulo de encendido de un motor mediante comandos de voz para el laboratorio de electricidad y electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz. (*Tesis de ingeniería*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
9. Camargo, J. (2010). Sistema de reconocimiento de voz humana por Hardware. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Escuela Pontificia Bolivariana, Bucaramanga.
10. Cando, O. (2017). Prototipo de un sistema purificador del agua basado en ingeniería renovable mediante Arduino. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
11. Casquete, F. (2017). Diseño de vehículo de exploración para el tendido de cables UTP basados en tecnología Arduino y controlado por dispositivo celular o tablet con

- sistema operativo Android. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
12. CONADIS. (02 de junio de 2019). *Consejo Nacinal para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de Consejo Nacinal para la Igualdad de Discapacidades: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>
 13. Conde, J., & Alan, C. (2019). Desarrollo de un sistema de reconocimiento de voz para automovil. (*Tésis de ingeniería no publicada*). Instituto Politécnico Nacional, México.
 14. Corona, L. G., Abarca, G. S., & Mares, J. (2019). *Sensores y Actuadores: aplicaciones con Arduino*. México: Editorial Patria.
 15. Corrales, J. (16 de Octubre de 2018). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/optoacoplador/>
 16. Cunha, I. d. (2016). *El trabajo de fin de grado y de master: redacción, defensa y publicación* (Primera ed.). Barselona: Editorial UOC.
 17. Denton, T. (2016). *Sistema Eléctrico y Electrónico del Automovil: Tecnología automotriz mantenimiento y reparación de vehículos*. México: Alfaomega.
 18. Domínguez, E., & Ferrer, J. (2018). *Sistemas electricos auxiliares del vehículo*. Madrid: EDITEX.
 19. Farfán, E., & Quizhpe, D. (2016). Diseño de un sistema domótico para facilitar la interacción de personas con discapacidad a través de interfaces remotas y mandos por voz. (*Tésis de ingeniería no publicada*). Universidad de Cuenca, Cuenca.
 20. Flores, J. (18 de Mayo de 2018). *SCRIB*. Obtenido de Modulo de reconocimiento de voz V3.1: <https://es.scribd.com/document/379591290/Modulo-de-Reconocimiento-de-Voz-V3-1>
 21. García, J. (2017). Sistema domótico mediante smatrphone de la iluminación en el auditorio de la carrera de computación - ESPAM-MFL. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix López, Calceta.
 22. Garin, D., & Hazard, M. (2013). Proyecto Elo322- Redes de Computadores I. (*Investigación no publicada*). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

23. Gudiño, M. (18 de 10 de 2019). *MY ARROW*. Obtenido de MY ARROW: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>
24. López, E. (2015). *Arduino: guía práctica de fundamentos y simulación*. Madrid: RA-MA Editorial.
25. LTD, C. S. (15 de 01 de 2020). *AV-JEFE*. Obtenido de AV-JEFE: <https://export.rsdelivers.com/es/product/rs-pro/tcm110/micr%c3%b3fono-con-cable-lavalier-rs-pro-1k%cf%89/2428911>
26. Macho, J. (08 de Marzo de 2018). *PROMETEC*. Obtenido de Reconocimiento de voz: <https://www.prometec.net/reconocimiento-voz/>
27. Manual Suzuki SY413/SY416. (2002). *Suzuki Motors*.
28. Marquéz, B., & Zulaica, J. (2004). Implementación de un reconocedor de voz gratuito a el sistema de ayuda a invidentes Dos-Vox en español. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad de las Americas Puebla, Cholula, México.
29. Morales, E., & Sucar, E. (s.f.). Sistema de reconocimiento de voz. (*Investigación no publicada*). Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México.
30. Moreno, A., & Corcoles, S. (2018). *Arduino: curso práctico*. Madrid: RA-MA Editorial.
31. Moreno, R. (2016). *Desarrollo de aplicaciones para Android usando MIT App Inventor 2*. Cali: Creative Commons.
32. MSP. (2018). *Calificación de la discapacidad*. Quito: Dirección Nacional de Normatización, MSP.
33. Nath, S., Banerjee, P., Nath B, R., Kumar, S., & Kanti, M. (04 de Mayo de 2017). *Arduino Based Door Unlocking System with Real Time Control*. Obtenido de IEEE Explore Digital Library: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7917989/citations#citations>
34. O.M.S. (2017). *Informe Mundial de la Discapacidad*. Malta: Organización Mundial de la Salud.
35. Ortega, A. (17 de marzo de 2016). *FIX&CHIPS*. Obtenido de FIX&CHIPS: <https://fixnchips.wordpress.com/>
36. Peralta, J. (21 de Marzo de 2018). *SCRIB*. Obtenido de El Módulo de Reconocimiento de Voz de ELECHOUSE Es Una Placa de Reconocimiento de Voz Compacta y Fácil de Controlar: <https://es.scribd.com/document/374479485/El->

- Modulo-de-Reconocimiento-de-Voz-de-ELECHOUSE-Es-Una-Placa-de-Reconocimiento-de-Voz-Compacta-y-Facil-de-Controlar
37. Pérez, H. (2019). Robot móvil con percepción auditiva y sistema de control a distancia. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad Autónoma de México, México.
 38. Pizarro, E. (2017). *Desarrollo de Aplicaciones móviles con App Inventor*. La Serena, Chile: Universidad de la Serena.
 39. Posada, F. (2015). *Tabletas en el aula: Diseño de apps con MIT App Inventor 2*. México: CanalTIC.
 40. Ramirez, E. (29 de Enero de 2017). *Sistemas de comunicación*. Obtenido de Teorema de Muestreo de Nyquis: <http://sistemasdecomunicaciontelematicaupq.blogspot.com/2017/01/teoremao-de-muestreo-nykis.html?m=0>
 41. Robledo, D. (2017). *Desarrollo de aplicaciones para Android I*. Madrid: Ministerio de Educación de España.
 42. rodriguez, J. (2012). *Mantenimiento de sistema auxiliares del motor ciclo Otto*. Andalucía, España: ic Editorial.
 43. Ros, J., & Barrera, O. (2011). *Sistemas eléctricos de seguridad y confortabilidad*. Madrid confortabilidad, : Ediciones Paraninfo, SA.
 44. Ruales, C. (2015). Diseño y construcción de un rostro robótico de apariencia humana, con capacidad de ejecutar gestos y emociones, para la ESPE extensión Latacunga. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga.
 45. Ruiz, Arnold, & Vergara, J. (2019). Diseño e implementación de un sistema de reconocimiento de voz para sillas de ruedas mediante Arduino. (*investigación no publicada*). Universidad de Sucre, Sicelejo - Comombia.
 46. Ruíz, J. (2007). *Manual de Programación de Arduino*. California: Creative Commons .
 47. Ruíz, M. (2008). Diseño de un conversor A/D empleando un modulador PMW y un circuito de decodificación mediante una FPGA. (*Trabajo de investigación*). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
 48. S. Azargoshasb, A. H. (2018). A Voice Command Detection system for controlling Movement of SCOUT Robot . *IEEE*, 50-62.

