

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



**TEMA:**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT AGRÍCOLA PARA CULTIVO  
AUTOMÁTICO A PEQUEÑA ESCALA**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de  
Ingeniera en Mantenimiento Eléctrico

**AUTORA:**

Beatriz Del Cisne Quinchiguango Ortiz

**DIRECTOR:**

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

**Ibarra,2023**



## 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:	1003532619		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Quinchiguango Ortiz Beatriz Del Cisne		
DIRECCIÓN:	San Pablo- Comunidad Angla- km 5		
EMAIL:	bdquinchiguango@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	0968153465	TELÉFONO MÓVIL:	0968966086

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE ROBOT AGRICOLA PARA CULTIVO AUTOMATICO A PEQUEÑA ESCALA
AUTOR (ES):	Quinchiguango Ortiz Beatriz Del Cisne
FECHA: DD/MM/AAAA	04/09/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Mantenimiento Electrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

## **2. Constancia**

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

Ibarra, a los 04 días del mes de septiembre de 2023

**EL AUTOR:**

A handwritten signature in blue ink that reads "Beatriz Del Cisne". The signature is written in a cursive style and is enclosed within a hand-drawn oval shape.

---

Quinchiguango Ortiz Beatriz Del Cisne

C.I. 100353261-9

## ACEPTACION DEL DIRECTOR

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

### CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo implementación elaborado por la señorita estudiante: Quinchiguango Ortiz Beatriz Del Cisne, certifico que se ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de implementación titulado **"IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE ROBOT AGRICOLA PARA CULTIVO AUTOMATICO A PEQUEÑA ESCALA"**. Para la obtención del título de Ingeniera en Mantenimiento Eléctrico: aprobado la defensa, impresión y empastado.



Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

## **DEDICATORIA**

*“NUNCA DIGAS, NO PUEDO”.*

**Rosario María Guerrero Castro**

Dedico el presente trabajo a DIOS por haberme dado fuerza para lograr mis metas planteadas.

A mi madre Manuela, mi eterna amiga, sé que durante el largo camino de la vida siempre contaré con tu compañía, gracias a ti soy la mujer que soy, aprendí de tu fuerza, de tus ganas de salir adelante. Te agradezco por todo el cariño y apoyo incondicional que me has brindado siempre, por los sabios consejos que me has dado, por tu amor y paciencia, has sido mi inspiración para ser mejor cada día.

A mis madrinas, Rosario, Diana Luz y Jenny quienes han sabido ser unas excelentes segundas madres para mí, su apoyo a sido en los buenos y en los malos momentos y les estaré eternamente agradecida.

A mi padre José, gracias por tus enseñanzas ya que, de ti, es que adquiriré estas ganas de seguir una carrera técnica. Gracias, por apoyarme en esta vocación.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por acogerme y darme una oportunidad de formarme como profesional, a sus docentes que a lo largo de mi periodo de formación supieron ser una guía de formación profesional compartiendo sus experiencias y conocimientos.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Francisco Naranjo por el tiempo y la paciencia que me brindo durante todo este tiempo, hasta poder culminar exitosamente mi carrera profesional.

Al Ing. Alfonso Vásquez que DIOS lo tenga en su gloria. A los Ing. Carlos Martínez, Olger Arellano, Hernán Pérez, Pedro García y Leuber Rosa por impartirme sus conocimientos y su amor por la profesión.

A mis amigos y compañeros que hicieron mi estancia en la Universidad y las tardes de estudio más llevaderas. En especial a mi grupo de amigos Andres, Sebastian, Inty y Dennys que han sido unos excelentes amigos.

## ÍNDICE

Antecedentes .....	xxi
Planteamiento del problema.....	xxiii
Formulación del problema.....	xxiv
Objetivos .....	xxiv
Objetivo general .....	xxiv
Objetivos específicos .....	xxiv
Justificación.....	xxiv
Alcance .....	xxv
CAPITULO 1 .....	1
Sistemas agrícolas para cultivos automáticos en huertos urbanos familiares.....	1
1.1. Farmbot .....	1
1.2. Home Connect (Bosch) .....	3
1.3. Robots autodirigidos.....	5
1.4. Robot cosechador automático .....	5
1.5. Robots de supervisión y mantenimiento.....	6
1.6. Sistemas agrícolas para cultivos automáticos en huertos familiares urbanos .	7
1.6.1. Proceso de siembra de plantas.....	7
• Preparación del suelo .....	7
• Riego .....	9
• Cuidado de la planta.....	10
• Control de temperatura y humedad .....	10

1.7.	Dispositivos para la automatización de procesos de cultivo .....	11
•	Microcontroladores.....	12
•	Arduino.....	12
•	Raspberry Pi .....	12
•	Sensores .....	13
•	Actuadores .....	13
•	Cámaras y drones.....	13
•	Sistema de posicionamiento (GPS) .....	14
1.8.	Conclusión.....	14
CAPITULO 2 .....		15
Diseño del robot agrícola .....		15
2.	Metodología.....	15
Modelo espiral modificado.....		15
2.1.	Análisis .....	16
2.2.	Características del robot agrícola a cumplir.....	16
2.3.	Criterios utilizados para la selección de materiales .....	17
2.4.	DISEÑO.....	17
2.5.	Diseño mecánico .....	17
2.5.1.	Selección del material para la mesa de cultivo .....	18
2.5.2.	Criterios para evaluar el tipo de material para la estructura de la mesa de cultivo	20
2.5.3.	Criterio para evaluar el tipo de madera con el que se realizara el encofrado de la esa de cultivo.....	21



2.5.4.	Criterio para evaluar el perfil de aluminio con el que se realizó el tren móvil para el desplazamiento en los ejes X y Y.....	22
2.6.	Diseño electrónico.....	23
•	Criterio para evaluar las características que requiere en Arduino.....	23
•	Criterio para evaluar el modelo de Raspberry.....	24
•	Criterio para evaluar el tamaño del piñón .....	25
•	Eje X.....	25
•	Eje Y.....	27
•	Eje z.....	27
•	Criterio para evaluar el motor paso a paso .....	28
	Eje X.....	28
	Eje Y.....	29
	Eje Z.....	30
•	Criterio para evaluar el driver para el motor paso a paso .....	31
•	Criterio para seleccionar la posición de la válvula solenoide .....	32
•	Criterio para seleccionar el tipo de sensor de humedad .....	32
•	Criterio para seleccionar el tipo de bomba hidráulica.....	33
•	Criterio para seleccionar el reloj de tiempo real .....	33
•	Criterio para seleccionar la cámara.....	34
•	Criterio para seleccionar el tipo de fuente de alimentación.....	34
•	Criterio para seleccionar el tipo de filamento para las impresiones 3D.....	35

•	Lista de dispositivos seleccionados .....	36
2.7.	Diseño de software.....	37
•	Arduino .....	37
2.7.1.	Flujograma de procesos que realizo el robot agrícola.....	38
•	Proceso de siembra y abonado .....	39
•	Proceso de riego (agua) .....	39
•	Proceso de fumigación .....	40
•	Mantenimiento (mala hierba) .....	41
•	Cosecha.....	41
2.7.2.	MIT Inventor (aplicación).....	42
2.7.3.	Conclusión .....	43
CAPÍTULO 3 .....		44
Implementación y pruebas de funcionamiento .....		44
3.1.	Implementación mecánica del prototipo .....	44
3.1.1.	Fabricación de la mesa de cultivo .....	44
3.1.2	Ubicación de líneas guías para los ejes X, Y y Z. ....	46
3.2.	Implementación electrónica del prototipo .....	52
3.2.1.	Control de motores.....	53
3.2.2.	Siembra.....	54
3.2.3.	Abonado.....	56
3.2.4.	Riego.....	58

3.2.5.	Control de humedad del suelo .....	58
3.2.6.	Fumigación.....	59
3.2.7.	Sistema de riego (agua, abono, fumigación).....	60
3.2.8.	Arado (mala hierba) .....	61
3.2.9.	Cosecha.....	62
3.3.	Implementación de software.....	63
3.3.1.	MIT APP Inventor.....	63
3.4.	Pruebas de funcionamiento.....	69
3.4.1.	Calendario lunar.....	69
3.4.2.	Siembra.....	71
3.4.3.	Riego (abonado) .....	75
3.4.4.	Lectura de sensores.....	76
3.4.5.	Arado .....	77
3.4.6.	Fumigación.....	80
3.4.7.	Cosecha.....	81
3.4.8.	Cámara (Fotos).....	84
3.5.	Software .....	85
3.5.1.	Arduino.....	86
3.5.2.	Python.....	88
3.5.3.	MIT APP Inventor.....	89
3.6.	Resultados.....	91
3.6.1.	Desempeño de los drivers .....	91
3.6.2.	Desempeño del proceso de siembra.....	91

3.6.3.	Desempeño del proceso de arado .....	92
3.6.4.	Desempeño del proceso de sistema de riego (agua, abonado, fumigación) 92	
3.6.5.	Desempeño de los sensores de humedad de suelo .....	92
3.6.6.	Desempeño del proceso de cosecha .....	93
3.6.7.	Desempeño de los finales de carrera.....	93
3.6.6.	Desempeño de fuentes de voltaje .....	93
3.7.	Conclusiones.....	93
3.8.	Recomendaciones .....	94
	Bibliografía .....	95
	ANEXOS .....	114
	MANUAL DE USUARIO .....	117
	REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT AGRICOLA .....	117
	Alimentación.....	117
	Internet	117
	Suministro de Agua.....	117
	INSTALACION DE EJES .....	118
	Eje X	118
	Eje Y	119
	ESTRUCTURA DEL ARCO MÓVIL .....	120
	TREN MOTRIZ.....	123
	Carro transversal.....	124
	Eje z	126

ENSAMBLE DE PROCESOS .....	128
Siembra.....	128
Arado 131	
Cosecha.....	132
DIAGRAMA DE TUBERÍA.....	134
Sistema de Riego.....	134
Guía para la creación de abono líquido.....	134
Guía para la creación de líquido fumigante.....	136
Ajo ají 136	
Infusión de cola de caballo.....	136
Vinagre de manzana .....	136
Software .....	136
Actualización del calendario lunar .....	137
Funcionamiento de la aplicación .....	140
Ingreso a la aplicación.....	140
Pasos para sembrar .....	146
Riego 149	
Múltiples procesos.....	150
Movimiento de motores .....	151
Home 152	
MANUAL TECNICO .....	157
1. Introducción.....	157
2. Características técnicas del robot agrícola.....	157

3.	Características de los elementos que conforman el robot agrícola .....	157
	4 motores paso a paso Nema 17 .....	157
	DRV8825.....	158
	Arduino Mega.....	158
	Raspberry Pi 4 .....	158
	Válvula senoidal.....	159
	Sensor de humedad.....	159
	Fuentes de alimentación 1 .....	160
	Fuente de alimentación 2.....	160
	Bomba sumergible .....	160
4.	Mesa de cultivo.....	160
•	Parte Interna.....	162
•	Parte externa.....	163
5.	Ejes y arco del robot.....	164
•	Ejes.....	164
•	Arco móvil .....	165
6.	Mantenimiento de accesorios y dispositivos.....	166
•	Cámara .....	167
•	Sistema de riego.....	168
•	Mantenimiento eléctrico.....	168
	Motores 168	
	Protecciones .....	169
	Fuentes de alimentación .....	169

• Conexiones.....	169
7. Sistema de protección .....	173
8. Errores y correcciones.....	174
Semillas.....	174
No absorbe semillas.....	174
El servo no abre su compuerta: .....	175
El tubo torcido .....	175
Movimiento de motores en eje x, y y z .....	175
Verificar espaciadores excéntricos de las placas .....	175
Movimiento en Z.....	175
Correas 176	
No enciende .....	176
No se conecta con la aplicación (internet).....	176
Salta la protección térmica .....	179
Recomendaciones.....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Farmbot.....	2
Figura 2 Aplicación de Farmbot .....	2
Figura 3 Herramientas de Farmbot .....	3
Figura 4 SwartGrow .....	4
Figura 5 Robot agrícola autodirigido .....	5
Figura 6 Robot cosechador automático.....	6
Figura 7 Robot de supervisión y mantenimiento agrícola.....	7
Figura 8 Tierra esponjosa .....	8
Figura 9 Estiércol .....	8
Figura 10 Siembra.....	9
Figura 11 Riego.....	9
Figura 12 Sensor de humedad.....	10
Figura 13 Control de plagas .....	11
Figura 14 Cosecha.....	11
Figura 15 Arduino.....	12
Figura 16 Raspberry Pi .....	13
Figura 17 Modelo en espiral modificado.....	16
Figura 18 Dimensiones de la mesa de cultivo.....	18



Figura 19 Diseño de ejes X, Y y Z.....	18
Figura 20 Diseño electrónico.....	23
Figura 21 IDE de Arduino.....	38
Figura 22 Proceso de siembra y abonado.....	39
Figura 23 Proceso de riego (agua) fuente: Autor .....	40
Figura 24 Proceso de fumigación.....	40
Figura 25 Proceso de mantenimiento (mala hierba) .....	41
Figura 26 Proceso de cosecha.....	42
Figura 27 MIT inventor .....	42
Figura 28 Madera de Guayabillo .....	44
Figura 29 Estructura de la mesa de cultivo .....	45
Figura 30 Mesa de cultivo de 4m <sup>2</sup> .....	45
Figura 31 Guías fijas en X, Y y Z .....	46
Figura 32 Simulación de placa para ejes X1 y X2.....	47
Figura 33 Placa del eje X .....	47
Figura 34 Placas de ejes X1 y X2 .....	48
Figura 35 Poleas para ejes X, Y y Z.....	48
Figura 36 Motores X1 y X2.....	49
Figura 37 Correa dentada .....	49

Figura 38 Placa del eje Y .....	50
Figura 39 Placa con motor para eje Y y guía para Z.....	50
Figura 40 Eje Y vista frontal .....	51
Figura 41 Correa dentada para el eje Y .....	51
Figura 42 Motor del eje Z .....	52
Figura 43 Eje Z por el reverso .....	52
Figura 44 Conexión de motores Nema 17 con driver DRv8825 .....	53
Figura 45 Modulo de acople para driver .....	53
Figura 46 Conexión de bomba de aire .....	54
Figura 47 Conexión de servo Sg90 .....	54
Figura 48 Impresión 3D recipiente de semillas .....	55
Figura 49 Mecanismo de siembra .....	55
Figura 50 Conexión de DS3231 .....	56
Figura 51 Conexión de bomba hidráulica sumergible a 110V .....	56
Figura 52 Conexión de electroválvula .....	57
Figura 53 Mangueras de goteo .....	58
Figura 54 Conexión de sensor .....	59
Figura 55 Ubicación de los sensores de humedad en la mesa de cultivo .....	59
Figura 56 Diagrama de tubería .....	60

Figura 57 Perforaciones para tubería.....	61
Figura 58 Caja de electroválvulas .....	61
Figura 59 Diseño 3D de arado .....	62
Figura 60 Conexión de Servomotor Mg995.....	62
Figura 61 Impresión 3D garra .....	63
Figura 62 Inicio de la aplicación .....	64
Figura 63 Usuario y contraseña .....	65
Figura 64 Información de humedad del suelo .....	65
Figura 65 Interfaz de siembra .....	66
Figura 66 Lista de hortalizas de 1,2 y 3.....	67
Figura 67 Lista de hortalizas y plantas medicinales de 4 .....	67
Figura 68 Interfaz de riego .....	68
Figura 69 Interfaz de abonado .....	68
Figura 70 Interfaz de mover .....	69
Figura 71 Notificaciones del calendario lunar.....	70
Figura 72 Cases de siembra 1,2, 3 y 4.....	71
Figura 73 Programa de siembra.....	72
Figura 74 Puntos de siembra1 .....	72
Figura 75 Puestos de siembra .....	73

Figura 76 Punto centro para siembra .....	73
Figura 77 Proceso de siembra .....	74
Figura 78 Semillas plantadas .....	74
Figura 79 Brotes de rábano.....	75
Figura 80 Case 4 de Arduino abonado.....	75
Figura 81 Abonado mediante mangueras de goteo .....	76
Figura 82 Case de Arduino para leer sensores .....	76
Figura 83 Puerto Serial de Arduino lectura de sensores .....	77
Figura 84 Interfaz para lectura de sensores .....	77
Figura 85 Arado en funcionamiento .....	78
Figura 86 Tierra removida .....	78
Figura 87 Recorrido que se realiza en la mesa de cultivo.....	79
Figura 88 Case de arado de Arduino .....	79
Figura 89 Código de recorrido de arado.....	80
Figura 90 Case de fertilización .....	80
Figura 91 Interfaz de fumigación .....	80
Figura 92 Temporizadores para cosecha 1,2,3 y 4 .....	82
Figura 93 Casos de cosecha en Arduino .....	82
Figura 94 Pasos de Cosecha en Arduino.....	83

