

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



MEJORAR Y ADAPTAR EL PROTOTIPO ROBOT BUSCAMINAS
PARA LA COMPETENCIA MUNDIAL MINESWEEPERS 2023

Elaborado por:

SERGIO GARCIA MOYA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO A CONSIDERACIÓN DE LA “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA INFORMÁTICA.

TARIJA – BOLIVIA
GESTION 2023

.....

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia

DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

.....

M.Sc. Ing. Gustavo Succi

VICEDECANO

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

APROBADO POR TRIBUNAL:

.....

CESPEDES MACHICAO MARCELO

.....

PADILLA VEDIA JIMENA EUFEMIA

.....

JALIL ANGULO RAQUEL IVONNE

El Tribunal calificador del presente Proyecto de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en este trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades

AGRADECIMIENTOS:

A la **U.A.J.M.S.** por haberme acogido y brindado una educación honorable impactando mi vida en el ámbito profesional y personal.

A mis **Docentes** por compartir sus conocimientos, enseñanzas y valores en las aulas a lo largo de estos años en la Universidad.

A **Dios** por guiarme, iluminar mi camino y darme un día más de vida.

A mi **familia** por su apoyo incondicional brindado, especialmente a mi querida madre porque sin su apoyo esto no podría ser posible.

A mis **amig@s** por su constante compañía y por brindarme su apoyo incondicional.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. GENERALIDADES.....	2
I.1. Planteamiento del Problema.....	2
I.2. Marco Teórico.....	2
I.2.1. Historia y evolución de la robótica.....	2
I.2.1.1. Antigüedad y época medieval.....	2
I.2.1.1.1. Antiguo Egipto y Grecia.....	2
I.2.1.1.2. China medieval.....	3
I.2.1.1.3. Renacimiento.....	3
I.2.1.1.4. Siglo XIX y principios del XX.....	3
I.2.1.1.5. Siglo XX.....	3
I.2.1.1.5.1. Era industrial.....	3
I.2.1.1.5.2. Diversificación.....	3
I.2.1.1.5.3. Siglo XXI.....	4
I.2.2. Principales conceptos en robótica.....	4
I.2.2.1. Robot.....	4
I.2.2.2. Actuador.....	4
I.2.2.3. Sensor.....	5
I.2.2.4. Controlador.....	5
I.2.2.5. Programación.....	6
I.2.3. Tipos de robots.....	6
I.2.3.1. Robots industriales.....	6
I.2.3.2. Robots móviles.....	7
I.2.3.3. Robots humanoides.....	7

I.2.3.4.	Robots colaborativos.....	8
I.2.3.5.	Robots médicos.....	9
I.2.3.6.	Robots de exploración.....	9
I.2.3.7.	Robots educativos.....	10
I.2.3.8.	Robots de entretenimiento.....	11
I.2.4.	Locomoción en robots.....	11
I.2.4.1.	Configuración Geométrica de Ruedas.....	11
I.2.4.2.	Maniobrabilidad.....	13
I.2.4.3.	Estabilidad.....	13
I.2.4.4.	Cinemática de un robot bidireccional.....	13
I.2.5.	Minas Antipersonales y su Detección.....	14
I.2.5.1.	Tipos de Minas Antipersonales.....	14
I.2.5.2.	Minas de Presión.....	14
I.2.5.3.	Minas de Proximidad.....	15
I.2.5.4.	Métodos de Detección.....	15
I.2.5.4.1.	Detección Manual.....	15
I.2.5.4.2.	Caninos Detectores de Minas.....	16
I.2.5.4.3.	Tecnologías Avanzadas.....	17
I.2.6.	Metodologías para el desarrollo del proyecto.....	17
I.2.6.1.	Scrum.....	17
I.2.6.1.1.	Historia.....	17
I.2.6.1.2.	Características de Scrum.....	18
I.2.6.1.3.	Principales Características de Scrum.....	19
I.2.6.1.4.	Roles en Scrum.....	19
I.2.6.1.4.1.	Product Owner (o Propietario del producto).....	19