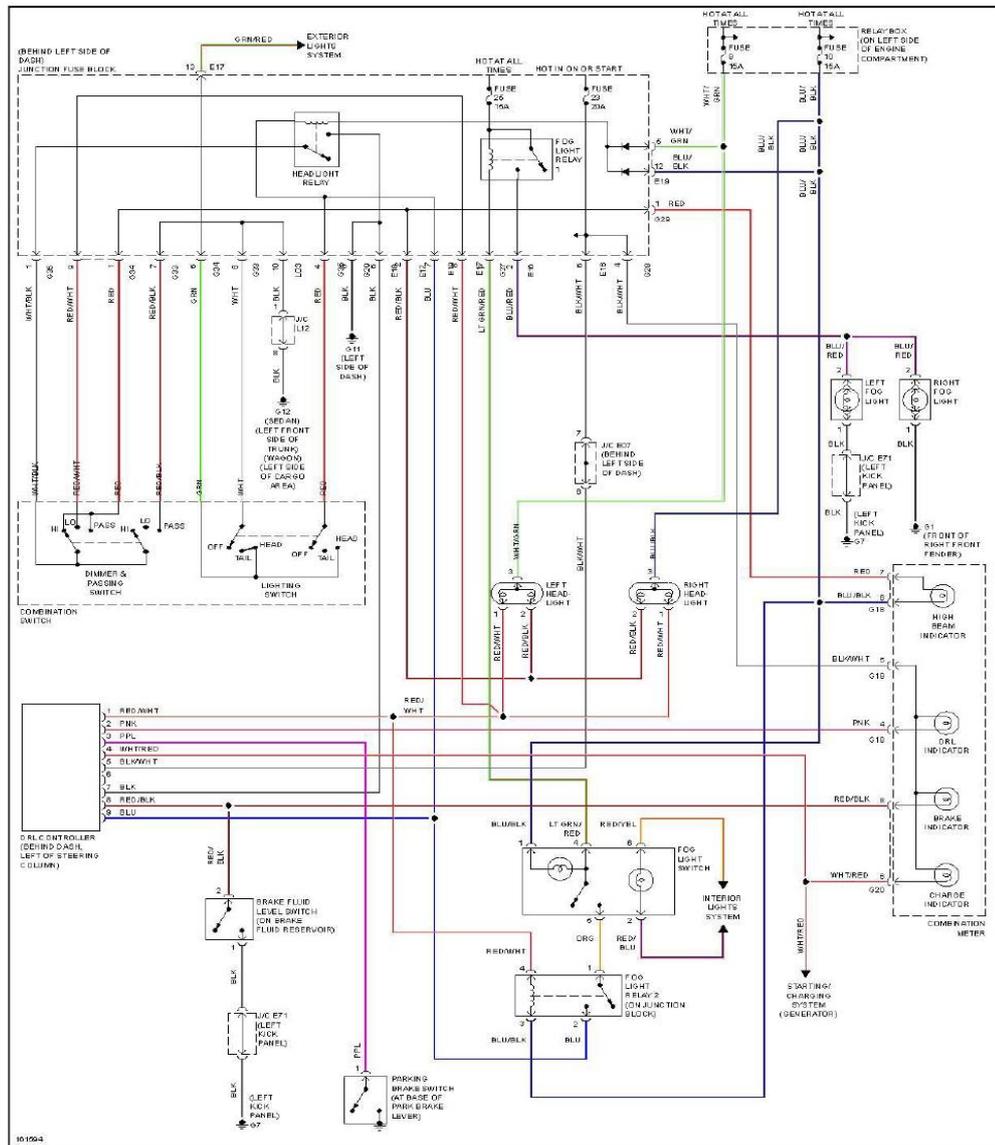
49. Sánchez, R. (2011). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Madrid: Macmillan.
50. Simón, G. (2018). Implementación, control y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Universidad Agraria la Molina, Lima - Perú.
51. Tapia, G. (2016). Análisis de las curvas de eficiencia y desempeño de motor del vehículo Chevrolet Steem 1.6 L Uso de combustible Ecopaís. (*tesis de ingeniería no publicada*). Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
52. Tapia, V. (2013). Diseño e implementación de un sistema de transferencia de datos por telemetría para un vehículo de competencia con uso de tecnología inalámbrica Bluetooth. (*Tesis de ingeniería no publicada*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
53. Torrente, O. (2013). *Arduino: curso práctico de información*. México: Alfaomega.
54. Yúbal, F. (31 de julio de 2019). *APK*. Obtenido de Un archivo APK de Android: <https://www.xataka.com/basics/apk-android-que-estos-archivos-como-se-instalan>