Figura 95 Recorrido de cosecha .....	83
Figura 96 Garra .....	84
Figura 97 Cámara .....	85
Figura 98 Imágenes capturadas con la cámara .....	85
Figura 99 Ventanas de Arduino.....	86
Figura 100 Código de Arduino .....	88
Figura 101 Código de Python.....	89
Figura 102 Registro de usuario .....	90
Figura 103 Código de bloques de los procesos del robot .....	90
Figura 1 Eje X .....	118
Figura 2 Soporte de eje X .....	119
Figura 3 Placa de X.....	120
Figura 4 Angulo de unión de arco móvil .....	121
Figura 5 Soporte para portacables de eje Y .....	122
Figura 6 Soporte de portacables de X.....	122
Figura 7 Ruedas en contacto con la parte lisa de las ruedas.....	123
Figura 8 Correa de X.....	124
Figura 9 Placa de eje Y .....	125
Figura 10 Placa de eje Z .....	125

Figura 11 Soporte para motor de Z .....	126
Figura 12 Acople flexible de Z.....	127
Figura 13 Portacables de Z.....	128
Figura 14 Ensamble de bomba de aire .....	129
Figura 15 Ensamble de semillero.....	130
Figura 16 Mecanismo de siembra ensamblado en el eje Z.....	131
Figura 17 Ensamble del arado en el eje Z.....	132
Figura 18 Ensamble del proceso de cosecha en eje Z.....	133
Figura 19 Ensamble de cosecha en el eje Z .....	133
Figura 20 Diagrama de tubería .....	134
Figura 21 Estiércol de cuyes y conejos.....	135
Figura 22 Pantalla de menú .....	138
Figura 23 Sección de cambio de fechas para siembra .....	138
Figura 24 Cambio de fecha .....	139
Figura 25 Pantalla de inicio .....	141
Figura 26 Pantalla de registro .....	142
Figura 27 Pantalla de inicio con usuario y contraseña Fuente: Autor .....	143
Figura 28 Pantalla de notificación de humedad de suelo.....	144
Figura 29 Interfaz de siembra .....	145

Figura 30 Botón para proceso de siembra .....	146
Figura 31 Lista de hortalizas .....	146
Figura 32 Pantalla de siembra con semilla seleccionada.....	147
Figura 33 Iniciar primera siembra.....	148
Figura 34 Secciones para siembra.....	149
Figura 35 Botón para proceso de riego y monitoreo de humedad .....	149
Figura 36 Interfaz de riego .....	150
Figura 37 Botón múltiples procesos .....	150
Figura 38 Interfaz de múltiples procesos.....	151
Figura 39 Secciones para cosecha .....	151
Figura 40 Botón para movilizar motores.....	152
Figura 41 Interfaz de mover .....	152
Figura 42 Botón múltiples procesos .....	152
Figura 43 Interfaz de Home.....	153
Figura 1 Mesa móvil.....	161
Figura 2 Mesa fija.....	162
Figura 3 Cemento asfáltico .....	163
Figura 4 Preservante de madera.....	163
Figura 5 Barniz de madera.....	164

Figura 6 Líneas Guías.....	165
Figura 7 Rodamientos.....	166
Figura 8 cabezales en 3D .....	167
Figura 9 Cámara .....	167
Figura 10 Electroválvulas.....	168
Figura 11 Conexión de motores.....	170
Figura 12 Conexión en el tablero .....	170
Figura 13 Conexión de servos de siembra y cosecha.....	171
Figura 14 Conexión de sistema de riego.....	171
Figura 15 Conexión en el tablero .....	172
Figura 16 Tablero de control .....	172
Figura 17 Dispositivos conectados a Raspberry .....	173
Figura 18 Circuito de protección .....	174
Figura 19 Icono de terminal.....	177
Figura 20 Nombre de puertos en Raspberry .....	178
Figura 21 Python.....	179



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Selección de materiales para mesa de cultivo .....	19
Tabla 2 Resultados de investigación.....	19
Tabla 3 Criterios para evaluar el tipo de material para la estructura de la mesa de cultivo.....	20
Tabla 4 Resultados de investigación.....	20
Tabla 5 Recolección de información de madera para encofrado de la mesa de cultivo .....	21
Tabla 6 Resultados de investigación.....	21
Tabla 7 Recolección de información del modelo para tren motriz.....	22
Tabla 8 Resultados de investigación.....	22
Tabla 9 Recolección de información de modelos de Arduino.....	24
Tabla 10 Resultados de investigación.....	24
Tabla 11 Recolección de información del modelo Raspberry Pi .....	25
Tabla 12 Resultados de investigación.....	25
Tabla 13 Peso de cada elemento del eje X.....	26
Tabla 14 Peso de cada elemento del eje Y.....	27
Tabla 15 Peso de cada elemento del eje Z.....	28
Tabla 16 Recolección de información para el torque y corriente del motor paso a paso en el eje X. ....	29

Tabla 17 Resultados de investigación.....	29
Tabla 18 Recolección de información del torque y corriente del motor paso a paso para el eje Y .....	29
Tabla 19 Resultados de investigación.....	30
Tabla 20 Recolección de información del torque y corriente del motor paso a paso para el eje Z .....	30
Tabla 21 Resultados de investigación.....	30
Tabla 22 Recolección de información de Driver.....	31
Tabla 23 Resultados de investigación.....	31
Tabla 24 Recolección de información para selección el tipo de sensor de humedad .....	32
Tabla 25 Resultados de investigación.....	32
Tabla 26 Recolección de información para selección el tipo de bomba hidráulica...	33
Tabla 27 Resultados de investigación.....	33
Tabla 28 Recolección de información para seleccionar el tipo de reloj de tiempo real .....	34
Tabla 29 Resultados de investigación.....	34
Tabla 30 Recolección de información para seleccionar el tipo de cámara.....	34
Tabla 31 Resultados de investigación.....	34
Tabla 32 Suma de corrientes .....	35

Tabla 33 Recolección de información para seleccionar el tipo de reloj de tiempo real .....	36
Tabla 34 Resultados de investigación.....	36
Tabla 35 Resumen de dispositivos seleccionados.....	37
Tabla 36 Calendario lunar de siembra .....	70
Tabla 37 Case de siembra .....	71
Tabla 38 Cases de Arduino de cosecha.....	81
Tabla 39 Semillas de prueba.....	92

## Resumen

Este proyecto está basado en la construcción de un robot agrícola para zonas urbanas o lugares donde se disponga poco espacio. El proyecto permite cultivar diversas verduras de forma natural sin la necesidad de tener mucho conocimiento de agricultura o programación. Como parte del proyecto, se elaboró un manual de usuario y mantenimiento para que el lector pueda controlar eficientemente el robot agrícola desde su ensamblaje hasta los procesos de cultivación. La mesa del robot está hecha por madera de 1 metro de ancho, 4 metros de largo, y un metro de altura. El cerebro del robot agrícola está conformado por una placa Raspberry y el sistema operativo Linux. Éste facilita todas las funciones del robot agrícola, como siembra, arado, riego y cosecha que son controladas mediante Arduino. Para que el robot agrícola funcione en óptimas condiciones, es necesario el acceso a internet, una línea de 110 V y una fuente de agua. Como parte del proyecto, se elaboró un cronograma lunar que recomienda las fechas óptimas de siembra y cultivo. El tiempo estimado de cultivo de una planta es de 6 a 8 semanas. La tierra debe ser fertilizada para cada siembra adicional.

**Palabras claves:** Huerto urbano, automático, Arduino, cultivar, agrícola

## **Abstract**

This project is based on the construction of an agricultural robot for urban areas or places with limited space. The project allows individuals to grow a variety of vegetables in a natural way without requiring knowledge of agriculture or programming. As part of the project a user and maintenance manual were created to ensure that the reader can control the agricultural robot in an efficient manner from assembly to harvest. The robot's table is made out of wood with dimensions of 1 meter width, 4 meters length and 1 meter tall. The brain of the agricultural robot is built with a Raspberry plaque and a Linux operating system which facilitates all of the functions of the robot including planting, plowing, watering and harvest that are controlled by an Arduino plaque. In order for the robot to function optimally, it requires access to the internet, 110V of power and a source of water. As part of the project, a Lunar calendar was created to recommend optimal planting and harvesting dates. The estimated harvest time for a plant is 6 to 8 weeks. The soil must be fertilized with each additional crop.

**Key Words:**Urban Garden, Automatic, Arduino, Harvest, Agricultural

## **Antecedentes**

La agricultura es una actividad de mucha importancia para el ser humano, es una actividad imprescindible para poder subsistir, el cultivo de frutas y legumbres para el consumo brinda muchos beneficios a la sociedad, proporciona alimentos tanto a nivel local e internacional. Sin la agricultura las personas tendrían que vivir una vida de nómada. La mayor parte de cultivos en la actualidad son monocultivos a grandes escalas.

La práctica de la agricultura también ayuda al planeta, ya que libera oxígeno durante la fotosíntesis, el oxígeno liberado es usado por los humanos y animales para respirar. En el proceso de fotosíntesis, las plantas absorben dióxido de carbono mientras libera oxígeno ayudando a disminuir los altos volúmenes de dióxido de carbono en el aire.

La agricultura es una actividad que consiste en labrar la tierra para cosechar alimentos, esta actividad es realizada en todo el mundo, ya sean países potencia como países en desarrollo ya que de esta actividad depende la alimentación de la población, además que esta práctica ayuda a reducir los índices de pobreza extrema.

En América Latina al tener países en desarrollo es común ver que la población se dedique a la agricultura, gracias al clima y sus estaciones, se tiene las condiciones idóneas para realizarlo, y de ahí la gran variedad de vegetales, frutas y plantas medicinales entre otros que existen en la zona.

Ecuador al estar situado en la mitad del mundo y al poseer sus 4 regiones naturales con diferentes climas, posee una tierra muy fértil que es aprovechada por la población. En el Ecuador varias familias tienen la iniciativa de realizar huertos familiares aportando beneficios al hogar para mejorar la nutrición y ayudar en la economía. (hora, 2019)

Tener un huerto familiar tiene grandes beneficios, esta actividad representa un

ahorro a la canasta familiar, contando siempre con alimentos frescos y sanos “de la mata a la olla”, esta actividad ayuda a reducir el estrés y se adquiere conocimiento sobre el tiempo y proceso de evolución de la planta y como ultimo beneficio esta actividad como su nombre lo dice es un huerto familiar, por lo que es realizado en familia y así poder pasar mayor tiempo juntos. (Castagnino, 2020)

En la actualidad se busca formas de innovar en la agricultura, como plantas más resistentes a climas secos, crecimiento con mayor evolución. La automatización no se queda atrás, ya que existen muchos proyectos que combinan estos 2 factores y obtienen buenos resultados, como la creación de robots autónomos capaces de cultivar alimentos.

La ventaja principal de la tecnología en la agricultura es la búsqueda y creación de tecnologías que realicen actividades de producción donde no se ha podido eliminar el factor humano.

Al momento de incluir la automatización en la agricultura podremos realizar tareas con un cierto nivel de precisión y sin descanso con la excepción de recargar su batería. Tenemos varios factores que mejoran al momento de cambiar los procesos manuales por uno automatizado como, por ejemplo:

- Tiempo de producción
- Seguridad personal
- Producción más flexible
- Ahorro de costos

Al momento de llegar a automatizar un proceso industrial se requiere menos personal para la cadena de producción, se aumenta la eficiencia energética y se protege al personal de entornos peligroso para la salud.

## **Planteamiento del problema**

La Constitución del Ecuador establece como un deber primordial del Estado garantizar el goce efectivo del derecho a la alimentación, los pequeños y medianos productores son los que proveen el 70% de alimentos que consume el país. (COPISA, 2022) La soberanía alimentaria es un derecho de los pueblos a definir y escoger su propio sistema agroalimentario respetando y protegiendo la agro-diversidad, los conocimientos y formas de producción tradicional y ancestrales, bajo los principios de equidad, solidaridad, inclusión, sustentabilidad social y ambiental. (SITEAL, 2018)

En el Ecuador muchas personas poseen un huerto familiar para la producción de alimentos para el autoconsumo, que contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria y económica, y es una metodología sustentable y amigable con el ambiente. Los productos del huerto permiten a la familia consumir su propia producción, lo cual significa un ahorro con relación a su adquisición en el mercado. Para cumplir este derecho y garantizar una producción saludable, libre de químicos tecnificando el cultivo. (Sesiones de capacitación, 2019)

A los huertos familiares se suma la tecnología, ya que, en estos años, el modo de sembrar y cosechar ha cambiado y la tecnología juega un papel importante. (Hydro-environment, 2011) Con el robot agrícola automático a pequeña escala aprovecharemos los espacios urbanos para poder producir alimentos.

Las personas que residen en la ciudad no cuentan con amplios espacios, para poder realizar un huerto familiar tradicional, por lo cual, nos orientamos hacia los huertos familiares urbanos, esto dará la facilidad de poder tener un cultivo para el autoconsumo en lugares urbanos. (Zamorano, 2019) Por residir en la ciudad muchas de las personas no tienen conocimiento sobre el proceso adecuado y cuidado de un huerto familiar.



## **Formulación del problema**

¿Cómo implementar un prototipo de robot agrícola para cultivo automático a pequeña escala en lugares urbanos?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Implementar un prototipo de un robot agrícola para cultivo automático a pequeña escala en huertos urbanos familiares, utilizando microcontroladores.

### **Objetivos específicos**

- Describir sobre los sistemas agrícolas para cultivo automático a pequeña escala en huertos urbanos familiares.
- Diseñar el robot agrícola para cultivo automático a pequeña escala.
- Implementar el robot agrícola para cultivo automático a pequeña escala.

## **Justificación**

El propósito de este proyecto basándonos en la soberanía alimentaria del Ecuador, es asegurar una diversidad de alimentos, de la gente, por la gente y para la gente.

Con el pasar de los años a nivel global se ha ido aumentando la población mundial, este incremento se da en las áreas rurales en busca de un mejor futuro para sus familias.

En el Ecuador se ha incrementado este fenómeno de migración de la gente del campo a la ciudad, por ello y para economizar se crea un huerto familiar urbano para ayudar a sustentar las necesidades de la familia, y si existiera más productos de los que se llega a consumir en el hogar, se puede destinar a la venta y así poder obtener una entrada adicional. (Iturralde, 2021)

La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) asegura que los huertos familiares urbanos son más ecológicos. Un huerto familiar urbano ocupa los espacios al aire libre o en el interior de un hogar. Estos huertos familiares son idóneos para cultivar hortalizas ya que no se demora mucho en crecer. (IBERDROLA, 2020)

El fusionar la técnica de agricultura tradicional con la automatización, se puede hacer realidad y ser una opción para los urbanistas escasos de tiempo, con pocas habilidades o conocimientos, pero que a su vez desean comer hortalizas ecológicas, controlando hasta el último detalle de su huerto urbano. (OVACEN, 2016)

El tener un huerto familiar urbano conlleva muchos beneficios como: alimentarnos de una cultura que en algunas ciudades se está perdiendo, aumentamos las zonas verdes en las ciudades, ayudamos al planeta con nuestra huella de carbono y cultivamos alimentos naturales. (EcoInventos, 2020)

## **Alcance**

Para realizar la implementación del prototipo de robot de cultivo automático a pequeña escala orientado a huertos familiares urbanos, se basó en el proyecto de Farmbot, que dispone de hardware y código abierto, esta máquina de cultivo es un robot de coordenadas cartesianas, software y documentación de datos agrícolas. (FarmBot, FarmBot, 2018)

El propósito de este proyecto va dirigido hacia las personas que les interese tener un huerto familiar urbano y para las personas con limitaciones físicas ya que este sistema proporciona un nivel de independencia y autonomía a las personas, y se usa como terapia hortícola. (FarmBot, Uso de FarmBot como tecnología de accesibilidad, 2017) (Salud, 2020)

El robot agrícola para cultivo automático se puede desempeñar de 2 formas: en interiores que se lo realiza en una mesa de cultivo con movilidad y exteriores que es

directamente en el suelo.