I.2.6.1.4.2. Scrum Master (o Facilitador).....	19
I.2.6.1.4.3. Desarrollador/a	20
I.2.6.1.5. Flujo de trabajo.....	20
I.2.6.1.5.1. Sprint	20
I.2.6.1.5.2. Planificación de sprint	20
I.2.6.1.5.3. Scrum diario	20
I.2.6.1.5.4. Revisión de sprint	21
I.2.6.1.5.5. Retrospectiva del sprint	21
I.2.6.1.6. Beneficios de Scrum.....	21
I.2.6.1.7. Documentos	22
I.2.6.1.7.1. Product backlog.....	22
I.2.6.1.7.2. Sprint backlog.....	22
I.2.6.1.7.3. Burn down chart	22
I.2.6.2. UML (Lenguaje Unificado de Modelado)	23
I.2.6.2.1. Diagramas utilizados en el desarrollo.....	23
I.2.6.2.1.1. Diagrama de máquinas de estado	23
I.2.6.2.1.2. Diagrama de secuencia	24
I.2.6.2.1.3. Diagrama de actividades.....	24
I.2.6.2.2. Diagramas adicionales	25
I.2.6.2.2.1. Diagrama de bloques	25
I.2.7. Softwares utilizados en el proyecto	26
I.2.7.1. SolidWorks.....	26
I.2.7.1.1. Historia y evolución.....	26
I.2.7.2. Proteus.....	27
I.2.7.3. Fritzing	28

I.2.7.4.	Arduino.....	29
I.2.8.	Componentes mecánicos del proyecto	30
I.2.8.1.	Chasis	30
I.2.8.1.1.	Madera Trupan 9mm	30
I.2.8.2.	Coche eléctrico para niños	30
I.2.8.3.	Sistema de tracción.....	31
I.2.8.3.1.	Motores.....	31
I.2.8.3.2.	Ruedas	31
I.2.8.4.	Mecanismo de elevación o ajuste de altura.....	32
I.2.8.5.	Mecanismo para recolección de minas.....	33
I.2.9.	Componentes para el sistema de comunicación	33
I.2.9.1.	Esp32.....	33
I.2.9.1.1.	Estructura del esp32.....	33
I.2.9.2.	Detector de metales	34
I.2.9.3.	Control de motores	35
I.2.9.4.	Control a distancia.....	35
I.2.9.4.1.	Mando de Ps4	35
I.2.10.	Componentes electrónicos del proyecto	36
I.2.10.1.	Placa PCB.....	36
I.2.10.1.1.	Componentes de la PCB.....	36
I.2.10.1.1.1.	Resistencias	36
I.2.10.1.1.2.	Conector de terminales	37
I.2.10.1.1.3.	Capacitores	37
I.2.10.1.1.4.	Diodos.....	38
I.2.10.1.1.5.	Transistor	39

I.2.10.1.1.6. Amplificador operacional	40
I.2.10.1.1.7. Optoacoplador	41
I.2.10.2. Fuente de Alimentación	42
I.2.10.2.1. Batería de 12V seca o gel	42
I.2.10.2.2. Batería Lipo	43
I.2.10.3. Electroiman	43
I.2.10.3.1. Componentes Principales de un Electroimán	43
I.2.10.3.2. Principio de Funcionamiento.....	43
I.2.10.4. Cables de conexión.....	44
I.2.10.4.1. Cable de cobre	44
I.2.10.4.1.1. Tabla de calibres de cables eléctricos.....	45
I.2.10.4.1.2. Secciones equivalentes de AWG y mm ²	45
I.2.10.4.2. Jumpers.....	46
I.2.10.4.3. Diseño en 3D	47
I.2.10.4.3.1. Impresora 3D.....	47
I.2.10.4.3.2. Filamento PLA	47
I.3. Estado del Arte	48
I.3.1. Competencia Minesweepers	48
I.3.1.1. Minesweepers en Bolivia	49
I.3.2. Antecedentes de trabajos similares.....	52
I.3.3. Prototipo a mejorar	52
I.3.3.1. Diseño mecánico	54
I.3.3.2. Placa PCB.....	54
I.3.3.3. Prototipo final ensamblado.....	55
I.3.3.4. Problemas detectados en el prototipo.....	55