ANEXOS

ANEXO I

DIAGRAMA GENERAL DE LUCES SUZUKI ESTEEM 2002

2002 Suzuki Esteem GL
SYSTEM WIRING DIAGRAMS
Fig. 15: Headlight Circuit

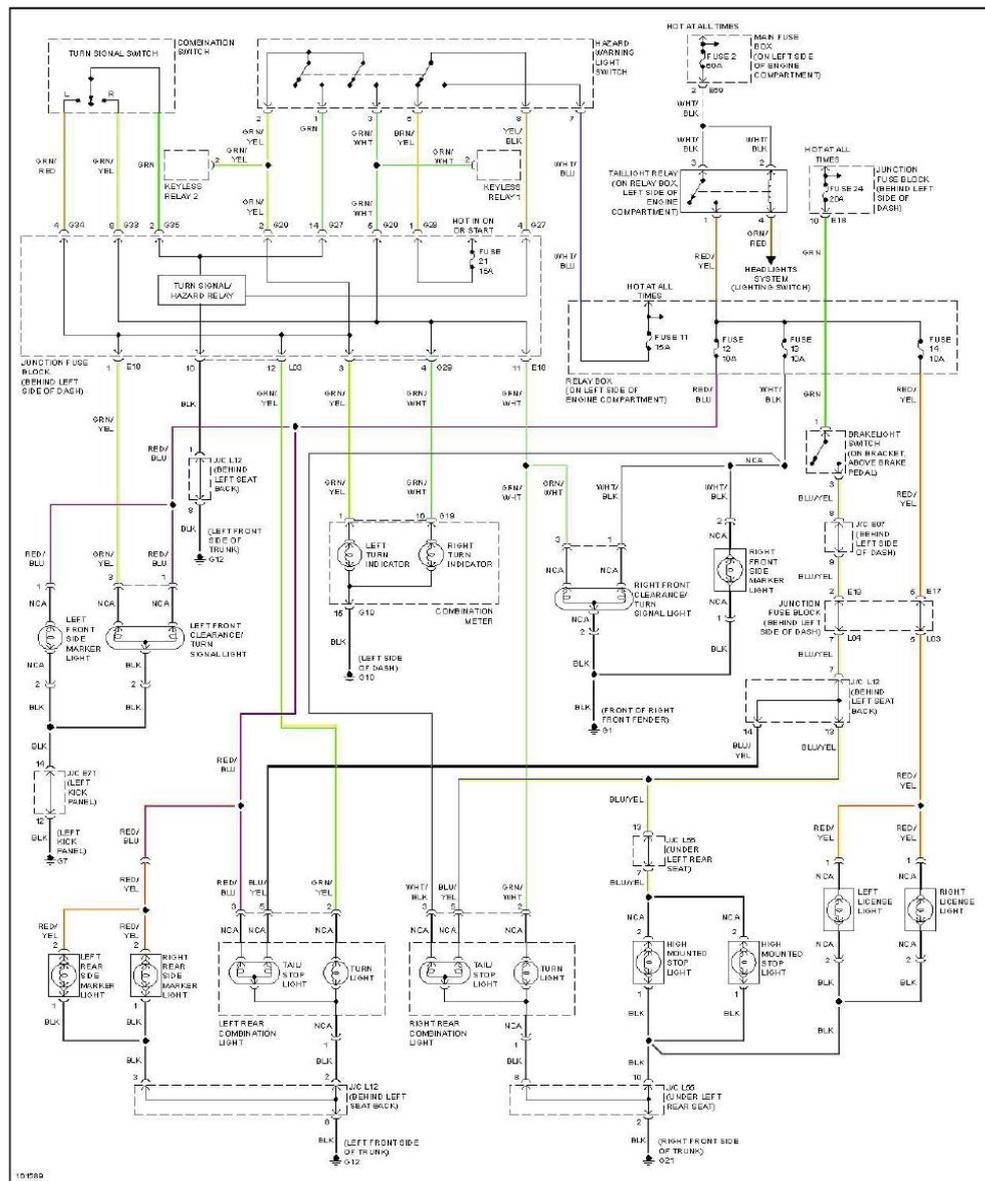


Fuente: Software Mitchell OnDemand 5

ANEXO II

DIAGRAMA DE LUCES EXTERIORES SUZUKI ESTEEM 2002

2002 Suzuki Esteem GL
SYSTEM WIRING DIAGRAMS
Fig. 12: Exterior Lamps Circuit, Sedan

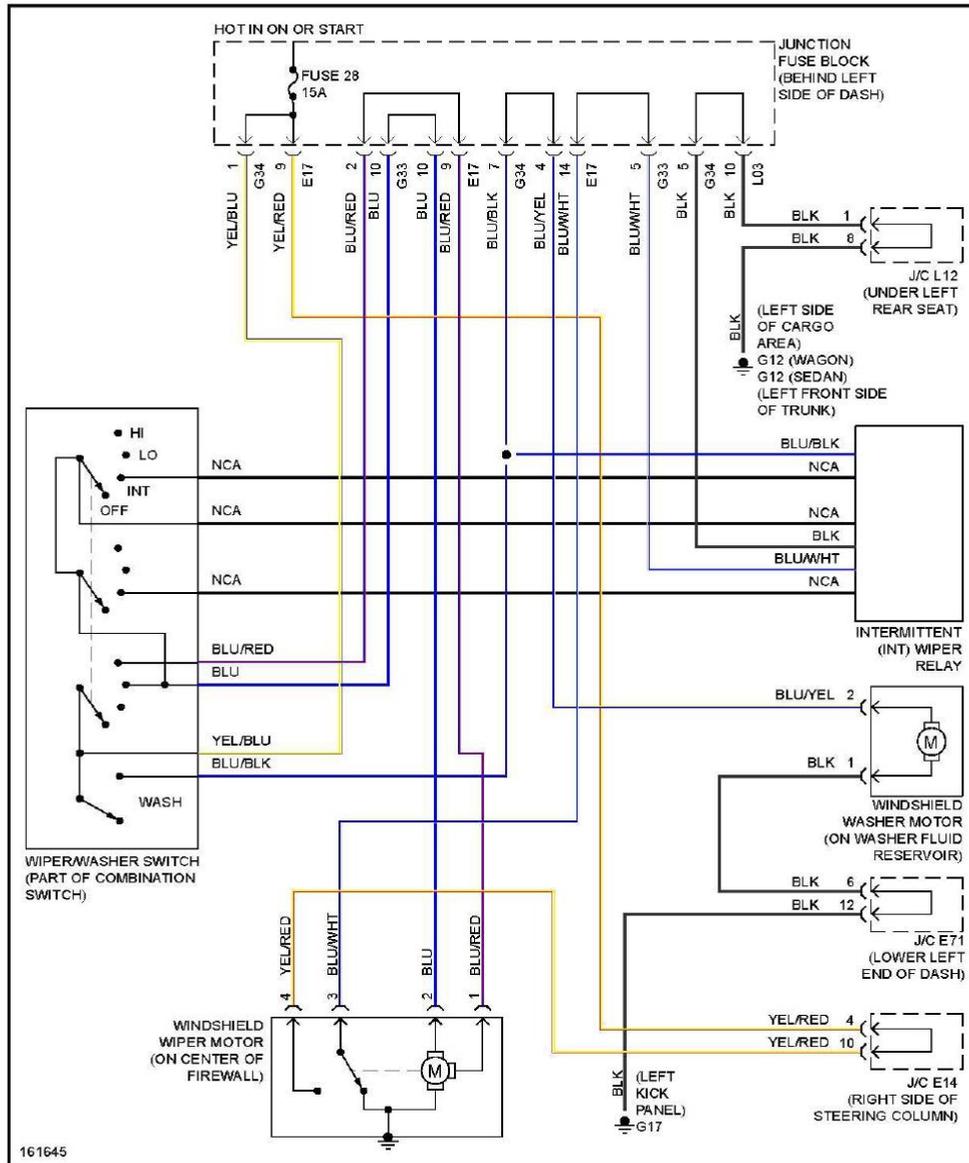


Fuente: Software Mitchell OnDemand 5

ANEXO III

DIAGRAMA DEL LIMPIAPARABRISAS SUZUKI ESTEEM 2002