Basándonos en los derechos de soberanía alimenticia se tomará en cuenta la siembra ancestral utilizando un calendario lunar.

Los procesos que realizará el robot agrícola para cultivo automático son:

- Adecuación del terreno para el cultivo, mediante el sistema de riego se esparcirá en el terreno abono natural líquido.
- Siembra, el robot aspira la semilla y la transporta hacia el terreno e introducirá la semilla dentro la tierra.
- Sistema de riego de agua, se activan los aspersores cumpliendo las necesidades de cada planta, se utilizará el mismo sistema de riego para esparcir un insecticida natural.
- Cosecha, se lo realizará de 2 formas: manual, se enviará un mensaje al usuario de que esta lista para cosechar y automático se lo realizará mediante una pinza. (Hayward, 2016)

Las dimensiones de la mesa de cultivo son de 2mx2m, ya que para solventar a una familia promedio en el Ecuador (4 personas), se requiere de 1 metro cuadrado por persona para poderla alimenta (urbano, 2021). El brazo móvil (eje Y) tendrá una altura de 65 cm desde el filo de la mesa, hacia arriba, la altura de la mesa de cultivo será de 75 cm, hacia abajo. Para el control del robot agrícola se utilizará tarjetas de desarrollo, de Arduino, Raspberry Pi y una cámara para poder visualizar el crecimiento de cada planta.

# CAPITULO 1

## **Sistemas agrícolas para cultivos automáticos en huertos urbanos familiares**

El objetivo de este capítulo es la descripción de sistemas agrícolas de cultivos automáticos en huertos urbanos familiares, que es un conjunto de prácticas y técnicas utilizadas para producir cultivos. Algunos sistemas agrícolas utilizan prácticas más tradicionales y de baja tecnología, mientras que otros utilizan tecnología avanzada, como sistemas de riego automatizados y herramientas de monitoreo remoto. En este capítulo se presenta una guía detallada de los procesos necesarios para el crecimiento adecuado de las plantas, y se describen los dispositivos utilizados para llevar a cabo cada proceso de manera automatizada.

### **1.1. Farmbot**

Farmbot fue una iniciativa creada en el año 2011 por Rory Aronson, un ingeniero estadounidense, y el departamento de ingeniería mecánica de la Universidad Estatal Politécnica de California San Luis Obispo. Rory se inspiró después de asistir a un curso de agricultura orgánica y se propuso crear un robot capaz de facilitar a cualquier persona el cultivo de sus propios alimentos. En 2016 se lanzó el primer Farmbot, convirtiéndose en el primer robot de software abierto que brindó una nueva propuesta para cambiar el sistema actual de producción de alimentos. El robot es capaz de sembrar, suministrar agua a las plantas e incluso limpiar maleza, todo mediante un sistema de coordenadas X, Y y Z similar al de una impresora 3D. (Estape, 2022)

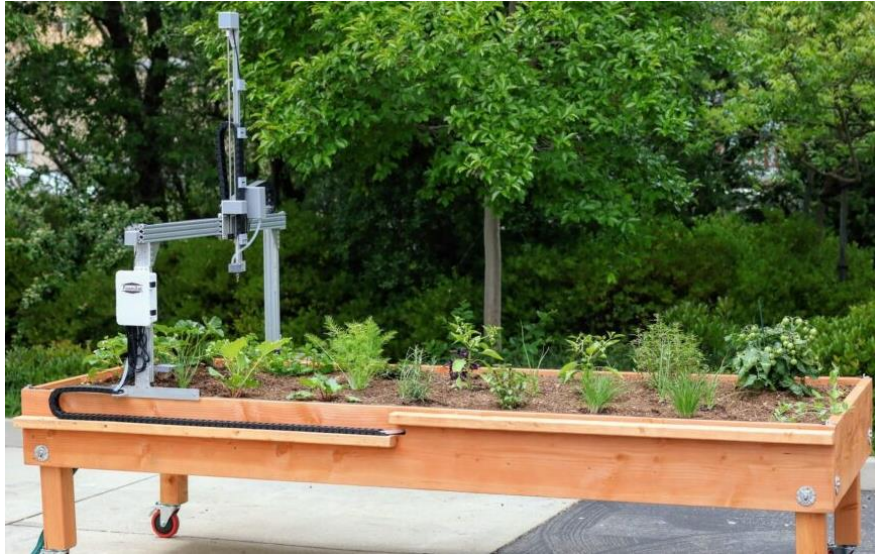


Figura 1 Farmbot

Fuente: (Today, 2023)

El robot fue diseñado para resistir las condiciones climáticas adversas, ya sea en un invernadero, en un tejado de una casa o a la intemperie. Su consumo diario de energía es similar al de una computadora encendida, lo que lo hace eficiente en términos de energía. El control del robot se puede realizar desde cualquier dispositivo móvil a través de una aplicación, la cual funciona de manera similar a un videojuego, tal como se muestra en la imagen 2. Mediante los controles de la aplicación, se puede indicar la ubicación de siembra de cada tipo de semilla.



Figura 2 Aplicación de Farmbot

Fuente: (Farmbot, Farmbot, 2022)

El robot agricultor Farmbot tenía una disposición de diferentes cabezales para intercambiar según la necesidad, ya fuera para plantar semillas, regar agua o eliminar malas hierbas como se puede observar en la figura 3



Figura 3 Herramientas de Farmbot

Fuente: (Farmbot, Farmbot, 2022)

Farmbot fue capaz de realizar casi todos los procesos necesarios en un cultivo, incluyendo la siembra, el riego y el control de malezas. Para su funcionamiento, este robot requirió electricidad, conexión a internet y suministro de agua, para mantener el cuidado de cada planta, el robot recopiló datos para tener en cuenta factores como la edad de la planta y las condiciones climáticas.

Existen varios sistemas agrícolas para cultivos a grandes y pequeñas escalas dependiendo de lo que se quisiera cultivar, los nuevos agricultores urbanistas no disponen de grandes terrenos ni tiempo para cuidar plantaciones. Por ello las empresas tecnológicas buscar la manera de facilitar esta actividad, mediante aplicaciones han creado la manera de identificar plagas, planificar cultivos y conocer sobre las necesidades que tiene cada planta (Estape, 2022).

## 1.2. Home Connect (Bosch)

Bosch es una compañía multinacional de ingeniería y tecnología fundada en 1886 por Robert Bosch, enfocada en la industria automotriz, vehículos eléctricos, electrodomésticos de hogar y construcción. Con el avance de la tecnología, en 2015

Bosch creó Home Connect, lo que permitió al usuario controlar sus electrodomésticos incluso desde fuera de la casa a través de un móvil o Tablet.

La última innovación de Bosch fue SmartGrow, una máquina inteligente que se puede apreciar en la figura 4. Este sistema es todo en uno, que permite cultivar hierbas y otras plantas aromáticas comestibles en casa. El huerto doméstico ofrece la posibilidad de cultivar más de 50 plantas, como hierbas, ensaladas, flores comestibles, micro vegetales y frutas. Se puede cosechar durante todo el año, su crecimiento es rápido y el producto es cultivado sin aditivos, pesticidas y 100% natural.



Figura 4 SwartGrow

Fuente: (Bosch, 2020)

El procedimiento que utilizaba este huerto era cultivar mediante cápsulas de semillas o brotes tiernos, lo que aceleraba el proceso de cosecha ya que podía llevarse a cabo en tan solo 7 días. SmartGrow contaba con un sistema automatizado de riego e iluminación, el cual se podía controlar a través de una aplicación para determinar el momento y la cantidad de agua con nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de las plantas (Bosch, 2020).

Estos dos robots agrícolas para cultivo automático en huertos urbanos como se pudo observar realizan procesos distintos. Farmbot por una parte con un conjunto de

procesos completos de un huerto urbano y por otro lado SwartGrow que solo realiza el proceso de sembrado con brotes y regado de agua con nutrientes.

### 1.3. Robots autodirigidos

Los robots agrícolas autodirigidos son dispositivos robóticos que utilizan tecnología avanzada para realizar diversas tareas en la agricultura sin intervención humana. Como se puede observar en la figura 5 estos robots están equipados con sensores, cámaras, GPS y sistemas de inteligencia artificial que les permiten detectar y analizar el terreno, las plantas y las condiciones climáticas para realizar tareas específicas, como sembrar, fertilizar, cuidar y cosechar cultivos. Los robots agrícolas autodirigidos tienen el potencial de mejorar la eficiencia y la precisión en la agricultura, reducir los costos y el uso de productos químicos, así como mejorar la salud y la seguridad de los trabajadores agrícolas (robotics, 2021).



Figura 5 Robot agrícola autodirigido

Fuente: (robots, 2022)

### 1.4. Robot cosechador automático

Los robots cosechadores automáticos son dispositivos robóticos que se utilizan para recolectar productos agrícolas, como frutas, verduras y otros cultivos. Estos robots están diseñados para detectar y seleccionar los productos maduros y listos para la



cosecha utilizando sensores, cámaras y sistemas de inteligencia artificial. Los robots cosechadores automáticos están equipados con herramientas especiales, como cuchillas, garras y aspiradoras, que les permiten recolectar los productos de manera eficiente y sin dañarlos. La implementación de estos robots puede mejorar la productividad y la eficiencia en la industria agrícola al reducir el tiempo y los costos asociados con la mano de obra manual, además de minimizar los daños en los productos y aumentar la calidad y la seguridad alimentaria (robotics, 2021).



Figura 6 Robot cosechador automático

Fuente: (Maquinac, 2018)

### **1.5. Robots de supervisión y mantenimiento**

Los robots de supervisión y mantenimiento agrícola son dispositivos robóticos que se utilizan para monitorear y mantener los cultivos y el equipo agrícola. Estos robots están equipados con sensores y cámaras que les permiten detectar y analizar el crecimiento de los cultivos, las condiciones del suelo y las enfermedades de las plantas. Además, estos robots pueden realizar tareas de mantenimiento y reparación en el equipo agrícola, como arreglar sistemas de riego o reemplazar partes dañadas. La implementación de estos robots puede mejorar la eficiencia en la industria agrícola al reducir el tiempo y los costos asociados con la supervisión y el mantenimiento manual, además de permitir la detección temprana de problemas en los cultivos para tomar medidas preventivas (robotics, 2021).



Figura 7 Robot de supervisión y mantenimiento agrícola

Fuente: (Leotronics, 2022)

## **1.6. Sistemas agrícolas para cultivos automáticos en huertos familiares urbanos**

Un sistema es un conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí, lo que llevo a realizar una investigación sobre la agricultura y sus procesos a seguir.

### **1.6.1. Proceso de siembra de plantas**

- **Preparación del suelo**

Preparar el suelo para la siembra no solo implica abonarlo, sino también disponer de una tierra aireada y esponjosa como se puede apreciar en la figura 8, libre de piedras, hojas, palos y malas hierbas que pueden robar agua y nutrientes a las semillas. En este sentido, el mejor abono para un huerto es aquel de origen orgánico, como el estiércol, compost y humus como se puede apreciar en la figura 9.



Figura 8 Tierra esponjosa

Fuente: Autor



Figura 9 Estiércol

Fuente: Autor

- **Siembra**

Existen varias técnicas de siembra recomendadas para cada especie, pero la más común y recomendada es la siembra directa, se coloca simplemente en un hoyo la semilla, se tomó en cuenta la distancia recomendada entre semillas para que la planta tenga el espacio necesario para su desarrollo como se puede apreciar en a figura 10.



Figura 10 Siembra

Fuente: (westquimica, 2022)

- **Riego**

El riego es un proceso fundamental en cualquier cultivo, y la manera ideal de regar es mediante una regadera que simula el agua de lluvia. De esta forma, el agua penetrará mejor en la tierra y será menos agresivo con las semillas.



Figura 11 Riego

Fuente: (Vecteezy, 2022)

- **Cuidado de la planta**

Una vez que las plantas han comenzado a crecer, es importante cuidarlas adecuadamente, lo que incluye eliminar las malas hierbas, proteger de las plagas, enfermedades, y fertilizarlas periódicamente.

- **Control de temperatura y humedad**

La humedad ambiental influye en las plantas, ya que cada especie necesita un nivel específico de humedad para su polinización y nutrición.



Figura 12 Sensor de humedad

Fuente: (miguel, 2021)

- **Control de plagas y maleza**

Este tipo de problema puede ser causado por varios factores, tales como semillas de mala calidad, fuera de temporada, ubicación inadecuada, riego de siembra incorrecto y uso inapropiado de abonos orgánicos. Para evitar estos inconvenientes, se realizó como primer paso una investigación exhaustiva de las necesidades de cada planta.

Para prevenir problemas como plagas y enfermedades, se pueden utilizar diversos líquidos caseros para fumigar. Algunos ejemplos incluyen la infusión de ajo, bicarbonato de sodio, infusión de cola de caballo y vinagre de manzana.



Figura 13 Control de plagas

Fuente: (control de maleza en maíz , 2017)

- **Cosecha**

La cosecha consiste en la recolección de las partes comestibles de las plantas, tales como hojas, raíces, frutos, flores, tallos, tubérculos y hierbas aromáticas.



Figura 14 Cosecha

Fuente: (español, 2022)

### **1.7. Dispositivos para la automatización de procesos de cultivo**

La automatización de procesos en cultivos es una técnica cada vez más utilizada en la agricultura moderna. Los dispositivos para la automatización de procesos en cultivos incluyen una amplia gama de herramientas, desde sensores y sistemas de

riego hasta drones y robots agrícolas. Estos dispositivos permiten una mejor monitorización de las condiciones del cultivo y pueden realizar tareas específicas, como la aplicación precisa de fertilizantes y pesticidas.

- **Microcontroladores**

los controladores y microcontroladores son los componentes electrónicos que controlan el funcionamiento del robot agrícola. Estos se programan con software especializado para controlar los sensores, actuadores y otros componentes del robot.

- **Arduino**

Es una plataforma de hardware libre y de código abierto que utiliza un microcontrolador de la familia AVR. Su programación es fácil y se puede controlar una amplia variedad de dispositivos.

Los modelos de Arduino que se encuentran en el mercado son: Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Yun, Arduino Nano, Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Pro mini (5v, 16 Mhz y 3.3v, 8 Mhz), Arduino Ethernet, Arduino Fio, Arduino LilyPad (Acceso, 2022).

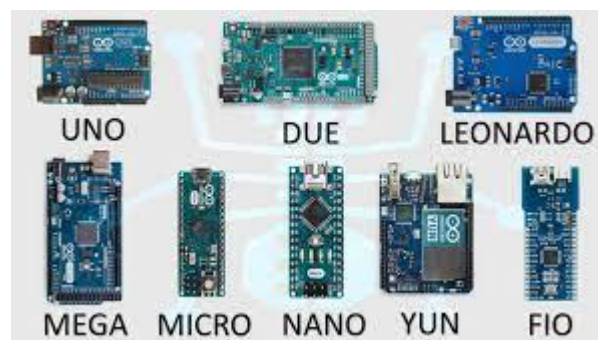


Figura 15 Arduino

Fuente: (listos, 2020)

- **Raspberry Pi**

Es una computadora de placa reducida que utiliza un procesador ARM y un sistema

operativo Linux. Se puede utilizar para controlar dispositivos electrónicos y tiene una gran capacidad de procesamiento de datos.

Los modelos de Raspberry que se encuentran en el mercado son: Raspberry Pi 3 Modelo B+, Raspberry Pi 4 Modelo B, Raspberry Pi Zero versión 1.2 y 1.3,

Raspberry Pi Zero 2 W, Raspberry Pi Pico (Rodríguez, 2020)



Figura 16 Raspberry Pi

Fuente: (Castro, 2022)

- **Sensores**

Los sensores son dispositivos que miden diferentes parámetros en el campo, como la humedad del suelo, la temperatura y la luz solar. Estos datos se utilizan para tomar decisiones sobre el riego, la aplicación de fertilizante y pesticidas, y otras tareas.

- **Actuadores**

Los actuadores son dispositivos que transforman la energía eléctrica en movimiento mecánico. Estos pueden incluir motores eléctricos, servomotores, bombas y válvulas que se utilizan para controlar la dirección y velocidad del robot, así como para realizar tareas específicas en el campo.