I.3.3.4.1.	Problema N°1. Conexión eléctrica.....	55
I.3.3.4.2.	Problema N°2. Garra del brazo robot	55
I.3.3.4.3.	Problema N°3. Detección de Minas Antipersonales.....	56
I.3.3.4.4.	Problema N°4. Tracción del robot	56
I.3.3.4.5.	Problema N°5. Detector de Metales.....	56
I.3.3.5.	Propuesta solución a problemas	56
I.3.3.5.1.	Solución N°1. Conexión Eléctrica	56
I.3.3.5.2.	Solución N°2. Brazo robot.....	56
I.3.3.5.3.	Solución N°3. Detección de Minas Antipersonales	56
I.3.3.5.4.	Solución N°4. Tracción del robot	57
I.3.3.5.5.	Solución N°5. Detector de Metales.....	57
I.4.	Objetivos.....	57
I.4.1.	Objetivo General.....	57
I.4.2.	Objetivos Específicos	57
I.5.	Matriz de Marco Lógico (MML).....	58
CAPITULO II. COMPONENTES		62
II.1.	Componente 1: Diseñar, ensamblar y programar un prototipo robot buscaminas mejorando así la movilidad, precisión y durabilidad del prototipo.	62
II.1.1.	Sprint 1. Planificación y Diseño Inicial.....	62
II.1.1.1.	Elección de componentes	62
II.1.1.1.1.	Placa de desarrollo	62
II.1.1.1.1.1.	Especificaciones de la placa ESP y la placa Arduino	62
II.1.1.1.1.2.	Conectividad Avanzada: Wi-Fi y Bluetooth Integrados	63
II.1.1.1.1.3.	Potencia de Procesamiento Superior	63
II.1.1.1.1.4.	Amplio Conjunto de Pines de Entrada/Salida (I/O).....	64

II.1.1.1.1.5.	Mayor Capacidad de Memoria.....	64
II.1.1.1.1.6.	Relación Costo-Beneficio	64
II.1.1.1.2.	Sistema de comunicación.....	64
II.1.1.1.2.1.	Conexión mediante Dirección MAC.....	64
II.1.1.1.2.2.	Beneficios de la Conexión Inalámbrica	64
II.1.1.1.2.2.1.	Flexibilidad y Movilidad.....	64
II.1.1.1.2.2.2.	Menos Limitaciones de Diseño	65
II.1.1.1.2.2.3.	Integración más Sencilla	65
II.1.1.1.2.3.	Implementación.....	65
II.1.1.1.3.	DC Motor Driver 2x15A.....	65
II.1.1.1.3.1.	Características Principales.....	66
II.1.1.1.3.2.	Código de Prueba para el DC Motor Driver 2x15A Lite	66
II.1.1.1.3.2.1.	Hardware Requerido	66
II.1.1.1.3.2.2.	Configuración del Hardware	67
II.1.1.1.3.2.3.	Descripción del Código.....	67
II.1.1.1.3.2.4.	Uso del Teclado.....	67
II.1.1.1.4.	Electroiman	68
II.1.1.1.4.1.	Descripción del Electroimán	68
II.1.1.1.4.2.	Capacidad de Elevación Óptima:	68
II.1.1.1.4.3.	Voltaje de Operación Compatible:.....	68
II.1.1.1.4.4.	Tipo de Operación - Ventosa Solenoide:	68
II.1.1.1.4.5.	Disponibilidad y Costo:.....	69
II.1.1.1.5.	Motores DC.....	69
II.1.1.1.5.1.	Optimización de Torque y Velocidad	69
II.1.1.1.5.2.	Precisión en el Control de Movimiento.....	69