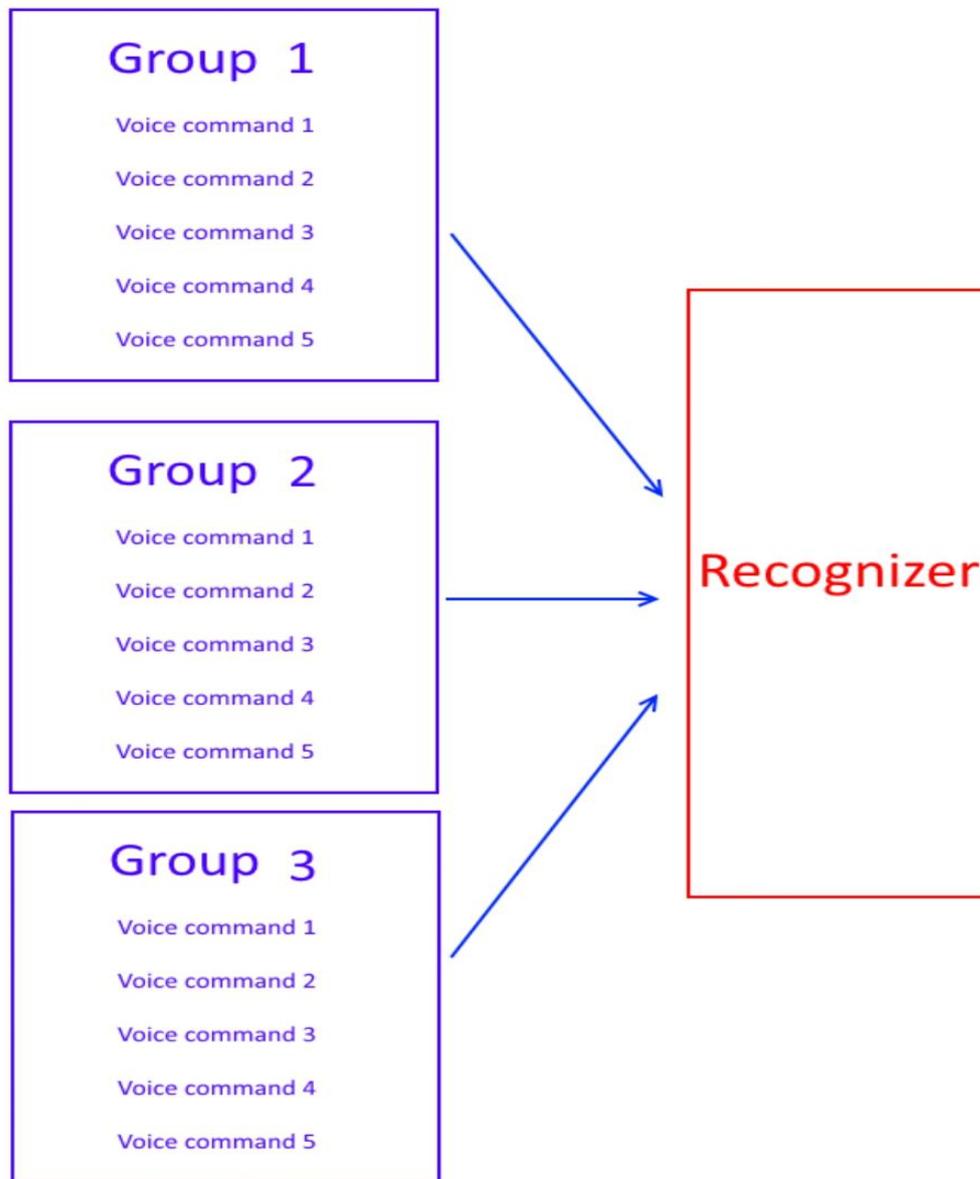
2002 Suzuki Esteem GL
 SYSTEM WIRING DIAGRAMS
Fig. 35: Front Wiper/Washer Circuit



Fuente: Software Mitchell OnDemand 5

ANEXO IV

MANUAL DE USO DEL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3 PAG 3

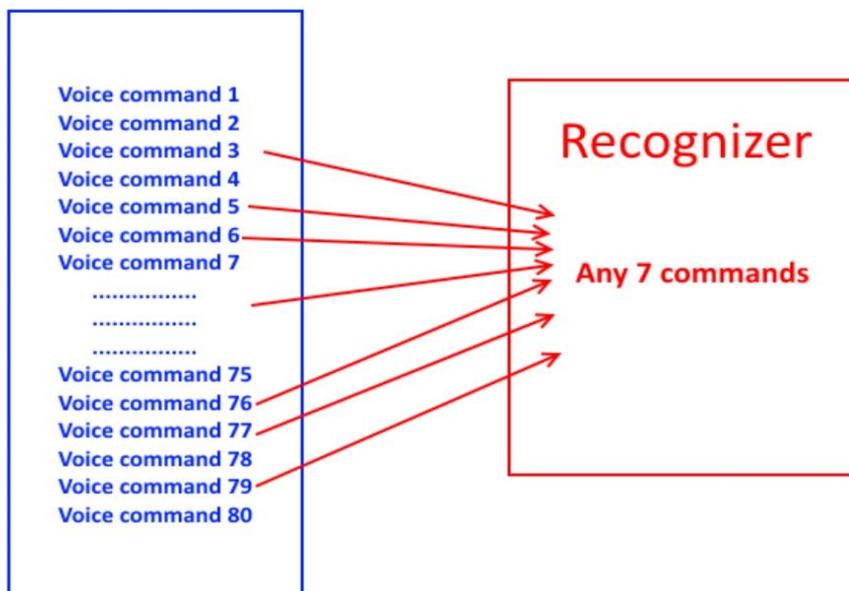


On V3, voice commands are stored in one large group like a library. Any 7 voice commands in the library could be imported into recognizer. It means 7 commands are effective at the same time.