- **Cámaras y drones**

Las cámaras y drones se utilizan para monitorear el estado de los cultivos y



proporcionar imágenes de alta resolución que se puede analizar para detectar problemas en el campo, como enfermedades y plagas.

- **Sistema de posicionamiento (GPS)**

El GPS se utiliza para determinar la ubicación del robot en el campo y para guiar su movimiento. Esto es especialmente útil en la agricultura de precisión, donde se requiere precisión milimétrica en el movimiento del robot.

## **1.8. Conclusión**

En conclusión, el cultivo de un huerto es una actividad tradicional que se ha practicado durante muchos años. Sin embargo, la incorporación de la tecnología ha revolucionado la forma en que se realiza esta actividad. Los robots y dispositivos programables, que antes eran impensables en el mundo agrícola, se han convertido en herramientas indispensables para automatizar los procesos del huerto.

Los beneficios de esta tecnología son evidentes. Los robots agrícolas pueden realizar tareas que antes requerían de mucho tiempo y esfuerzo humano, como el monitoreo constante del campo, el riego y la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Además, estos dispositivos son capaces de trabajar de manera constante y sin cansarse.

Otro beneficio importante de la tecnología son los sensores y cámaras de alta resolución que permite monitorear el estado de los cultivos en tiempo real, lo que ayuda a detectar problemas en etapas tempranas y tomar decisiones.

## CAPITULO 2

### Diseño del robot agrícola

En este capítulo se detalló el diseño del robot agrícola, que implica la selección adecuada de los materiales y dispositivos necesarios para cada proceso, así como la realización de cálculos para dimensionar los motores y las fuentes de energía. Además, se realizó el diseño mecánico, electrónico y de software que permite su operación correcta. Este proceso de diseño fue clave para garantizar la funcionalidad y el éxito de un robot agrícola en la implementación.

#### **2. Metodología**

Existen diferentes métodos para el desarrollo de prototipos tecnológicos, de entre las cuales se ha seleccionado:

##### **Modelo espiral modificado**

El modelo de desarrollo en espiral, elaborado por Barry W. Boehm en 1986, este modelo sigue un ciclo iterativo que se repite varias veces hasta alcanzar los objetivos establecidos. La figura 17 muestra el ciclo que sigue el modelo en espiral. Durante el desarrollo del proyecto, pueden surgir problemas que causen efectos negativos, como el aumento de costos, gastos adicionales y retrasos. El modelo en espiral ayudo a prevenir estos escenarios o al menos a suavizar las consecuencias negativas (lonos, 2022).

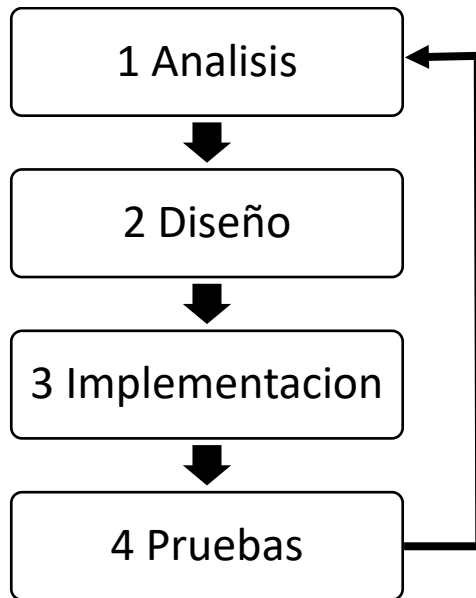


Figura 17 Modelo en espiral modificado

Fuente: Autor

1. En el análisis de detallaron las características del robot
2. Se realizo el diseño mecánico, electrónico y de software del robot agrícola
3. Se procedió a la implementación y fabricación del robot agrícola
4. Se realizaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del robot agrícola

## 2.1. Análisis

El robot agrícola requirió de un análisis detallado de las tareas que realizó y del entorno en el que opero. Es necesario cumplir con procesos de diseño y pruebas para garantizar su funcionalidad. La selección de materiales debe considerar factores como resistencia, durabilidad y peso adecuado para el desempeño de las labores.

## 2.2. Características del robot agrícola a cumplir

El robot agrícola realiza varios procesos para el cultivo automático de cultivos, entre ellos:

1. Fertilización del suelo mediante abono liquido natural.

2. Proceso de sembrado, basado en el calendario lunar
3. Sistema de riego que cumple dos funciones: hidratación de la planta y protección contra insectos.
4. Recolección, que se puede realizar tanto de forma manual y/o automática

### **2.3. Criterios utilizados para la selección de materiales**

1. Resistencia mecánica necesaria según su diseño
2. Adecuación a los requisitos específicos del robot agrícola
3. Disponibilidad comercial en el país
4. Costos accesibles para el presupuesto del proyecto

### **2.4. DISEÑO**

Se presenta el segundo paso del modelo en espiral que es el diseño, se realizó un diseño mecánico, electrónico y software del robot agrícola ya que es crucial para el funcionamiento de las tareas agrícolas.

### **2.5. Diseño mecánico**

Antes de la selección del material para la estructura, se procedió a elaborar un plano de la mesa de cultivo con sus correspondientes dimensiones, el cual se muestra en la figura 18 y en la figura 19 se puede apreciar la forma de la estructura que tiene el robot agrícola.

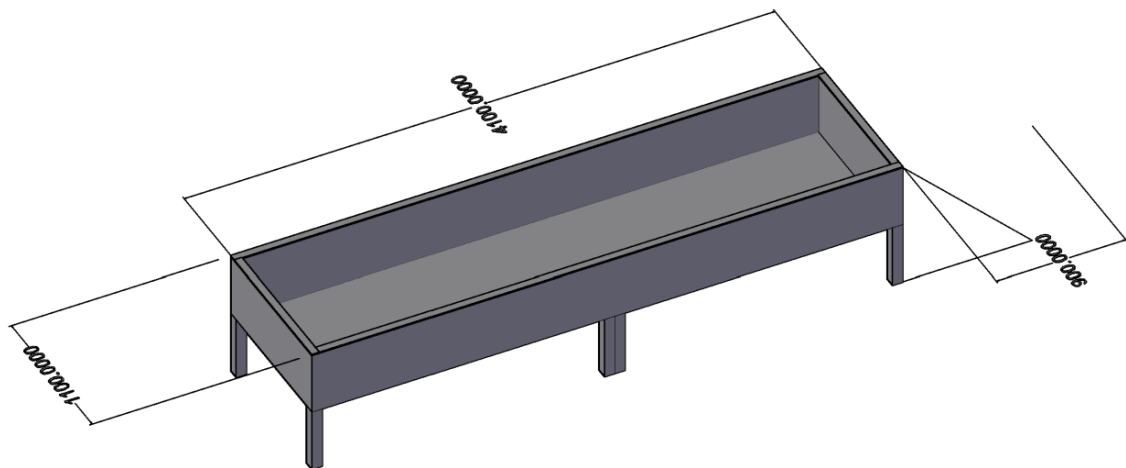


Figura 18 Dimensiones de la mesa de cultivo

Fuente: Autor

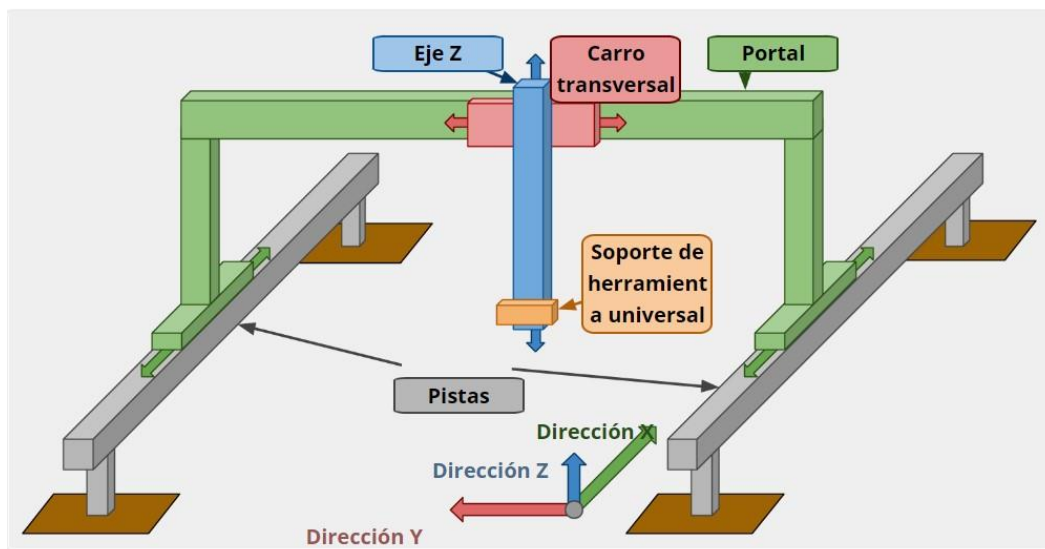


Figura 19 Diseño de ejes X, Y y Z

Fuente: (Farmbot, 2018)

### 2.5.1. Selección del material para la mesa de cultivo

Características que requiere la mesa:

- Fuerte resistencia
- Soportar: sol, lluvia, viento y a su vez que no afecte a la planta sembrada

Material	Resistencia	Características	Comercialización	Costo
<b>Plástico</b>	Plástico reciclado (PET) 119.34 Kg/cm <sup>2</sup>	No es resistente al sol, ya que con el tiempo y por la exposición al sol la mesa de cultivo puede romperse (Jardineria, 2017).	Difícil de encontrar una mesa de cultivo de plástico con las dimensiones que se requiere.	0.76 ctvs kg Total 90\$
<b>Acero inoxidable</b>	Resistencia mecánica de 80kg/mm <sup>2</sup>	No cumple de resistencia al sol, ya que si el acero inoxidable se calienta demasiado puede causar daño a las raíces de las plantas con quemaduras (Ulma, 2020).	Si es comerciable	186\$ el precio 2 de las planchas
<b>Madera</b>	Resistencia mecánica de 120.000 kg/cm <sup>2</sup>	Contextura dura y resiste al agua, se debe de realizar un tratamiento previo para alargar la vida del material y así permitir su uso en exteriores (Jardineria, 2017).	Si es comerciable	Tablas 5\$ de 3 metros

Tabla 1 Selección de materiales para mesa de cultivo

Fuente: Autor

Material	Resistencia	Características	Comercialización	Costo
<b>Plástico</b>	X	X	X	✓
<b>Acero Inoxidable</b>	✓	X	✓	X
<b>Madera</b>	✓	✓	✓	✓

Tabla 2 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 2, el material que cumple con todos los requisitos es la madera, ya que la madera es robusta, duradera y soporta todo el peso de la tierra colocada sobre la mesa de cultivo junto con los componentes robóticos. Además, es resistente a las condiciones climáticas.

## 2.5.2. Criterios para evaluar el tipo de material para la estructura de la mesa de cultivo

- Resistente a los agentes climáticos
- Características, facilidad de trabajo

Material	Resistencia	Características	Comercialización	Costo
<b>Eucalipto</b>	Se la puede utilizar en exteriores, con dificultad para trabajarla.	Moderadamente duradero, susceptible al ataque de insectos. Se puede utilizar para exteriores con previo tratamiento (Maderame, 2020).	Si es comercial	Cada viga a 4\$ de 3.50 metros
<b>Pino</b>	Facilidad de trabajo	Sensible al ataque de hongos e insectos (Woodiswood, 2022).	Si es comercial	Tablón de pino a 16\$ de 2.40 metros
<b>Guayabillo</b>	Madera pesada, durabilidad natural	Resistente al ataque de hongos, este tipo de madera es comúnmente utilizada en vigas, columnas tanto como para el exterior o interior (cuale, Maderas del quale , 2018) .	Si es comercial	Cada viga a 7.50\$ de 3.50 metros

Tabla 3 Criterios para evaluar el tipo de material para la estructura de la mesa de cultivo

Fuente: Autor

Material	Resistencia	Características	Comercialización	Costo
<b>Eucalipto</b>	✓	✗	✓	✓
<b>Pino</b>	✓	✗	✓	✗
<b>Guayabillo</b>	✓	✓	✓	✓

Tabla 4 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 4, el material que cumple con todos los requisitos fue la madera de guayabillo, por ser apta para trabajos a la intemperie y resistente a

hongos.

### 2.5.3. Criterio para evaluar el tipo de madera con el que se realizara el encofrado de la esa de cultivo

- Resistencia a agentes climáticos
- Características, facilidad de trabajo

Material	Resistencia	Características	Comercialización	Costo
<b>Eucalipto</b>	Gran resistencia, apto para exteriores.	Moderadamente duradero, susceptible al ataque de insectos, se puede usar en exteriores, siempre y cuando se haya tratado (Woodiswood, 2022).	Si es comercial	4\$ la tabla cepillada de 2.40 metros
<b>Madera del monte</b>	Semidura	Durable a la acción de hongos, insectos, termitas y a los xilófagos marinos	Si es comercial	3\$ la tabla cepillada de 2.40 metros
<b>Pino</b>	Semidura	Sensible al ataque de hongos (Maderea, Maderea, 2020).	Si es comercial	Tablón de pino a 10\$ el 3 metro

Tabla 5 Recolección de información de madera para encofrado de la mesa de cultivo

Fuente: Autor

Material	Resistencia	Características	Comercialización	Costo
<b>Eucalipto</b>	✓	X	✓	✓
<b>Madera del monte</b>	✓	✓	✓	✓
<b>Pino</b>	✓	X	✓	X

Tabla 6 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 6, el material que cumplió con todos los requisitos fue la madera del monte, debido a su durabilidad frente a la acción de hongos, insectos y termitas.



**2.5.4. Criterio para evaluar el perfil de aluminio con el que se realizó el tren móvil para el desplazamiento en los ejes X y Y.**

- Características, agradable a la vista, diversidad de perfiles.
- Resistente y liviano
- Comercialización

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Perfil en U</b>	Son usados para closet, electrónicos portacables y vallas publicitarias (estacion, 2021).	Grosor 1.5 mm Peso 0.143 kg/m	Si es comercial	3.75 \$ de 6.40 metros
<b>Barra rectangular</b>	Son usados para estructuras de edificios, barandillas y postes de señalización (Brincolaje, 2018).	Grosor 1.5 mm Peso 1.111 kg/m	Si es comercial	32.65\$ los 6 metros
<b>Perfil X</b>	Son usados para impresoras 3D, maquinas CNC, cortadoras laser, deslizadores para cámaras, cortadores plasma y robótica (Cedal, 2019).	Grosor 2 mm Peso 0.715 kg/m	Bajo pedido	40.71 \$ los 6 metros

Tabla 7 Recolección de información del modelo para tren motriz

Fuente: Autor

<b>Material</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Perfil en U</b>	X	✓	✓	✓
<b>Barra rectangular</b>	X	✓	✓	X
<b>Perfil X</b>	✓	✓	✓	X

Tabla 8 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 8, el modelo de perfil X es el modelo que cumple

con todos los requerimientos.

## 2.6. Diseño electrónico

El diseño electrónico de un robot agrícola para huertos urbanos es esencial para la automatización de tareas de cultivo y mantenimiento en espacios reducidos. En este tipo de robots, el diseño electrónico incluye el desarrollo de circuitos y sistemas de control que permiten la comunicación entre los diferentes componentes del robot, así como la gestión de la energía y la recolección de datos. Con un diseño electrónico eficiente y preciso, el robot agrícola puede optimizar su desempeño en las labores de siembra, riego, fertilización y recolección, aumentando la productividad y reduciendo los costos de producción en huertos urbanos.