II.1.1.1.5.3.	Reducción de la Velocidad de Salida.....	69
II.1.1.1.5.4.	Durabilidad y Resistencia al Desgaste	69
II.1.1.1.5.5.	Integración en el Diseño Mecánico	69
II.1.2.	Sprint 2. Desarrollo del Sistema Mecánico	70
II.1.2.1.	Plataforma superior del Robot.....	70
II.1.2.2.	Ensamblaje de Plataforma Superior	70
II.1.2.3.	Sistema de tracción.....	70
II.1.2.4.	Mecanismo para recolección de Minas	72
II.1.2.4.1.	Base para recolección de minas	72
II.1.2.4.2.	Brazo con electroimán.....	72
II.1.2.4.2.1.	Unión Brazo/Electroimán.....	73
II.1.2.4.2.2.	Unión Electroimán	74
II.1.2.4.2.3.	Rosca Electroimán.....	74
II.1.2.4.2.4.	Ensamblaje brazo con electroimán.....	74
II.1.2.5.	Mecanismo de elevación	75
II.1.3.	Sprint 3. Desarrollo del Sistema Eléctrico.....	76
II.1.3.1.	Detector de Metales.....	76
II.1.3.1.1.	Diseño esquemático para el detector de metales	76
II.1.3.1.2.	Componentes utilizados para el detector de metales.....	76
II.1.3.2.	Entradas PWM	78
II.1.3.2.1.	Diseño Esquemático Entrada PWM	78
II.1.3.2.2.	Componentes utilizados para entradas PWM.....	78
II.1.3.3.	Salidas de 12V.....	79
II.1.3.3.1.	Diseño esquemático Salidas de 12V	79
II.1.3.3.2.	Componentes utilizados para Salida de 12V	79

II.1.3.4.	Placa PCB completa	80
II.1.3.4.1.	Diseño de la PCB	80
II.1.4.	Sprint 4. Pruebas y programación del prototipo robot.....	82
II.1.4.1.	Sistema del Robot.....	82
II.1.4.2.	Diagrama de Secuencia	83
II.1.4.2.1.	Sistema de tracción.....	83
II.1.4.2.1.1.	Adelante/atrás.....	83
II.1.4.2.1.2.	Izquierda/derecha	83
II.1.4.3.	Mecanismo de detección	84
II.1.4.4.	Mecanismo de recolección	85
II.1.4.5.	Diagrama de Actividades	86
II.1.4.5.1.	Diagrama de actividad. Sensor de Metales	86
II.1.4.5.2.	Diagrama de actividad. Sistema de Comunicación	87
II.1.4.6.	Diagrama de Bloques	87
II.1.4.6.1.	Diagrama de Bloque. Driver Motor	87
II.1.4.6.2.	Diagrama de bloque. Sistema de Tracción.....	88
II.1.4.6.3.	Diagrama de bloque. Mecanismo de elevación para detector de metales 89	
II.1.4.6.4.	Diagrama de bloque. Mecanismo de recolección.....	89
II.1.4.7.	Pruebas de código.....	90
II.1.4.7.1.	Alimentación a la Esp32	90
II.1.4.7.2.	Prueba. detector de metales.....	91
II.1.4.7.2.1.	Definición de Pines	92
II.1.4.7.2.2.	Parámetros de Configuración.....	92
II.1.4.7.2.3.	Inicialización	92

II.1.4.7.2.4.	Configuración inicial en setup().....	93
II.1.4.7.2.5.	Bucle Principal en loop().....	93
II.1.4.7.2.6.	Función leerSensorDetector()	93
II.1.4.7.2.7.	Lanzamiento del Pulso y Lectura del Sensor	93
II.1.4.7.2.8.	Salida Serial y Control de LED y Zumbador	94
II.1.4.7.3.	Prueba de salida PWM	94
II.1.4.7.3.1.	Conexión Driver con esp32.....	95
II.1.4.7.4.	Prueba Salida 12V.....	98
II.1.4.7.4.1.	Código de prueba para salida 12V	99
II.1.5.	Sprint 5. Ensamblaje del prototipo robot.....	100
II.1.5.1.	Material utilizado para el ensamblaje del prototipo	100
II.1.5.2.	Ensamblaje Del Sistema Mecánico	102
II.1.5.2.1.	Chasis superior	102
II.1.5.2.2.	Mecanismo de Brazo Robot	103
II.1.5.2.3.	Mecanismo de elevación	103
II.1.5.3.	Ensamblaje del sistema electrónico.....	104
II.1.5.3.1.	Consumo energético.....	104
II.1.5.3.1.1.	Suma total de consumo energético.....	104
II.1.5.3.2.	Conexiones Jumper y Cable de 2,5mm.....	105
II.1.5.3.3.	Alimentación de los Drivers.....	105
II.1.5.3.4.	Alimentación de la placa PCB	106
II.1.5.3.5.	Automatización de la autonomía.....	106
II.1.6.	Análisis comparativo entre versión anterior y versión actual.....	106
II.2.	Componente 2: Socializar el prototipo Robot en la competencia Mundial Minesweepers.	108