Fuente: https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf

ANEXO V

MANUAL DE USO DEL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3 PAG 4



Parameter

- Voltage: 4.5-5.5V
- Current: <40mA
- Digital Interface: 5V TTL level for UART interface and GPIO
- Analog Interface: 3.5mm mono-channel microphone connector + microphone pin interface
- Size: 31mm x 50mm
- Recognition accuracy: 99% (under ideal environment)

Feature

- Support maximum 80 voice commands, with each voice 1500ms (one or two words speaking)
- Maximum 7 voice commands effective at same time
- Arduino library is supplied
- Easy Control: UART/GPIO
- User-control General Pin Output

Terminology

- VR3 -- Voice Recognition Module V3
- Recognizer -- a container where acting voice commands (max 7) were loaded. It is core part of voice recognition module. For example, it works like "playing balls". You have 80 players in your team. But you could not let them all play on the court together. The rule only allows 7 players playing on the court. Here the Recognizer is the list which contains names of players working on the court.
- Recognizer index -- max 7 voice commands could be supported in the recognizer. The recognizer has 7 regions for each voice command. One index corresponds to one region: 0~6
- Train -- the process of recording your voice commands
- Load -- copy trained voice to recognizer

Fuente: https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf

ANEXO VI

MANUAL DE USO DEL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3 PAG 5

- Voice Command Record -- the trained voice command store in flash, number from 0 to 79
- Signature -- text comment for record
- Group -- help to manage records, each group 7 records. System group and user group are supported.

Instruction

Here we will introduce the Arduino Library and VR3 Protocol

For Arduino

Prepare

- [Voice Recognition V3](#) module with microphone
- [Arduino](#) board (UNO recommended)
- [Arduino Sensor Shield V07](#) (optional)
- [Arduino IDE](#)
- Voice Recognition V3 library ([Download zip file](#))

Hardware and Software Preparation

1. Connect your Voice Recognition V3 Module with Arduino, By Default:

Arduino		VR Module
5V	---->	5V
2	---->	TX
3	---->	RX
GND	---->	GND

2. Download VoiceRecognitionV3 library. (download [zip](#) file or use `git clone https://github.com/elechouse/VoiceRecognitionV3.git` command)
3. If using zip file, extract **VoiceRecognitionV3.zip** to Arduino Sketch\libraries folder, or if you use `git clone` command copy **VoiceRecognitionV3** to Arduino Sketch\libraries .

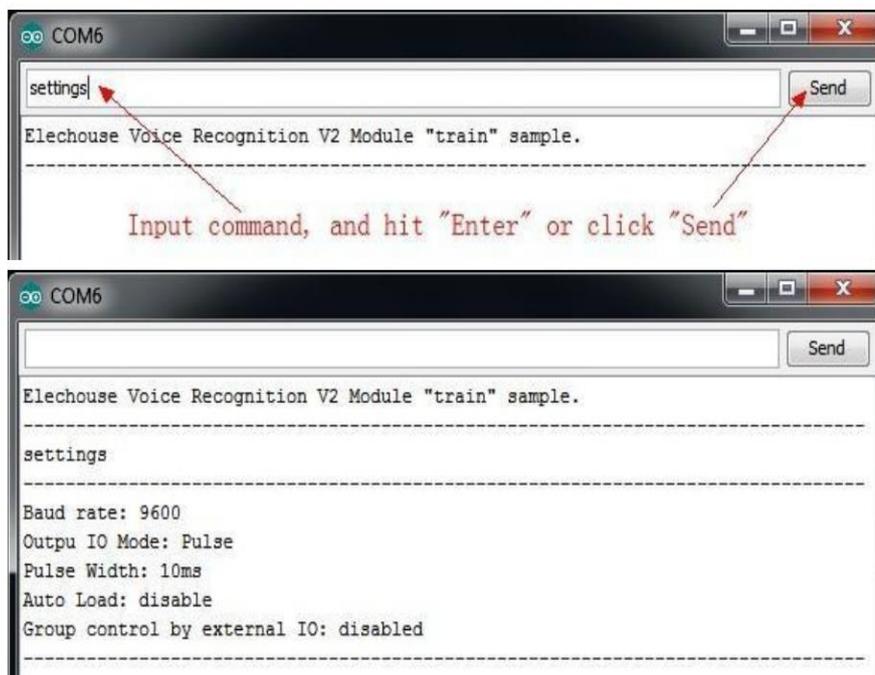
Train

1. Open **vr_sample_train** (File -> Examples -> VoiceRecognitionV3 -> vr_sample_train)
2. Choose right Arduino board (Tool -> Board, UNO recommended), Choose right serial port.
3. Click **Upload** button, wait until Arduino is uploaded.
4. Open **Serial Monitor**. Set baud rate 115200, set send with **Newline** or **Both NL & CR**.

Fuente: https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf

ANEXO VII

MANUAL DE USO DEL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3 PAG 7



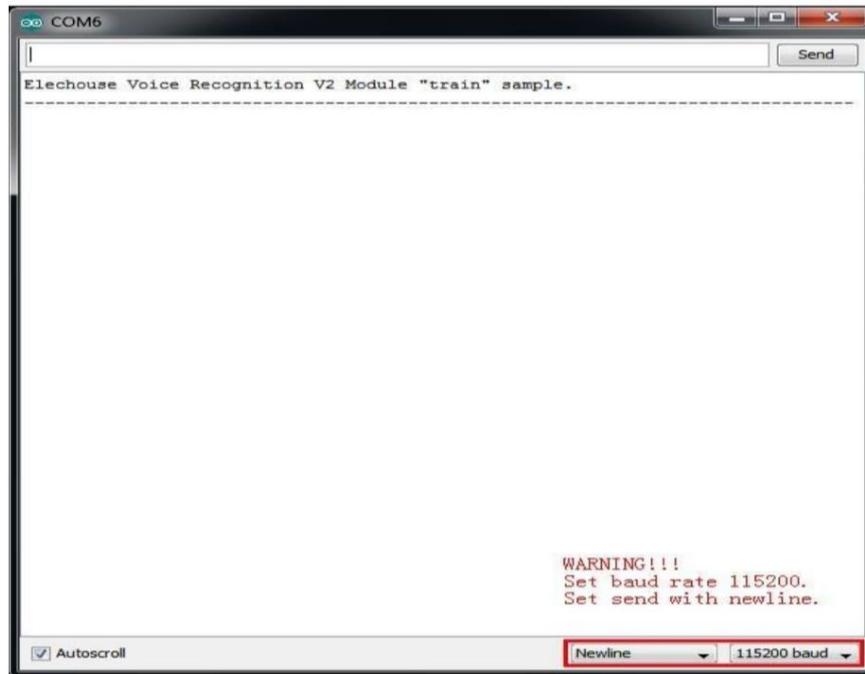
6. Train Voice Recognition Module. Send `sigtrain 0 On` command to train record 0 with signature "On". When Serial Monitor prints "Speak now", you need speak your voice (can be any word, meaningful word recommended, may be 'On' here), and when Serial Monitor prints "Speak again", you need repeat your voice again. If these two voice are matched, Serial Monitor prints "Success", and "record 0" is trained, or if are not matched, repeat speaking until success. What is a signature? Signature is a piece of text description for the voice command. For example, if your 7 voice command are "1, 2, 3, 4, 5, 6, 7", you could train in the following way:
- ```
sigtrain 0 one
sigtrain 1 two
sigtrain 2 three
sigtrain 3 four
sigtrain 4 five
sigtrain 5 six
sigtrain 6 seven
```

The signature could be displayed if its command was called.