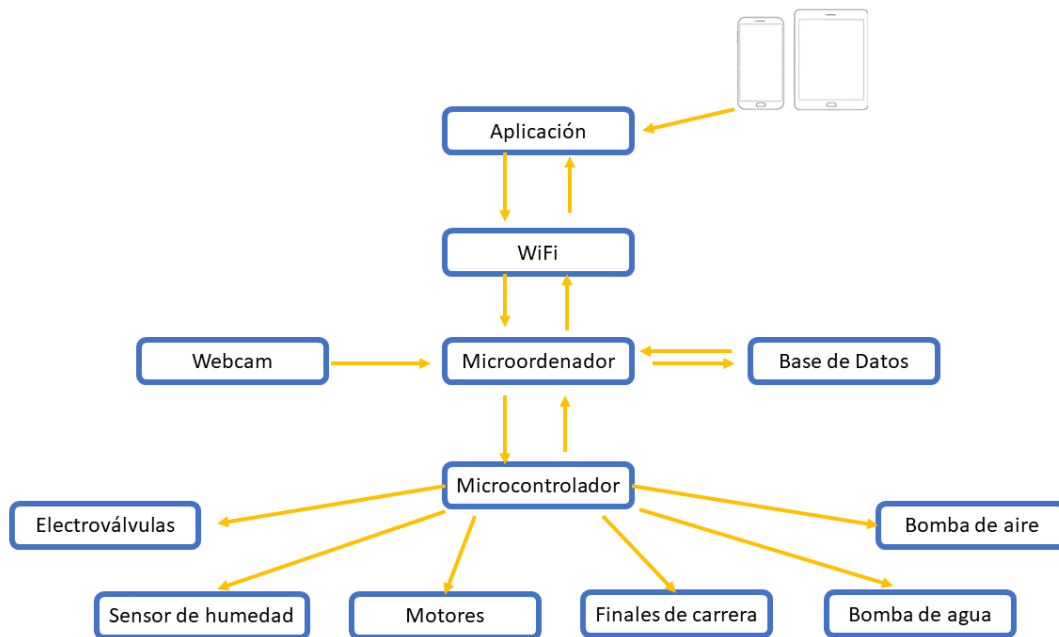


Figura 20 Diseño electrónico

Fuente: (Farmbot, 2022)

- **Criterio para evaluar las características que requiere en Arduino**

Las características que se requiere son: disponer de varios pines PWM y analógicos, ser compatible con la mayoría de shields diseñados para Arduino.

Modelo	Características	Comercialización	Costo
Arduino Due	54 pines (12 PWM y 12 analógicas), Shields limitados por tensión, Voltaje de funcionamiento de 3.3 V, Microcontrolador ARM cortexM3 (Arduino, Arduino, 2021).	Poco comercial	30 \$
Arduino Uno	14 pines (6 PWM y 6 analógicos, Compatible con todos los shields, Voltaje de funcionamiento 5V, Microcontrolador ATmega328 (Arduino, Arduino, 2020).	Si es comercial	18\$
Arduino Mega	54 pines (15 PWM y 16 analógicas), Compatible con todos los shields, Voltaje de funcionamiento 5V, Microcontrolador ATmega2560 (Arduino, Arduino, 2021).	Si es comercial	25\$

Tabla 9 Recolección de información de modelos de Arduino

Fuente: Autor

Modelo	Características	Comercialización	Costo
Arduino Due	X	X	√
Arduino Uno	X	√	√
Arduino Mega	√	√	√

Tabla 10 Resultados de investigación

Fuente: Autor

En la tabla 10 se puede apreciar que el Arduino Mega cumplió con los requisitos necesarios para el diseño electrónico del robot agrícola para huertos urbanos. Este microcontrolador contó con suficientes pines PWM y analógicos, además de ser compatible con todos los shields.

- **Criterio para evaluar el modelo de Raspberry**

Las características que debe de tener la Raspberry es disponer de conexión Ethernet y Wifi, puertos USB, ranura para tarjeta de almacenamiento SD, puertos HDMI y RAM

de 4 GB o más para almacenamiento de información.

Modelo	Características	Comercialización	Costo
<b>Raspberry Pi 3 modelo B+</b>	RAM 1 GB, Jack HDMI, USB 4, ethernet, Wi-Fi, Bluetooth (Arduino A. , 2018).	Si es comercial	80\$
<b>Raspberry Pi 4 modelo B</b>	RAM 1,2,4 Y 8 GB, USB 2 (2.0) Y 2 (3.0), Jack 2 micro-HDMI, ethernet, Wi-Fi, Bluetooth (Arduino A. , 2018).	Si es comercial	200\$
<b>Raspberry Pi Zero W</b>	RAM 512 MB, USB 1 Micro, Wi-Fi, Bluetooth (Arduino A. , 2018).	Si es comercial	30\$

Tabla 11 Recolección de información del modelo Raspberry Pi

Fuente: Autor

Modelo	Características	Comercialización	Costo
<b>Raspberry Pi 3 modelo B+</b>	X	✓	✓
<b>Raspberry Pi 4 modelo B</b>	✓	✓	X
<b>Raspberry Pi Zero W</b>	X	✓	✓

Tabla 12 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Al observar la tabla 12, se puede concluir que la Raspberry Pi 4 modelo B de 8Gb cumple con todos los requisitos necesarios.

- **Criterio para evaluar el tamaño del piñón**

Para determinar el tamaño del piñón necesario, se investigaron los catálogos virtuales de tiendas disponibles en el país, considerando la parte de comercialización. La elección del tamaño del piñón es crucial ya que influye en la velocidad y fuerza del motor. Si el piñón es pequeño, producirá mayor fuerza, pero menor velocidad, mientras que, si es grande, la velocidad será mayor pero la fuerza menor. Se evaluaron los piñones disponibles en los catálogos de tiendas virtuales y se consideraron dos opciones de 9 mm y 11,5 mm de diámetro.

- **Eje X**

Nota: el robot requiere fuerza y no velocidad en todos los ejes.

Se realizo una suma del peso de los elementos que son:

Elemento	Cantidad	Peso (kg)
Peso eje Z y Y	1	5.2/2=2.6
Motores	3	1.50
Guías	3	2.22
Fin de carrera	1	0.25
Cable	10 m	0.62
Portacables	2 m	1.50
<b>Total</b>		<b>8.69</b>

Tabla 13 Peso de cada elemento del eje X

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 13 se realizó la suma del peso del eje Y y Z, se dividió para dos y que se obtuvo como resultado 8.69 kg este valor se suma al eje X1 y X2 y así se pudo obtener el valor del peso para cada motor.

Se realizo una conversión de kg a fuerza que nos da como resultado  $F=85.21$  N

#### **Diámetro del piñón= 9 mm**

$r$ =Radio externo del piñón  $r= 4.5$  mm se transformó a metros  $r=0.0045$  m

Con estos datos se reemplazó en la fórmula simplificada de la ley de toque, que relaciona el toque con la fuerza aplicada y el radio en un punto específico en el sistema mecánico.

$$T_{motor} = F(N) * r(m)$$

$T_{motor}=0.3834$  Nm

Se sobre dimensiona al torque del motor de 0.45 Nm.

#### **Diámetro del piñón 11.5 mm**

$r$ = Radio externo del piñón  $r= 5.75$  mm se transformó a metros  $r=0.00575$  m

Con estos datos se reemplazó en la fórmula de torque.

$$T_{motor} = F(N) * r(m)$$

$T_{motor}=0.4899 \text{ Nm}$ .

Se sobre dimensiona al torque del motor de 0.55 Nm.

- **Eje Y**

Nota: el robot requiere fuerza y no velocidad en todos los ejes.

Se realizo una suma del peso de los elementos que son:

Elementos	Cantidad	Peso (Kg)
<b>Peso de eje Z</b>	1	3.40
<b>Cables</b>	12 m	0.80
<b>Portacables</b>	1 m	0.25
<b>4 ángulos de aluminio para porta cables</b>	4	0.25
<b>Motor eje Z</b>	1	0.5
<b>Total</b>		<b>5.2</b>

Tabla 14 Peso de cada elemento del eje Y

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla 14 el peso total es de 5.2 kg, se realizó una conversión de kg a fuerza que nos da como resultado  $F=50.99 \text{ N}$

Diámetro del piñón= 11.5 mm

$r$ =Radio externo del piñón  $r= 5.75\text{mm}$  se transformó a metros  $r=0.00575 \text{ m}$

Con estos datos se reemplazó en la fórmula de torque

$$T_{motor} = F(N) * r(m)$$

$T_{motor}=0.2931$

Se sobre dimensiono al torque del motor de 0.35 Nm.

- **Eje z**

Nota: el robot requiere fuerza y no velocidad en todos los ejes.

Se realizo una suma del peso de los elementos que son:

Elementos	Cantidad	Peso (Kg)
Varilla roscada	80 cm	0.6
Porta cables	1 m	0.25
Cables	12 m	0.8
Accesorio para siembra	2	0.5
Accesorio para la cosecha	1	0.25
Pie de amigo para soporte de porta cables	3	0.25
Guía de eje Z	1 m	0.740
<b>Total</b>		<b>3.40</b>

Tabla 15 Peso de cada elemento del eje Z

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla 15 el peso total es de 3.40 kg, se realizó una conversión de kg a fuerza que nos da como resultado  $F=33.34$  N.

En este caso, el eje Z requirió un acople flexible que dependió de diámetro del eje del motor y el diámetro de la varilla sin fin que se utilizó.

Para determinar el torque del motor, se utilizaron varias variables, entre ellas el diámetro de la varilla roscada de acero, la constante Pi y el coeficiente de fricción de la misma. Se empleó la fórmula del momento en términos de la fuerza de fricción para un objeto en equilibrio, para el eje Z.

$$T_{motor} = \frac{(masa * radio)}{2 * Pi * (coeficiente de friccion)}$$

$T_{motor}=0.2406$  Nm

Se sobre dimensiono al torque del motor de 0.30 Nm.

- **Criterio para evaluar el motor paso a paso**

## Eje X

Las características para el motor para el eje X es que tenga un torque de 0.55 Nm,

voltaje de 12 v, 200 pasos 1.8 grados y bipolar.

Se toma como referencia el catálogo de 2 tiendas virtuales existentes en el país, los motores con dichas características son:

<b>Motor</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Nema 17,0.4 Nm</b>	Torque 0.4 Nm, corriente 1.2A	Si es comercial	16\$
<b>Nema 17, 0.5 Nm</b>	Torque 0.5 Nm, corriente 1.5A	Si es comercial	20\$
<b>Nema 17,0.7 Nm</b>	Torque 0.7 Nm, corriente 1.5A (control, 2019)	Si es comercial	25\$

Tabla 16 Recolección de información para el torque y corriente del motor paso a paso en el eje X.

Fuente: Autor

<b>Motor</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Nema 17,0.4 Nm</b>	X	✓	✓
<b>Nema 17,0.5 Nm</b>	X	✓	✓
<b>Nema 17,0.7 Nm</b>	✓	✓	✓

Tabla 17 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 17, el motor Nema 17 con un torque de 0.7 Nm fue el que cumplió con todas las características requeridas incluido la sobredimensión preventiva hacia el motor.

## Eje Y

Las características para el motor para el eje Y es que tenga un torque de 0.35 Nm, voltaje de 12 v, 200 pasos 1.8 grados y bipolar. Se toma como referencia el catálogo de 2 tiendas virtuales existentes en el país, los motores con dichas características son visibles en la tabla 18.

<b>Motor</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Nema 17,0.4 Nm</b>	Torque 0.4 Nm, corriente 1.2A	Si es comercial	16\$
<b>Nema 17, 0.5 Nm</b>	Torque 0.5 Nm, corriente 1.5A	Si es comercial	20\$
<b>Nema 17,0.7 Nm</b>	Torque 0.7 Nm, corriente 1.5A (control, 2019)	Si es comercial	25\$

Tabla 18 Recolección de información del torque y corriente del motor paso a paso para el eje Y

Fuente: Autor



<b>Motor</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Nema 17,0.4 Nm</b>	X	✓	✓
<b>Nema 17,0.5 Nm</b>	X	✓	✓
<b>Nema 17,0.7 Nm</b>	✓	✓	✓

Tabla 19 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la tabla 19, todos los motores Nema 17 cumplen con las características para el eje Y. Para mantener la coherencia estética y técnica, se ha optado por seleccionar el mismo motor que se selecciona para los otros ejes, es decir el Nema 17 con el par de 0.7 Nm.

## Eje Z

Las características para el motor para el eje X es que tenga un torque de 0.133 Nm, voltaje de 12 v, 200 pasos 1.8 grados y bipolar. Se toma como referencia el catálogo de 2 tiendas virtuales existentes en el país, los motores con dichas características son visibles en la tabla 20.

<b>Motor</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Nema 17,0.4 Nm</b>	Torque 0.4 Nm, corriente 1.2A	Si es comercial	16\$
<b>Nema 17, 0.5 Nm</b>	Torque 0.5 Nm, corriente 1.5A	Si es comercial	20\$
<b>Nema 17,0.7 Nm</b>	Torque 0.7 Nm, corriente 1.5A (control, 2019)	Si es comercial	25\$

Tabla 20 Recolección de información del torque y corriente del motor paso a paso para el eje Z

Fuente: Autor

<b>Motor</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Nema 17,0.4 Nm</b>	✓	✓	✓
<b>Nema 17,0.5 Nm</b>	✓	✓	✓
<b>Nema 17,0.7 Nm</b>	✓	✓	✓

Tabla 21 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la tabla 21, todos los motores Nema 17 cumplen con los requisitos para el eje Z. Para mantener la coherencia estética y técnica, se ha optado

por seleccionar el mismo motor que se selecciona para los otros ejes, es decir, el Nema 17 con un par de 0.7 Nm.

- **Criterio para evaluar el driver para el motor paso a paso**

Las características que debe de tener el driver es tener una corriente pico de 2A o más y su precisión para controlar los motores debe de ser alta.

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>A4988</b>	Controla motores paso a paso bipolares de hasta 2A, alimentación potenciómetro 8V a 35V, voltaje de control lógico 3.3-5V, 5 resoluciones de paso full-step-half-step-1/4-1/8 y 1/16, protección de corriente, protección térmica, protección de cortocircuito, es utilizado en impresoras 3D, maquinas CNC, presión de 16 micros (geekfactory, 2020).	Si es comercial	2.50\$
<b>DRV8825</b>	Voltaje de operación 8.2-45 V, corriente de salida 1.5 V por fase, 2.2 A máxima con suficiente ventilación, voltaje mínimo 2.5V máximo 5.25 V, microstepping: full, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32 (fysetc, 2020).	Si es comercial	3.40\$
<b>TMC2208</b>	Controla motores paso a paso bipolares, es ultra silencioso, corriente de accionamiento continuo 1.4A, corriente pico 2A, rango de voltaje 4.75V- 36V, precisión de hasta 256 sin Inter polarización (Createc3D, 2021).	Si es comercial	12\$

Tabla 22 Recolección de información de Driver

Fuente: Autor

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>A4988</b>	X	✓	✓
<b>DRV8825</b>	✓	✓	✓
<b>TMC2208</b>	X	✓	✓

Tabla 23 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 23, el driver DRV8825 es el que cumple con todos los requerimientos.

- **Criterio para seleccionar la posición de la válvula solenoide**

La característica principal que se buscaba en la válvula era su capacidad de ser controlada para poder abrirse. Por ello, se seleccionó una válvula **normalmente cerrada**, la cual, al no estar energizada, impide el paso del fluido, y cuando se energiza permite el paso.

- **Criterio para seleccionar el tipo de sensor de humedad**

Las características que debe de tener el sensor de humedad de suelo es que sea resistente a la corrosión y oxidación, que los agentes externos no cambien su lectura de medición.

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Resistivo</b>	Sensibles a los vapores químicos y otros contaminantes, las lecturas de salida pueden variar si se usa con productos solubles en agua.	Si es comercial	8\$
<b>Capacitivo</b>	Proporciona resultados estables durante un uso prolongado, no tiene problema de oxidación de electrodos, precisión ligeramente superior.	Si es comercial	4\$
<b>Conductivo</b>	Los gases afectan en la medición de la lectura, adecuado para ambientes de alta temperatura y de alta corrosión (lugo, Electronica lugo, 2018).	Si es comercial	2\$

Tabla 24 Recolección de información para selección el tipo de sensor de humedad

Fuente: Autor

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>	<b>Comercialización</b>	<b>Costo</b>
<b>Resistivo</b>	X	✓	✓
<b>Capacitivo</b>	✓	✓	✓
<b>Conductivo</b>	X	✓	✓

Tabla 25 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 25, el sensor que cumple con las características

requeridas es el sensor capacitivo.

- **Criterio para seleccionar el tipo de bomba hidráulica**

Las dos bombas que se presentan en el siguiente cuadro cumplen la misma función, pero de distinta manera, difieren en su ubicación de funcionamiento y mantenimiento requerido.