II.2.1.	Preparación del Material de Presentación	108
II.2.1.1.	Descripción del Robot.....	108
II.2.1.2.	Tecnologías Utilizadas	108
II.2.2.	Desarrollo de una Presentación	108
II.2.2.1.	Estructura de la Presentación:	108
II.2.2.2.	Demostración en Vivo.....	108
II.2.3.	Participación en la Competencia	108
II.2.3.1.	Registro y Preparación	108
II.2.3.2.	Pruebas Previas	109
II.2.4.	Promoción en Redes Sociales.....	109
II.2.4.1.	Publicaciones Antes del Evento	109
II.2.4.2.	Actualizaciones en Tiempo Real.....	109
II.2.5.	Colaboración y Networking.....	109
II.2.5.1.	Interacción con Otros Participantes.....	109
CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
III.1.	Conclusiones.....	110
III.2.	Recomendaciones	110
BIBLIOGRAFIA		111

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	12
Configuración de ruedas.....	12
Tabla 2.....	45
Tabla de calibre de cables eléctricos	45
Tabla 3.....	45
Equivalencia AWG/mm2	46
Tabla 4.....	53
Componentes prototipo.....	53
Tabla 5.....	58
Matriz de Marco Lógico.....	58
Tabla 6.....	62
Especificaciones de la placa ESP y la placa Arduino.....	62
Tabla 7.....	70
Medidas de corte de madera	70
Tabla 8.....	71
Componentes Utilizado del coche eléctrico	71
Tabla 9.....	76
Tabla de resistencias.....	76
Tabla 10.....	77
Tabla de transistores	77
Tabla 11.....	77
Tabla de capacitores	77
Tabla 12.....	77
Tabla de diodos.....	77

Tabla 13.....	77
Tabla de amplificador operacional	77
Tabla 14.....	78
Tabla de resistencias.....	78
Tabla 15.....	78
Tabla de capacitores	78
Tabla 16.....	78
Tabla de amplificador operacional	79
Tabla 17.....	79
Tabla de resistencias.....	79
Tabla 18.....	79
Tabla de transistores	79
Tabla 19.....	80
Tabla de amplificador operacional	80
Tabla 20.....	100
Material para el ensamblaje.....	100
Tabla 21.....	104
Consumo energético de los componentes a utilizar en el prototipo	104
Tabla 22.....	105
Consumo energético total del prototipo.....	105
Tabla 23.....	106
Análisis comparativo	106

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	4
Actuadores	4
Figura 2.	5
Sensores	5
Figura 3.	5
Microcontrolador (Romeo).....	5
Figura 4.	6
Robot industrial	6
Figura 5.	7
Robot móvil (Dron)	7
Figura 6.	8
Robot humanoide.....	8
Figura 7.	8
Robot colaborativo (Manufactura)	8
Figura 8.	9
Robot medico.....	9
Figura 9.	10
Robot de exploración.....	10
Figura 10.	10
Lego Mindstorms.....	10
Figura 11.	11
Robot Sony's Aibo	11
Figura 12.	13
Ubicación del robot	13

Figura 13.	14
Minas de Presión	14
Figura 14.	15
Mina de proximidad (M18 Claymore).....	15
Figura 15.	16
Detección Manual.....	16
Figura 16.	16
Perro adiestrado para detección de minas.....	16
Figura 17.	17
Tecnología Avanzada (Robot detector de minas).....	17
Figura 18.	23
Diagrama de máquina de estado.....	23
Figura 19.	24
Diagrama de secuencia	24
Figura 20.	25
Diagrama de actividades.....	25
Figura 21.	25
Diagrama de bloques	25
Figura 22.	27
SolidWorks	27
Figura 23.	27
Proteus	27
Figura 24.	27
Etapas de Proteus.....	28
Figura 25.	28