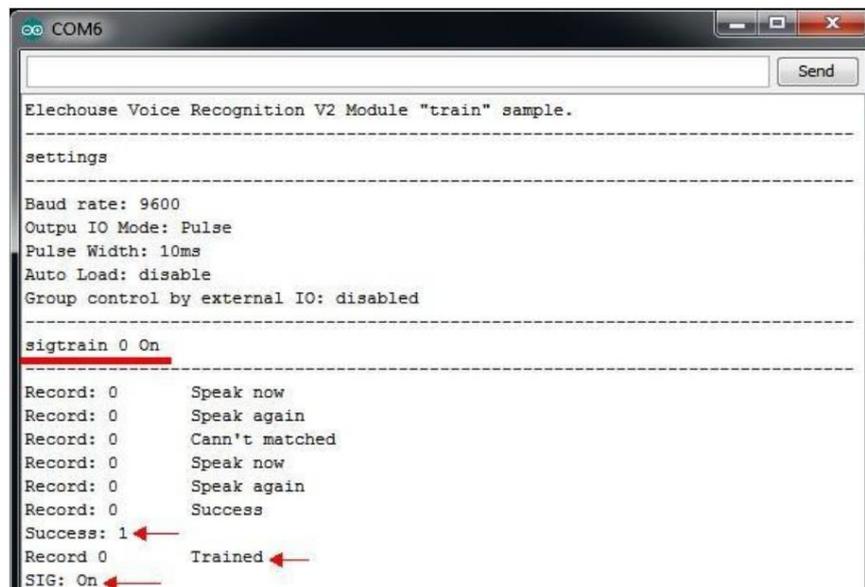
When training, the two led on the Voice Recognition Module can indicate your training process. After sending the training command, the SYS\_LED (yellow) is blinking fast which remind you to get ready. Speak your voice command as soon as the STATUS\_LED (red) light lights on. The recording process ends once when the STATUS\_LED (red) lights off. Then the SYS\_LED is blinking again, get ready for next recording process. When the training process ends successful, SYS\_LED and STATUS\_LED blink together. If the training fails, SYS\_LED and STATUS\_LED blink together, but quickly.

## ANEXO VII

### MANUAL DE USO DEL ELECHOUSE V3 PAG 8



5. Send command `settings`(case insensitive) to check Voice Recognition Module settings. Input settings, and hit Enter to send.



7. Train another record. Send `sigtrain 1 Off` command to train record 1 with signature "Off". Choose your favorite words to train (it can be any word, meaningful word recommended, may be 'Off' here).

Fuente: [https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3\\_manual.pdf](https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf)

**ANEXO VIII**  
**MANUAL DE USO DEL ELECHOUSE V3 PAG 9**

```

COM6
Send

settings

Baud rate: 9600
Outpu IO Mode: Pulse
Pulse Width: 10ms
Auto Load: disable
Group control by external IO: disabled

sigtrain 0 On

Record: 0 Speak now
Record: 0 Speak again
Record: 0 Cann't matched
Record: 0 Speak now
Record: 0 Speak again
Record: 0 Success
Success: 1
Record 0 Trained
SIG: On

Sigtrain 1 Off

Record: 1 Speak now
Record: 1 Speak again
Record: 1 Success
Success: 1
Record 1 Trained
SIG: Off

 Autoscroll
Newline
115200 baud

```

8. Send load 0 1 command to load voice. And say your word to see if the Voice Recognition Module can recognize your words.

```

COM6
Send

Load 0 1

Load success: 2
Record 0 Loaded
Record 1 Loaded

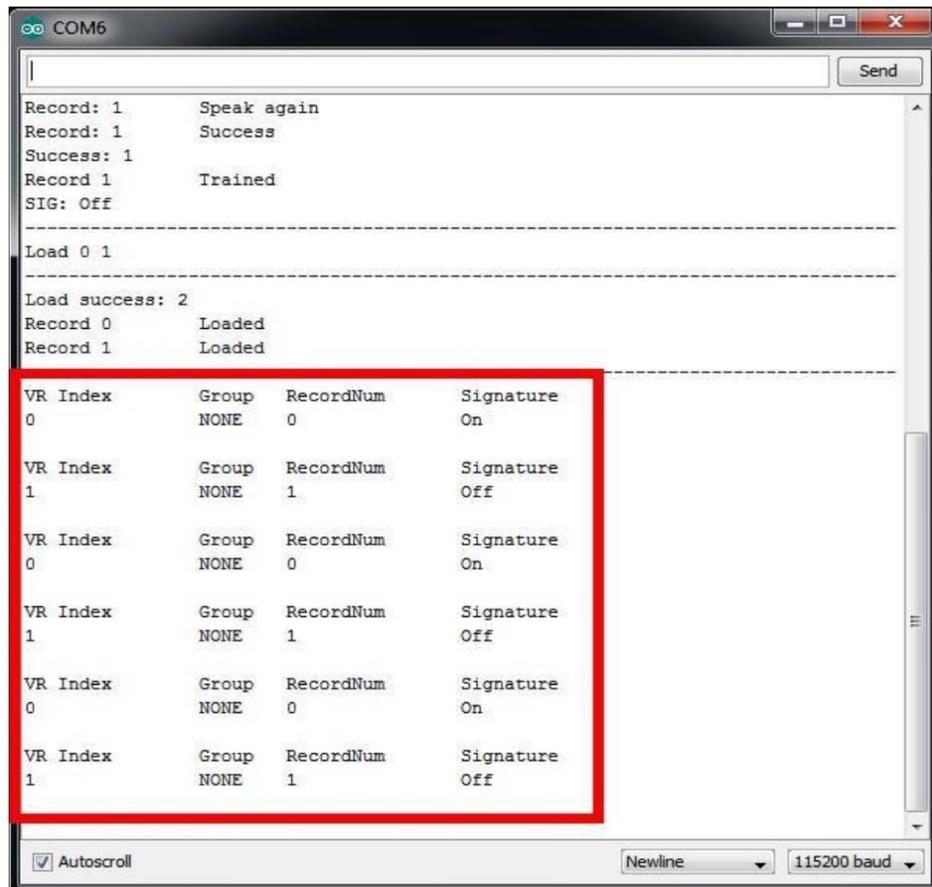
```

If the voice is recognized, you can see.