Tipo	Características	Comercialización	Costo
<b>Bomba centrífuga</b>	Conexión externa, carcasa en impresión 3D para que pueda instalarse en la intemperie.	Si es comercial	7\$
<b>Bomba sumergible</b>	Este motor va introducido en el tanque de agua, por lo que no requiere protección hacia agentes externos.	Si es comercial	10\$

Tabla 26 Recolección de información para selección el tipo de bomba hidráulica

Fuente: Autor

Tipo	Características	Comercialización	Costo
<b>Bomba centrífuga</b>	X	✓	✓
<b>Bomba sumergible</b>	✓	✓	✓

Tabla 27 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 27, la bomba sumergible es la más adecuada para este proyecto ya que no requiere de instalación ni protección como la bomba centrífuga.

- **Criterio para seleccionar el reloj de tiempo real**

La única característica que se requirió en el reloj es su precisión.

Tipo	Características	Comercialización	Costo
<b>DS1307</b>	Las temperaturas extremas afectan a su precisión. Desfase de 5 minutos al mes.	Si es comerciable	8\$
<b>DS3231</b>	Dispone de oscilador interno al que no le afecta tanto los cambios de temperatura. Llega a tener un desfase de unos minutos al año (Hernández, 2017).	Si es comerciable	10\$

Tabla 28 Recolección de información para seleccionar el tipo de reloj de tiempo real

Fuente: Autor

Tipo	Características	Comercialización	Costo
DS1307	X	✓	✓
DS3231	✓	✓	✓

Tabla 29 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 29, el reloj de tiempo real más preciso es el DS3231, ya que sus desfases pueden llegar a ser mínimas en un año.

- **Criterio para seleccionar la cámara**

Resolución mínima de 0.3 MP, distancia focal de 0.5 m y que sea impermeable.

Tipo	Características	Comercialización	Costo
<b>Cámara endoscópica</b>	Resolución de 640*480, distancia focal 7mm, nivel impermeabilidad IP67 (Robotics, 2020).	Si es comerciable	10.50\$
<b>Cámara USB</b>	1080 full HD resolución 2MP (Libre, 2021).	Si es comerciable	50\$

Tabla 30 Recolección de información para seleccionar el tipo de cámara

Fuente: Autor

Tipo	Características	Comercialización	Costo
<b>Cámara endoscópica</b>	✓	✓	✓
<b>Cámara Pi</b>	X	✓	✓

Tabla 31 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 31, la cámara USB es la que cumple con los requisitos requeridos.

- **Criterio para seleccionar el tipo de fuente de alimentación**

Se realizó los cálculos pertinentes para la corriente, y basado en eso buscar una fuente de alimento acorde.

Dispositivos	Cantidad	Intensidad	Intensidad
--------------	----------	------------	------------

		<b>(mA-A)</b>	<b>total (A)</b>
<b>Arduino Mega 2560 R3</b>	1	50mA	0.05A
<b>Raspberry pi 4 modelo B</b>	1	3 A	3A
<b>motor Nema 17 modelo 42HD8011-01</b>	4	1.5 A	6A
<b>DRV8825</b>	4	2.2A	8.8A
<b>Bomba hidráulica</b>	2	0.5A	1A
<b>Electroválvula modelo ZE-4F180</b>	3	1A	3A
<b>Bomba de vacío</b>	1	500mA	0.5 A
<b>Finales de carrera</b>	2	0.4 A	0.8A
<b>Sensor de humedad capacitivo modelo V2.0</b>	6	2 mA	0.012 A
<b>Cámara</b>	1	800 mA	0.8 A
<b>Servo motor siembra (Sg90)</b>	1	0.2A	0.2A
<b>Servo motor cosecha (mg995)</b>	1	2.5A	2.5A
<b>TOTAL</b>			<b>26.66 A</b>

Tabla 32 Suma de corrientes

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos de la tabla 32. se realizó una búsqueda en tiendas de los valores de fuentes de alimentación, y se obtuvo que la fuente de alimentación de 12 VDC 30A es la indicada.

Se incluyó una fuente de alimentación independiente de 5V DC a 10A para suministrar energía a la parte del circuito de la placa Arduino, lo que permitió evitar ruidos no deseados en el prototipo.

- **Criterio para seleccionar el tipo de filamento para las impresiones 3D**

El filamento que se requiere debe de ser resistente contra rayos UV, resistente a agentes ambientales y que su creación por el filamento utilizado sea disponible en cualquier impresora 3D.

Material	Características	Comercialización	Costo
PETG	Su durabilidad es alta, duradero, resistente al agua, productos químicos, aceptable para realizar impresiones (3D, 2022).	Si es comerciable	24\$
ASA	Resistente a rayos ultravioletas, resistente al agua, resistente a químicos, poco aceptable para realizar impresiones (Bitfab, 2018).	Poco comerciable	40\$

Tabla 33 Recolección de información para seleccionar el tipo de reloj de tiempo real

Fuente: Autor

Material	Características	Comercialización	Costo
PETG	✓	✓	✓
ASA	X	X	✓

Tabla 34 Resultados de investigación

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla 34, el filamento PETG es el que cumple con todos los requerimientos.

- **Lista de dispositivos seleccionados**

Dispositivos	Cantidad	Características
Arduino Mega 2560 Rev3	1	54 pines (15 PWM y 16 analógicas), Compatible con todos los shields, Voltaje de funcionamiento 5V, Microcontrolador ATmega2560
Raspberry Pi 4 modelo B	1	RAM de 8 GB, USB 2 (2.0) Y 2 (3.0), Jack 2 micro-HDMI, ethernet, Wi-Fi, Bluetooth
Motor Nema 17 modelo 42HD8011-01 para ejes X, Y y Z.	4	Torque 0.7 Nm, corriente 1.5A
DRV8825	4	Voltaje de operación 8.2-45 V, corriente de salida 1.5 V por fase, 2.2 A máxima con suficiente ventilación, voltaje mínimo 2.5V máximo 5.25 V, microstepping: full, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32
Piñón Y	1	Diámetro del piñón= 11.5 mm

<b>Piñón X</b>	2	Diámetro del piñón= 9 mm
<b>Piñón Z</b>	1	Acople flexible 5mm a 8mm
<b>Válvula solenoide</b>	3	Normalmente cerrada DC 12V, 1A
<b>Sensor de humedad capacitivo</b>	6	Proporciona resultados estables durante un uso prolongado, no tiene problema de oxidación de electrodos, precisión ligeramente superior.
<b>Fuente de alimentación</b>	1	12 VDC 30A
<b>Fuente de alimentación</b>	1	5 VDC 10A
<b>Bomba sumergible</b>	2	110V, 0.5A, 55W

Tabla 35 Resumen de dispositivos seleccionados

Fuente: Autor

## 2.7. Diseño de software

El diseño del software es una parte crucial en el desarrollo de un robot agrícola para huertos urbanos, ya que permite controlar y coordinar las diferentes funciones y movimientos del robot de manera eficiente y precisa. El software debe ser capaz de interpretar las señales enviadas por los sensores y actuar en secuencia, así como de procesar y analizar la información recopilada para tomar decisiones óptimas en cuanto a riego, fertilización y otros aspectos de la gestión del huerto. Por lo tanto, el diseño del software debe ser cuidadoso y minucioso para garantizar un desempeño adecuado del robot agrícola.

- **Arduino**

En la programación del Arduino, se descargó un IDE (Integrated Development Environment) que consta de un conjunto de herramientas de software que permiten a los programadores desarrollar y grabar el código necesario para que Arduino funcione correctamente. El IDE de Arduino facilitó la tarea de escribir, editar, depurar y grabar el programa. Se descargó el IDE de Arduino adecuado al tipo y versión del sistema operativo (Windows, Mac OS, Linux) (Arduino, Arduino , 2019).





Figura 21 IDE de Arduino

Fuente: (Arduino, Arduino , 2019)

Las funciones que realizó la tarjeta de desarrollo fueron:

Arduino se utilizó como controlador central del sistema, permitiendo programar el comportamiento del robot y controlar sus componentes electrónicos, como los motores, válvulas y sensores.

En el caso del robot agrícola, se programó el comportamiento para que fuera capaz de moverse por el huerto, controlar la apertura y cierre de las válvulas para el riego, y leer la información de los sensores para ajustar el riego.

Además, la plataforma Arduino también permite la integración con otros dispositivos y sistemas, lo que hace posible la conexión con una aplicación móvil o una plataforma de control remoto, para mayor comodidad y control del usuario. En resumen, Arduino cumple una función esencial en la programación y control del robot (Arduino, Arduino , 2019).

### **2.7.1. Flujograma de procesos que realizó el robot agrícola**

El flujograma de procesos permite visualizar y entender el funcionamiento detallado del sistema.

- **Proceso de siembra y abonado**

En el proceso de siembra se utilizó un calendario lunar para determinar la fase lunar adecuada para sembrar cada tipo de verdura. Para tener una variedad de verduras se dividió en 4 secciones de siembra, realizando el mismo proceso, pero cambiando su ubicación de sembrío.

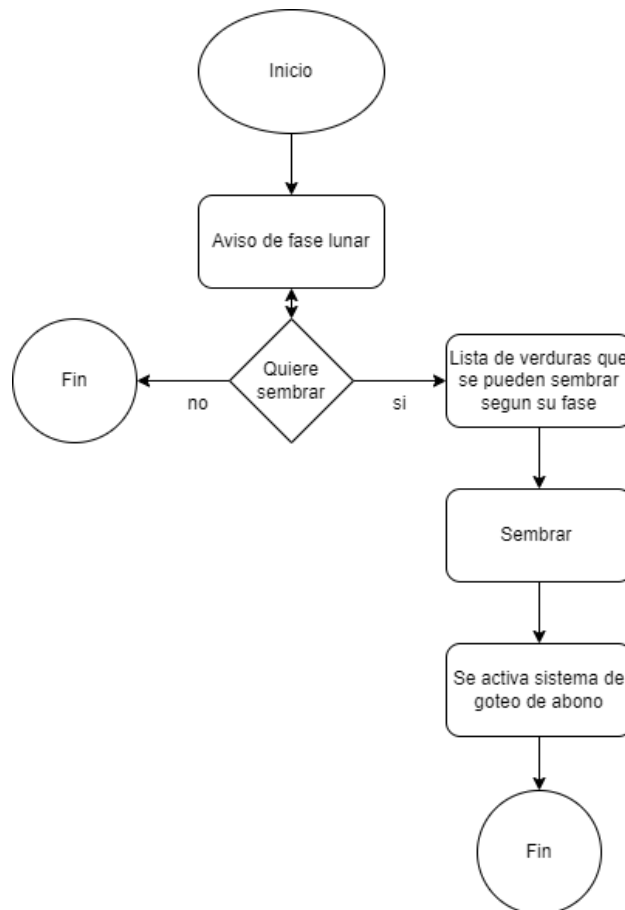


Figura 22 Proceso de siembra y abonado

Fuente: Autor

- **Proceso de riego (agua)**

Se llevó a cabo un censo diario para determinar si el suelo tenía la humedad adecuada para el cultivo. Si el nivel de humedad caía por debajo del mínimo recomendado del 55%, se activaba automáticamente la electroválvula para que las mangueras de goteo suministraran agua a las plantas.

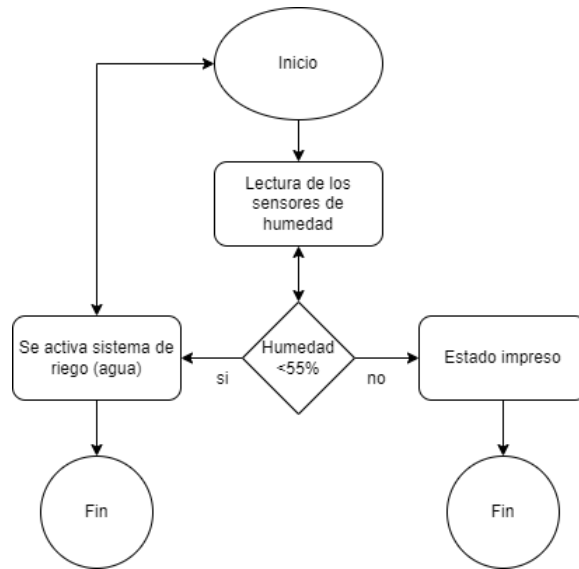


Figura 23 Proceso de riego (agua)

fuelle: Autor

- **Proceso de fumigación**

En el proceso de fumigación, se llevó a cabo una fumigación preventiva. Se activo la bomba y electroválvula de fumigación 20 días después de la siembra.

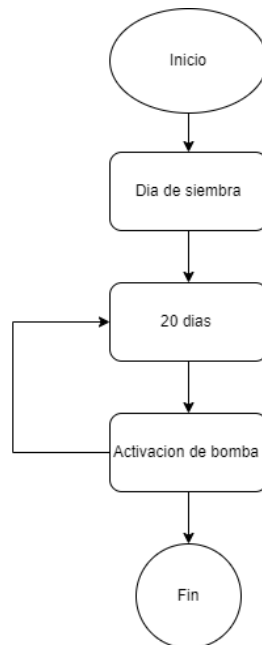


Figura 24 Proceso de fumigación

Fuelle: Autor

- **Mantenimiento (mala hierba)**

Se realizó este proceso de prevención para la mala hierba mediante el desplazamiento de eje X del punto 0 al final, utilizando el eje Z con una herramienta similar a un rastrillo de jardín, de esta manera se removió la tierra y se evitó el crecimiento de malas hierbas.

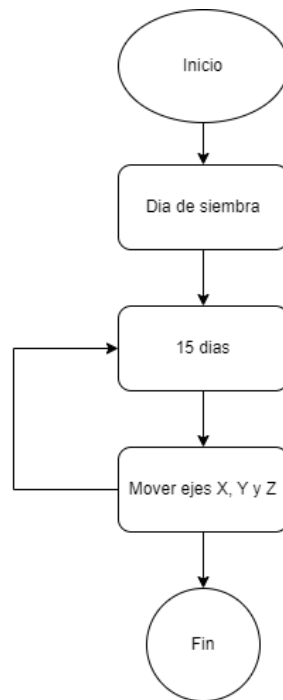


Figura 25 Proceso de mantenimiento (mala hierba)

Fuente: Autor

- **Cosecha**

El proceso de cosecha se realizó por secciones como la parte de siembra. Y saber a sí que verduras pueden ser cosechadas automáticamente y manualmente.

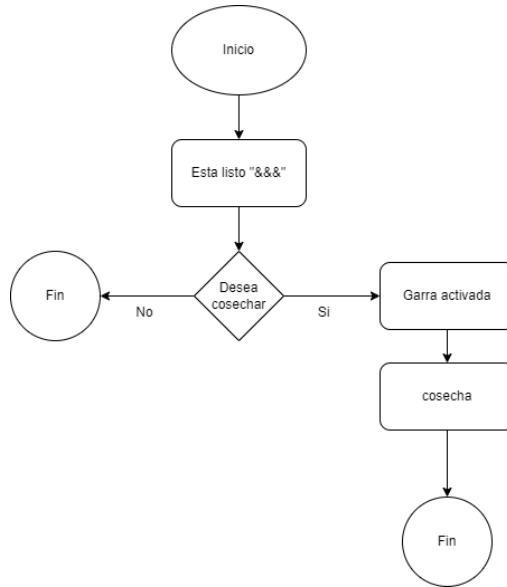


Figura 26 Proceso de cosecha

Fuente: Autor

### 2.7.2. MIT Inventor (aplicación)

MIT App Inventor es un entorno de programación visual que permite a los usuarios crear aplicaciones móviles para dispositivos Android. Fue creado por el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) en colaboración con Google, y utiliza un lenguaje de programación basado en bloques que simplifica la creación de aplicaciones móviles. App Inventor es una herramienta útil para aquellos que no tienen experiencia en programación, ya que permite a los usuarios crear aplicaciones sin necesidad de saber programación en lenguajes de alto nivel como Java o Python.



Figura 27 MIT inventor

Fuente: (appinventor, 2019)

Las funciones que realizo inventor son las siguientes:

La plataforma de Inventor fue utilizada para crear una interfaz de control en línea para el robot agrícola para huertos urbanos. Se desarrolló una interfaz gráfica de usuario personalizada que permitió al usuario controlar y monitorear el robot desde cualquier lugar con conexión a Internet (appinventor, 2019). Se utilizó la página de Firebase como intermediario para realizar la comunicación entre la app creada y Python.

### **2.7.3. Conclusión**

En conclusión, el diseño mecánico, electrónico y software de un robot agrícola para huertos urbanos es una tarea compleja que requiere de una cuidadosa planificación y ejecución. El diseño mecánico debe tomar en cuenta factores como la capacidad de carga, la movilidad, la estabilidad y la resistencia a la intemperie, entre otros. Es importante elegir materiales de alta calidad y durabilidad para asegurar la vida útil del robot en un entorno agrícola.