Fritzing.....	28
Figura 26.	29
Arduino.....	29
Figura 27.	30
Madera Trupan 9mm	30
Figura 28.	30
Coche eléctrico todo terreno.....	30
Figura 29.	31
Motor dc con engranajes.....	31
Figura 30.	32
Rueda del robot.....	32
Figura 31.	32
Motor para vidrio eléctrico.....	32
Figura 32.	33
Estructura de Pines de la Esp32 de 30 pines	33
Figura 33.	34
White's Coin Master.....	34
Figura 34.	35
Dc Motor Driver 2x15A	35
Figura 35.	35
Mando DUALSHOCK 4	36
Figura 36.	36
Resistencias	36
Figura 37.	37
Conector de terminales	37

Figura 38.	38
Capacitores	38
Figura 39.	39
Diodo	39
Figura 40.	39
Tipo de transistores.....	39
Figura 41.	40
Amplificador Operacional	40
Figura 42.	41
Optoacoplador	41
Figura 43.	42
Bateria 12 V	42
Figura 44.	43
Batería Lipo	43
Figura 45.	44
Electroiman.....	44
Figura 46.	44
Tipos de cable.....	44
Figura 47.	46
Jumpers.....	46
Figura 48.	47
Partes de una impresora en 3D	47
Figura 49.	47
Filamento PLA	47
Figura 50.	49

Competencia Nacional Minesweepers 2018.....	49
Figura 51.	49
Capacitación alumnos de la carrera de Ingeniería Informática (UAJMS).....	49
Figura 52.	50
Robot y premio de la competencia Nacional Minesweepers 2019.....	50
Figura 53.	50
Competencia Regional Latino Americana Minesweepers 2019, Tarija	51
Figura 54.	51
Competencia Regional Latinoamericana Minesweepers 2022.....	51
Figura 55.	54
Diseño del prototipo robot.....	54
Figura 56.	54
Diseño PCB en 3D.....	54
Figura 57.	55
Ensamblado final del prototipo.....	55
Figura 58.	65
Implementación de la Librería PS4Controller.h.....	65
Figura 59.	68
Diagrama de conexión del driver.....	68
Figura 60.	70
Plataforma Superior.....	70
Figura 61.	71
Sistema de tracción.....	71
Figura 62.	72
Base para recolección de minas.....	72

Figura 63.	72
Brazo de electroimán	72
Figura 64.	73
Unión Brazo/Electroimán	73
Figura 65.	74
Unión Electroimán.....	74
Figura 66.	74
Rosca Electroimán	74
Figura 67.	74
Ensamblaje brazo con electroimán	74
Figura 68.	75
Soporte de Mecanismo de elevación	75
Figura 69.	76
Diseño esquemático para el detector de metales	76
Figura 70.	78
Diseño esquemático Entrada PWM	78
Figura 71.	79
Diseño esquemático Salidas de 12V.....	79
Figura 72.	80
Diseño de la PCB.....	80
Figura 73.	81
Diseño en 3D	81
Fuente: Elaboración propia.....	81
Figura 74.	82
Diagrama de bloques del Sistema Robot.....	82

Figura 75.	83
Movimiento adelante/atrás	83
Figura 76.	83
Movimiento izquierdo/derecha.....	83
Figura 77.	84
Mecanismo de detección	84
Figura 78.	85
Mecanismo de recolección	85
Figura 79.	86
Diagrama de Actividad. Sensor de Metales.....	86
Figura 80.	87
Diagrama de Actividad. Mando de PS4	87
Figura 81.	87
Diagrama de Bloque Driver Motor.....	87
Figura 82.	88
Diagrama de bloque Sistema de Tracción	88
Figura 83.	89
Diagrama de bloque Mecanismo de elevación	89
Figura 84.	89
Diagrama de Bloque Mecanismo de recolección	89
Figura 85.	91
Alimentación a la Esp32.....	91
Figura 86.	91
Esquema de prueba para detector de metales	91
Figura 87.	95

Prueba salida PWM	95
Figura 88.	95
Conexión driver con esp32.....	95
Figura 89.	99
Prueba salida 12V.....	99
Figura 90.	102
Ensamblaje completo del sistema mecánico	102
Figura 91.	103
Brazo robot	103
Figura 92.	103
Mecanismo de elevación	103
Figura 93.	106
Ensamblaje del sistema electrónico dentro del prototipo robot.....	106