Fuente: [https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3\\_manual.pdf](https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf)

## ANEXO IX

## MANUAL DE USO DEL MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3 PAG 10



9. Train finish. Train sample also support several other commands.

| COMMAND  | FORMAT                       | EXAMPLE              | Comment                                 |
|----------|------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| train    | train (r0) (r1)...           | train 0 2 45         | Train records                           |
| load     | load (r0) (r1) ...           | load 0 51 2 3        | Load records                            |
| clear    | clear                        | clear                | remove all records in Recognizer        |
| record   | record / record (r0) (r1)... | record / record 0 79 | Check record train status               |
| vr       | vr                           | vr                   | Check recognizer status                 |
| getsig   | getsig (r)                   | getsig 0             | Get signature of record (r)             |
| sigtrain | sigtrain (r) (sig)           | sigtrain 0 ZERO      | Train one record(r) with signature(sig) |
| settings | settings                     | settings             | Check current system settings           |

### Control LED Sample

Here we show a simple example showing how to control the LED on Arduino board (connecting to pin13) through voice commands. Before this example, you need to train the VR module first in the way as `vr_sample_train` shows above. Use the following commands:

- `sigtrain 0 on` Train the voice command used to light on the LED
- `sigtrain 0 off` Train the voice command used to turn off the LED

Fuente: [https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3\\_manual.pdf](https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/VR3/VR3_manual.pdf)

**ANEXO X**  
**CONDICIONALES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL**  
**MICROCONTROLADOR ELECHOUSE V3 EN EL IDE DE ARDUINO**

```

int ret;
ret = myVR.recognize (buf, 50);
if (ret > 0) {
 switch (buf[1]){

//----- Luces medias y altas-----

 case luz:

 estadop1 = ! estadop1;
 estadopa = !estadopa;

 digitalWrite(p0, !estadop1); //luces medias
 digitalWrite(p1, estadop1); // luces altas
 digitalWrite(pa, estadopa); // led indicador 1
 digitalWrite(pb, !estadopa); // led indicador 2

 Serial1.println("1");
 break;

//----- apagar luces -----

```

```

case alt:

 digitalWrite(p0, HIGH); //apagar altas
 digitalWrite(p1, HIGH); // apagar medias
 digitalWrite(pa, LOW); // apagar led indicador 1
 digitalWrite(pb, LOW); // apagar led indicador 2

 Serial1.println("2");

 break;

//----- Direccional Izquierda-----

case izq:

 estadop2 = ! estadop2;
 estadopc = ! estadopc;

 digitalWrite(p2, estadop2);
 digitalWrite(pc, estadopc);
 digitalWrite(p3, HIGH);
 digitalWrite(p9, HIGH);
 digitalWrite(pd, LOW);
 digitalWrite(pf, LOW);

 Serial1.println("3");

 break;

//----- Direccional derecha-----

```

```
case der:
```

```
 estadop3 = ! estadop3;
 estadopd = ! estadopd;
```

```
 digitalWrite(p3, estadop3);
 digitalWrite(pd, estadopd);
```

```
 digitalWrite(p2, HIGH);
 digitalWrite(p9, HIGH);
 digitalWrite(pc, LOW);
 digitalWrite(pf, LOW);
```

```
 Serial1.println("4");
```

```
 break;
```

```
//----- Plumas-----
```

```
case plu:
```

```
 estadop4 = ! estadop4;
 estadope = ! estadope;
```

```
 digitalWrite(p4, estadop4);
 digitalWrite(pe, estadope)
```

```
 Serial1.println("5");
```

```
 break;
```

```
//-----Luces de parada-----
```

```
case stp:

 estadop9 = ! estadop9;
 estadopf = ! estadopf;

 digitalWrite(p9, estadop9);
 digitalWrite(pf, estadopf);
 digitalWrite(p2, HIGH);
 digitalWrite(p3, HIGH);
 digitalWrite(pc, LOW);
 digitalWrite(pd, LOW);

 Serial1.println("6");

break;

if (group == 0) {

 group = 0;
 myVR.clear();
 record[0] = alt;
 record[1] = luz;
 record[2] = izq;
 record[3] = der;
 record[4] = plu;
 record[5] = stp;
 record[6] = ven;

 if (myVR.load(record, 7) >= 0) {
```

```
 printRecord(record, 7);
 Serial.println(F("loaded.));
 }
}
break;
default:
 break;
}
/** voice recognized */
printVR(buf);
}
```

**ANEXO XI**  
**CONDICIONALES PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN**  
**MÓVIL**

```
if(Serial1.available()>0){
 estado = Serial1.read();

}

//----- Luces Altas-----

if (estado =='a'){

 digitalWrite(p0,LOW);
 digitalWrite(p1,HIGH);
}
if(estado=='b'){
 digitalWrite(p0,HIGH);

}

//----- Luces Medias-----

}

if (estado =='c'){

 digitalWrite(p1,LOW);
 digitalWrite(p0,HIGH);
}

if(estado=='d')
 digitalWrite(p1,HIGH);
}
```

```
//----- Direccional izquierda-----

if (estado == 'e') {

 digitalWrite(p2, LOW);
 digitalWrite(p3, HIGH);
 digitalWrite(p9, HIGH);
}

if(estado=='f') {

 digitalWrite(p2, HIGH);
}

//----- Direccional derecha-----

if (estado == 'g') {

 digitalWrite(p3, LOW);
 digitalWrite(p2, HIGH);
 digitalWrite(p9, HIGH);
}

if(estado=='h') {

 digitalWrite(p3, HIGH);
}

//----- Plumas-----
if (estado == 'i')
 digitalWrite(p4, LOW);
}
```

```
if(estado=='j'){
 digitalWrite(p4,HIGH);
}

//----- Abrir ventana 1-----

if (estado =='k'){

 digitalWrite(p5,LOW);
 digitalWrite(p6,HIGH);
}

if(estado=='m'){
 digitalWrite(p5,HIGH);
}

//----- Cerrar ventana 1-----

if (estado =='n'){
 digitalWrite(p6,LOW);
 digitalWrite(p5,HIGH);
}

if(estado=='o'){

 digitalWrite(p6,HIGH);
}

//----- Abrir ventana 2-----

if (estado =='p'){

 digitalWrite(p7,LOW);
```

```
 digitalWrite(p8,HIGH);
 }

 if(estado=='q'){

 digitalWrite(p7,HIGH);
 }

//----- Cerrara ventana 2-----

 if (estado =='r'){

 digitalWrite(p8,LOW);
 digitalWrite(p7,HIGH);
 }

 if(estado=='s'){

 digitalWrite(p8,HIGH);
 }

//----- Luces de parada-----

 if (estado =='t'){

 digitalWrite(p9,LOW);
 digitalWrite(p2,HIGH);
 digitalWrite(p3,HIGH);
 }

 if(estado=='u'){

 digitalWrite(p9,HIGH); }}
```