Por otra parte, el diseño electrónico debe enfocarse en la selección de componentes y la interconexión de estos. Se debe prestar especial atención a los aspectos de alimentación, control de motores, sensores y comunicación, asegurando que los componentes sean compatibles entre sí.

Finalmente, el diseño de software debe ser fácil de usar, se desarrollaron diferentes módulos para controlar cada uno de los componentes del robot, como motores, sensores, válvulas y la comunicación entre el robot y una aplicación móvil que permita monitorear y controlar el robot en tiempo real.

## CAPÍTULO 3

### Implementación y pruebas de funcionamiento

En este capítulo se describe la implementación y pruebas de funcionamiento del robot agrícola. Con la información recolectada del diseño mecánico, electrónico y de software se procedió a realizar la construcción del robot, se realizaron las pruebas de funcionamiento y calibración en campo. Los resultados obtenidos fueron evaluados y se presentan en detalle en este capítulo, así como las conclusiones y recomendaciones para futuras mejoras.

#### 3.1. Implementación mecánica del prototipo

El ensamblaje del robot agrícola para huertos urbanos comenzó con el diseño mecánico de la mesa de cultivo móvil para colocar las líneas guías y las placas de ruedas para la movilidad.

##### 3.1.1. Fabricación de la mesa de cultivo

La estructura de la mesa de cultivo fue fabricada con madera de guayabillo, como se puede apreciar en la figura 28. Esta madera fue cuidadosamente seleccionada debido a sus propiedades de resistencia y durabilidad, lo que la hace ideal para soportar las condiciones ambientales y los requisitos del cultivo.



Figura 28 Madera de Guayabillo

Fuente: Autor

En la figura 29 se puede apreciar a la mitad de la estructura terminada, se obtuvo una

estructura robusta y resistente que servirá como base sólida para la mesa de cultivo.



Figura 29 Estructura de la mesa de cultivo

Fuente: Autor

Se utilizó madera del monte para el encofrado de la mesa cultivo, cuyo resultado final se puede apreciar en la figura 30.



Figura 30 Mesa de cultivo de 4m<sup>2</sup>

Fuente: Autor



### 3.1.2 Ubicación de líneas guías para los ejes X, Y y Z.

Se instalaron rieles guías para permitir el desplazamiento del robot en las coordenadas X, Y y Z como se puede apreciar en la figura 31 donde se pueden apreciar las guías fijadas en la mesa de cultivo.

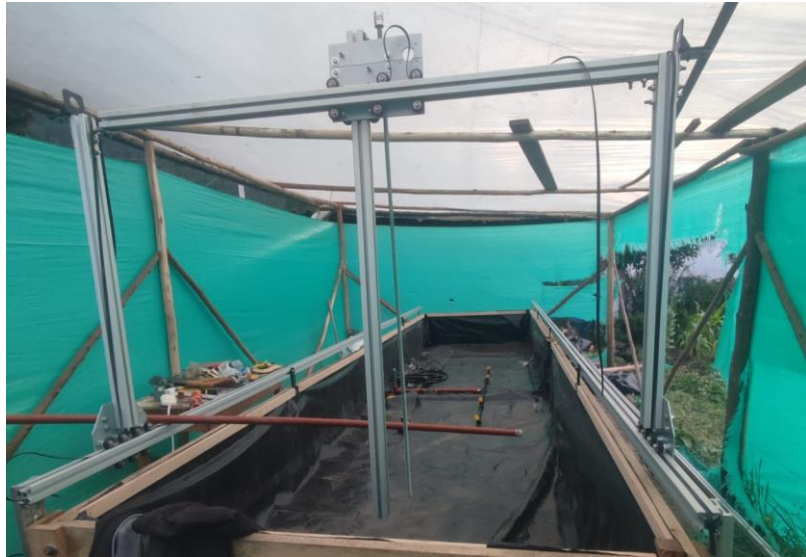


Figura 31 Guías fijas en X, Y y Z

Fuente: Autor

Se crearon placas de aluminio con ruedas que se deslizaban en los ejes X, Y y Z. La función de estas placas era proporcionar el mecanismo de movilidad necesario para desplazarse por toda la mesa de cultivo. Para la construcción de las placas se tomó en cuenta que el perfil mide 32 mm cuadrados, en la figura 32 se puede apreciar una prueba de construcción de la placa para tomar medidas para la perforación de los ejes de las llantas.



Figura 32 Simulación de placa para ejes X1 y X2

Fuente: Autor

En la figura 33 se puede apreciar la placa culminada con los orificios para colocar las llantas. En la figura 34 se puede apreciar a las placas del eje X1 y X2 con sus respectivas llantas colocadas.

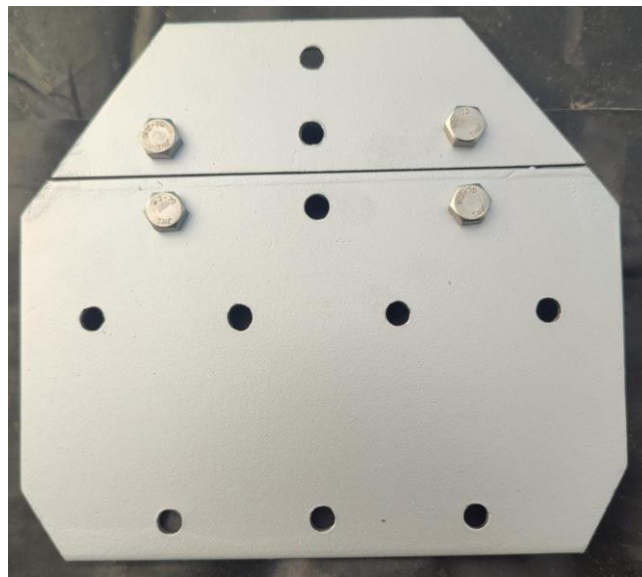


Figura 33 Placa del eje X

Fuente: Autor



Figura 34 Placas de ejes X1 y X2

Fuente: Autor

Las poleas que se utilizaron en los ejes X1 y X2 fueron de 9mm de diámetro, para eje Y de 11.5mm de diámetro y para el eje Z un acople flexible de 5mm a 8mm. En la figura 35 se puede apreciar las poleas de izquierda a derecha empezando con las poleas para el eje X, la segunda polea para eje Y y la tercera para el eje Z.



Figura 35 Poleas para ejes X, Y y Z

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la figura 36, los motores se colocaron en la parte superior del puente del robot agrícola, con sus respectivas correas dentadas como se puede apreciar en la figura 37.



Figura 36 Motores X1 y X2

Fuente: Autor



Figura 37 Correa dentada

Fuente: Autor

En la figura 38 se puede apreciar a la placa terminada del eje Y y Z. En la figura 39 se puede apreciar el motor colocado en el eje Y y la guía del eje Z.

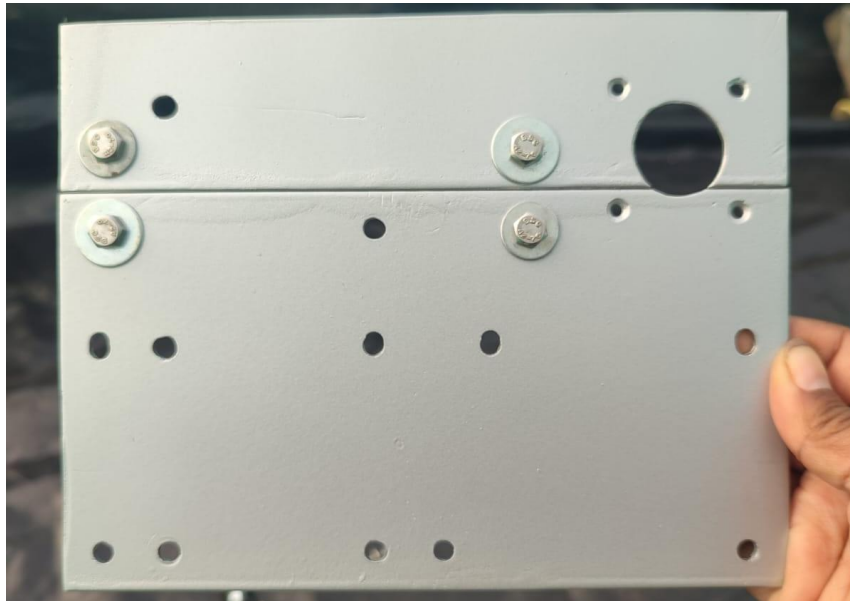


Figura 38 Placa del eje Y

Fuente: Autor



Figura 39 Placa con motor para eje Y y guía para Z

Fuente: Autor

El motor del eje Y fue insertado en la placa para que se movilizce. En la figura 40 se puede apreciar al eje Y con su piñón instalado en la guía del eje Y.



Figura 40 Eje Y vista frontal

Fuente: Autor

En la figura 41 se puede apreciar la colocación de la correa dentada para el eje Y.



Figura 41 Correa dentada para el eje Y

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la figura 42 el motor se ubicó en el perfil del eje Z con su camisa y tuerca roscada para que la varilla roscada pueda subir y bajar. En la figura 43 se puede apreciar a la placa de Z por el reverso.



Figura 42 Motor del eje Z

Fuente: Autor



Figura 43 Eje Z por el reverso

Fuente: Autor

### 3.2. Implementación electrónica del prototipo

Para realizar todos los procesos que requirió el robot agrícola, se necesitaron varios

actuadores, sensores entre otros. Cada dispositivo con su respectiva conexión y programación en Arduino.

### 3.2.1. Control de motores

En la figura 44 se puede apreciar la conexión del motor Nema 17 con su respectivo driver DRV8825, esta conexión es la misma para los otros 3 motores y su programación de igual manera, se le asigno a los 4 motores un retraso de 2000 microsegundos, en la única parte que difieren los motores fue en la asignación de pines para Dir y Step.

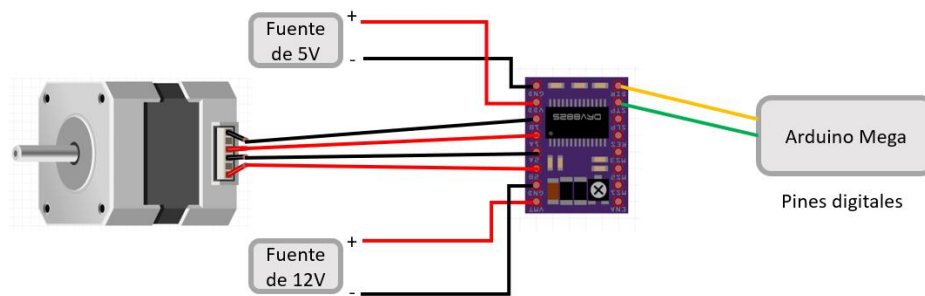


Figura 44 Conexión de motores Nema 17 con driver DRV8825

Fuente: Autor

En la figura 45 se puede apreciar al módulo de acople para los drivers DRV8825.

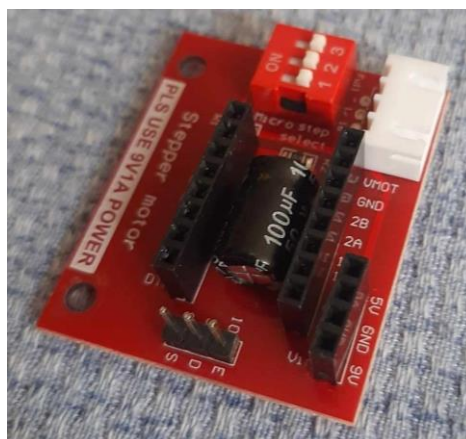


Figura 45 Modulo de acople para driver

Fuente: Autor



### 3.2.2. Siembra

En la figura 46 se puede apreciar la conexión de la bomba de aire, en la figura 47 se podía apreciar la conexión del servo SG90 que fue el encargado de brindar paso a las semillas para ser sembradas y absorbidas. Además, se añadió una impresión 3D en forma de recipiente con tubo como se puede apreciar en la figura 48, para almacenar las semillas.

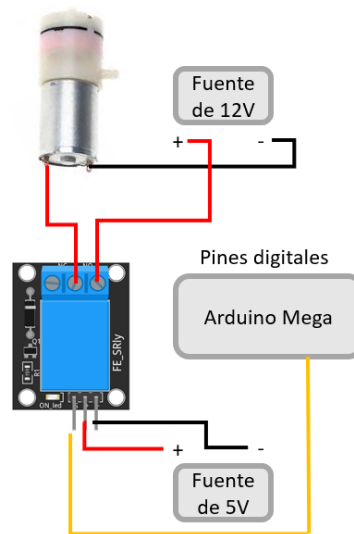


Figura 46 Conexión de bomba de aire

Fuente: Autor

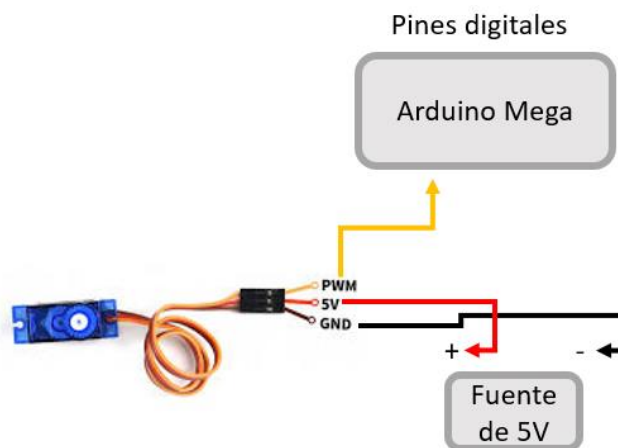


Figura 47 Conexión de servo Sg90

Fuente: Autor

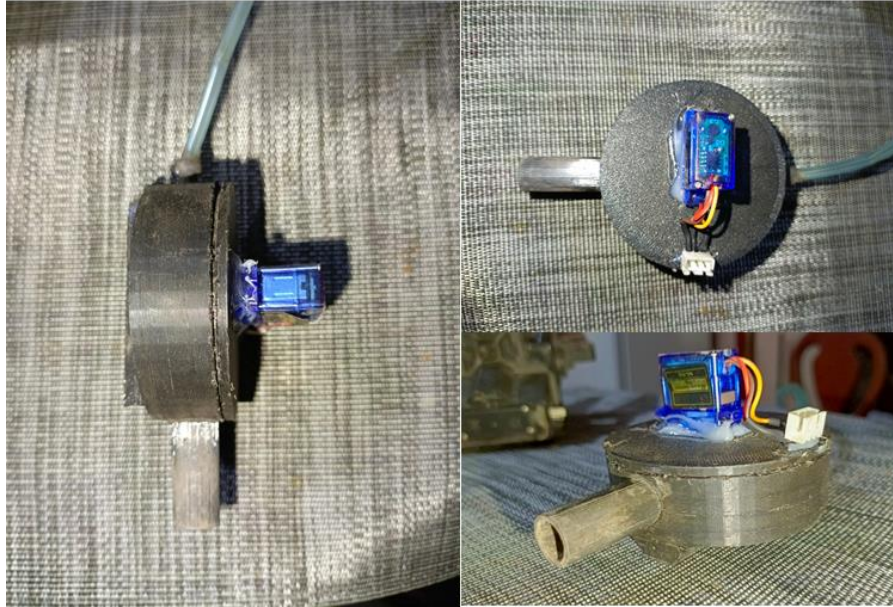


Figura 48 Impresión 3D recipiente de semillas

Fuente: Autor

En la figura 49 se puede apreciar al sistema mecánico de siembra colocado en el eje Z.



Figura 49 Mecanismo de siembra

Fuente: Autor

Para realizar la actividad de siembra, se utilizó un reloj de tiempo real recopilando información de los días en base a las fases lunares para realizar la siembra. En la figura 50 se puede apreciar la conexión del RTC3231.