## ANEXO XII

### ESTRUCTURA DE BLOQUES EN APP INVENTOR PARA CONFIGURACIÓN DE VARIABLES Y COMANDOS DE VOZ

```

when Configuración .BackPressed
do open another screen screenName "Screen2"

```

```

when Menu .Click
do open another screen screenName "Screen2"

```

```

when Salir .Click
do close application

```

```

when Configuración .Initialize
do
 set C1 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C1
 valueIfTagNotThere

 set C2 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C2
 valueIfTagNotThere

 set C3 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C3
 valueIfTagNotThere

 set C4 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C4
 valueIfTagNotThere

 set C5 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C5
 valueIfTagNotThere

 set C6 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C6
 valueIfTagNotThere

 set C7 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C7
 valueIfTagNotThere

 set C8 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C8
 valueIfTagNotThere

 set C9 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C9
 valueIfTagNotThere

 set C10 . Text to call TinyDB1 .GetValue
 tag C10
 valueIfTagNotThere

```

```

when Ingresar .Click
do
 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C1
 valueToStore C1 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C2
 valueToStore C2 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C3
 valueToStore C3 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C4
 valueToStore C4 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C5
 valueToStore C5 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C6
 valueToStore C6 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C7
 valueToStore C7 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C8
 valueToStore C8 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C9
 valueToStore C9 . Text

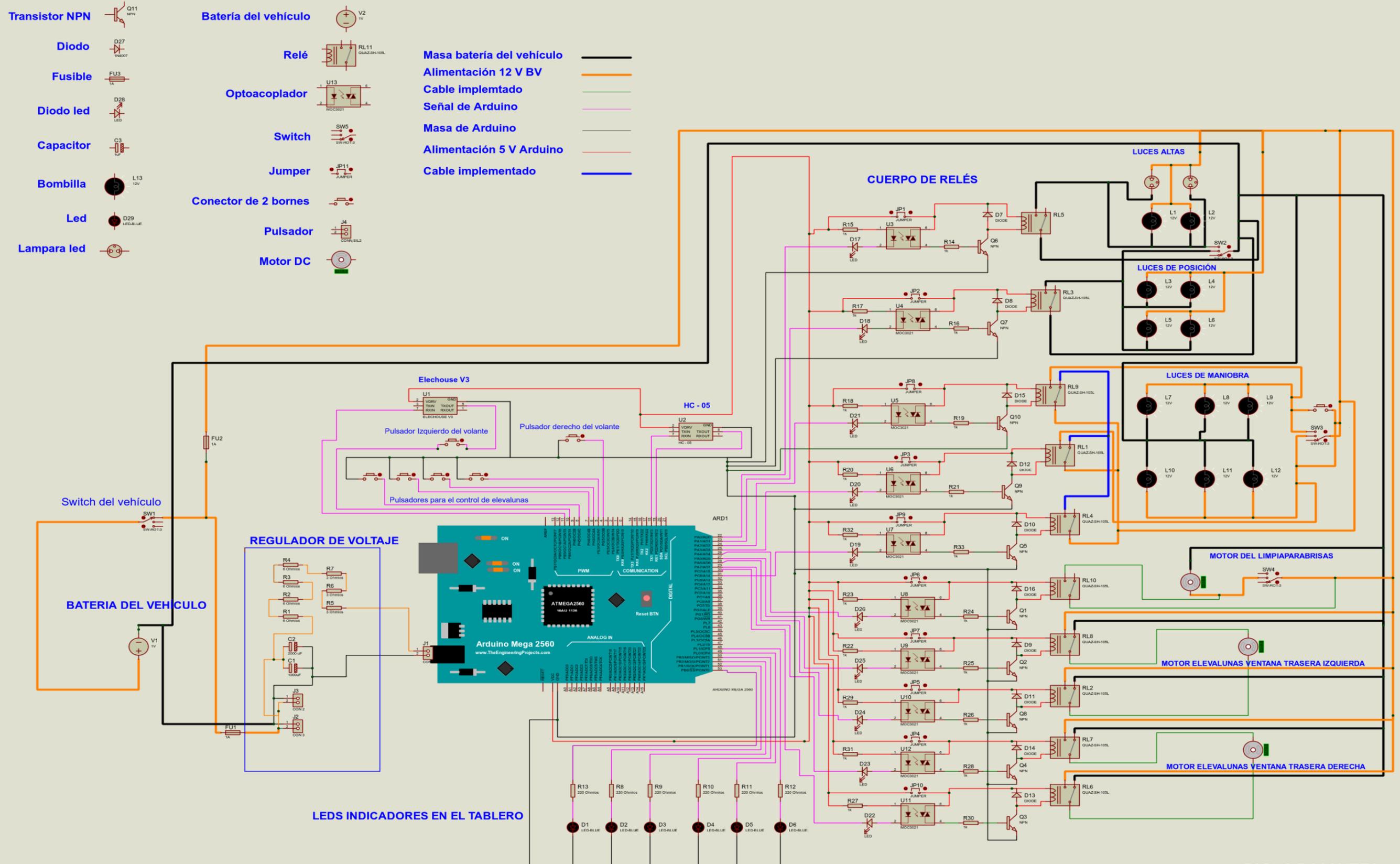
 call TinyDB1 .StoreValue
 tag C10
 valueToStore C10 . Text

 call TinyDB1 .StoreValue
 tag V1

```

### ANEXO XIII

## DIAGRAMA ELECTRONICÓ GENERAL DE EL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ MONTADO EN EL VEHÍCULO



PABLO BASANTES