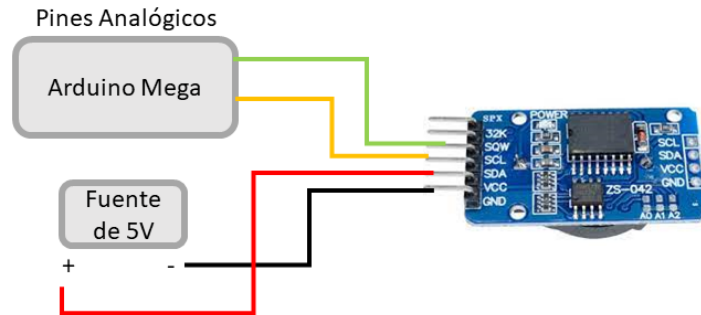


Figura 50 Conexión de DS3231

Fuente: Autor

### 3.2.3. Abonado

El proceso de abonado requirió de dos dispositivos y una manguera de goteo. En la figura 51 se puede apreciar la conexión de la bomba a 110V a un relé para poder ser controlado con Arduino.

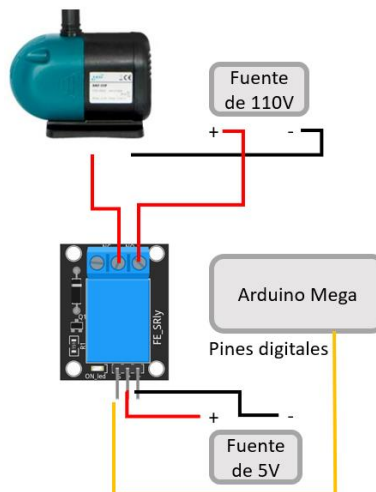


Figura 51 Conexión de bomba hidráulica sumergible a 110V

Fuente: Autor

En la figura 52 se puede apreciar la conexión de una electroválvula a este mecanismo

de bomba y electroválvula para la distribución del líquido se añadió una manguera de goteo como se puede observar en la figura 53.

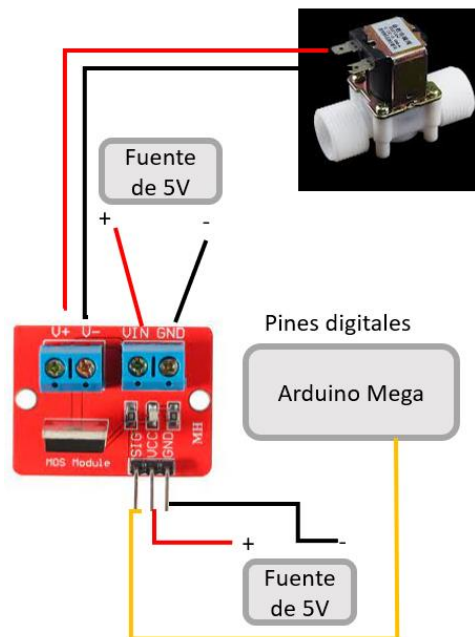


Figura 52 Conexión de electroválvula

Fuente: Autor

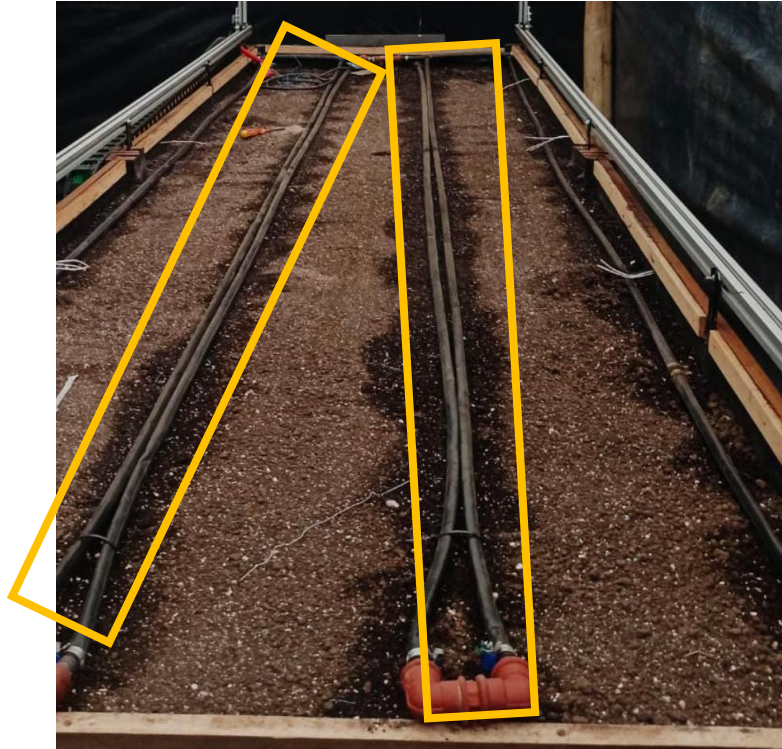


Figura 53 Mangueras de goteo

Fuente: Autor

### 3.2.4. Riego

Para el proceso de riego, se utilizó la misma conexión de la figura 52, en este caso se utilizó solo la electroválvula ya que el agua es suministrada mediante una llave desde le medidor de agua. De igual manera para distribuir el líquido se lo realizo mediante una manguera de goteo como se observa en la figura 53.

### 3.2.5. Control de humedad del suelo

Como se puede apreciar en la figura 54, el sensor capacitivo fue conectado en los pines analógicos que transforma la medición a valores digitales esta conexión se realiza para los 6 sensores, los sensores fueron colocados en la mesa de cultivo en puntos estratégicos como se puede observar en la figura 55.



Figura 54 Conexión de sensor

Fuente: Autor



Figura 55 Ubicación de los sensores de humedad en la mesa de cultivo

Fuente: Autor

### 3.2.6. Fumigación

Para el proceso de fumigación, se utilizó la misma conexión de la figura 51 para la conexión de la bomba hidráulica sumergible y la conexión de la figura 52 para la conexión de la electroválvula, de igual manera el líquido de fumigación fue distribuido mediante la manguera de goteo como se puede observar en la figura 53.

### 3.2.7. Sistema de riego (agua, abono, fumigación)

La conexión de tubería que se realizó para este proceso se lo puede apreciar en la figura 56, para reducir el uso de mangueras para cada riego por el espacio.

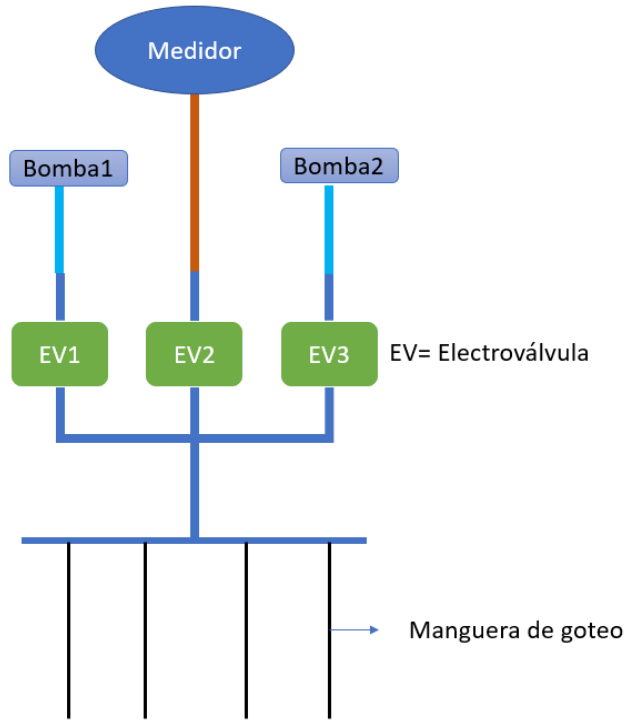


Figura 56 Diagrama de tubería

Fuente: Autor

En la figura 57 se puede apreciar cómo se empezó a realizar las perforaciones correspondientes para colocar la tubería. En la figura 58 se puede apreciar a la caja de electroválvulas terminada.



Figura 57 Perforaciones para tubería

Fuente: Autor



Figura 58 Caja de electroválvulas

Fuente: Autor

### 3.2.8. Arado (mala hierba)

En la figura 59 se aprecia el diseño 3D del arado, el cual es similar a un rastrillo de jardín. La función de este arado fue remover la tierra en varias fases del desarrollo de la planta sembrada para evitar el crecimiento de malas hierbas y, al mismo tiempo, dar mantenimiento a la tierra.





Figura 59 Diseño 3D de arado

Fuente: Autor

### 3.2.9. Cosecha

Se realizo la implementación del a garra con un servomotor Mg995 con un torque máximo de 10kg-cm, la conexión a Arduino se la puede apreciar en la figura 60 y en la figura 61 se puede apreciar la impresión 3D de la garra.

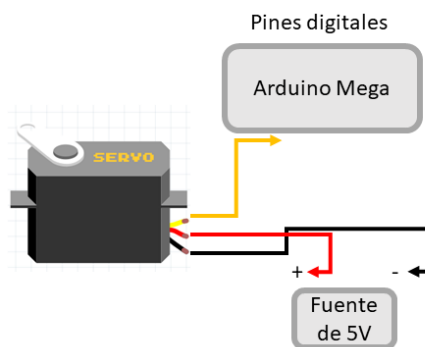


Figura 60 Conexión de Servomotor Mg995

Fuente: Autor

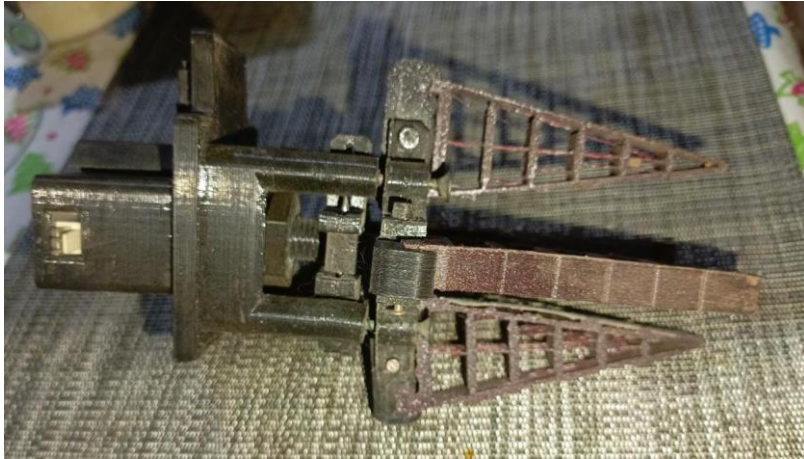


Figura 61 Impresión 3D garra

Fuente: Autor

### **3.3. Implementación de software**

La aplicación MIT APP Inventor fue una herramienta útil para crear una interfaz de usuario, y así controlar el robot a través de internet usando a FireBase como un intermediario para hacer comunicación con Python. La función que cumplió Raspberry Pi fue la de recibir y enviar números a Arduino, permitiendo el control remoto del robot. La aplicación permitió realizar diversas acciones como el control de motores, lectura de sensores, encendido de bombas y electroválvulas temporizadas. La comunicación que se realizó entre Raspberry y Arduino fue mediante el puerto serial, permitiendo el intercambio de información.

#### **3.3.1. MIT APP Inventor**

La aplicación de MIT APP Inventor funciona en conjunto con FireBase que es un intermediario para realizar la comunicación con Python. En la figura 62 se puede observar la pantalla inicial donde se puede registrar como usuario y colocar su nombre y contraseña de usuario para poder ingresar a la aplicación y así poder controlar el robot.

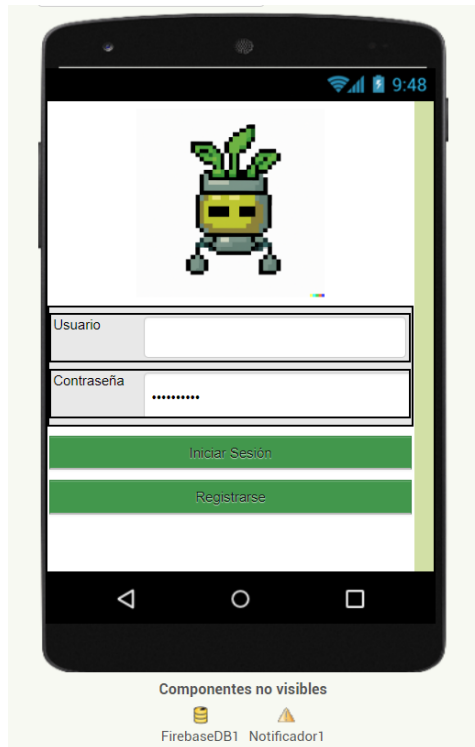


Figura 62 Inicio de la aplicación

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la figura 62 en la parte inferior de la imagen se muestra componentes ocultos que se ha utilizado en la aplicación, entre ellas esta FirebaseDB1 este componente permitió conexión a la base de dato en tiempo real de Firebase, esta base de datos permitió al usuario almacenar y recuperar datos. Con este componente el usuario puede cargar, descargar, eliminar y actualizar datos de cualquier ubicación.

Para entrar a la aplicación se digita el nombre del usuario y contraseña como se observa en la figura 63.

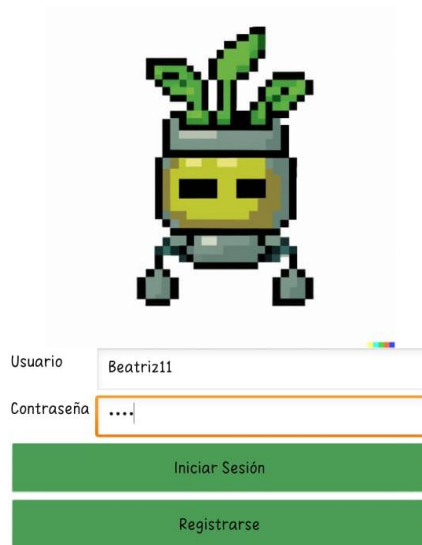


Figura 63 Usuario y contraseña

Fuente: Autor

Insertados los datos se mostró un panel de notificaciones como se puede observar en la figura 64 donde nos informa en que porcentaje están los sensores de humedad.

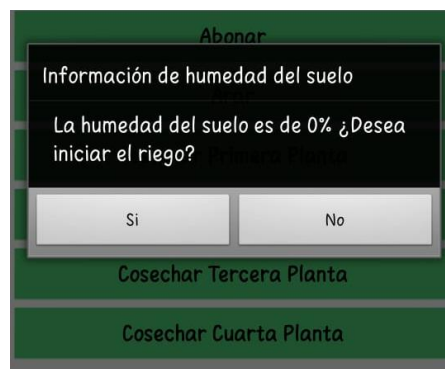


Figura 64 Información de humedad del suelo

Fuente: Autor

En la figura 65 se puede apreciar la selección de siembra con sus botones para seleccionar la planta que se va a sembrar e iniciar la siembra. La aplicación dispone de 4 posiciones de siembra para obtener 4 variedades de verduras.



Figura 65 Interfaz de siembra

Fuente: Autor

En las tres primeras listas se presentó la misma variedad de vegetales para sembrar. En la cuarta lista, se incluyeron plantas que se desean en cantidades limitadas para el consumo del usuario. Esto se debe a que la sección de siembra solo dispone de 6 espacios en comparación con las otras secciones que tienen 9 espacios. En la figura 66 se muestra la lista de vegetales de las primeras 3 secciones de siembra, mientras que en la figura 67 se presenta una lista diferente con vegetales y plantas medicinales.



Figura 66 Lista de hortalizas de 1,2 y 3

Fuente: Autor



Figura 67 Lista de hortalizas y plantas medicinales de 4

Fuente: Autor

En la figura 68 se puede apreciar la interfaz de riego, donde se aprecia los botones de revisar sensores los cuales son 6 y para mostrar un valor sobre la humedad realizo un promedio de los 6 sensores para imprimir su humedad en porcentaje, según la programación si la humedad del suelo es menor al 55% el sistema de riego (agua) se activará automáticamente.

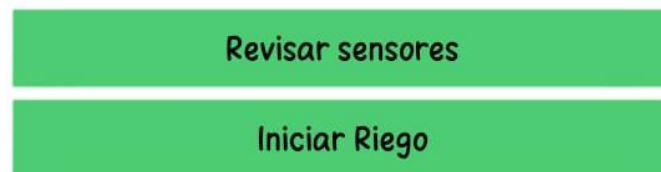


Figura 68 Interfaz de riego

Fuente: Autor

En la figura 69 se muestra la interfaz de abono donde se incluyeron los botones de fumigar, abonar, arar y cosechar en las 4 secciones. En la interfaz de mover que se puede apreciar en la figura 70, se pueden apreciar flechas para mover los motores X, Y y Z, además de un botón en forma de casa que permitía accionar los finales de carrera.



Figura 69 Interfaz de abonado

Fuente: Autor

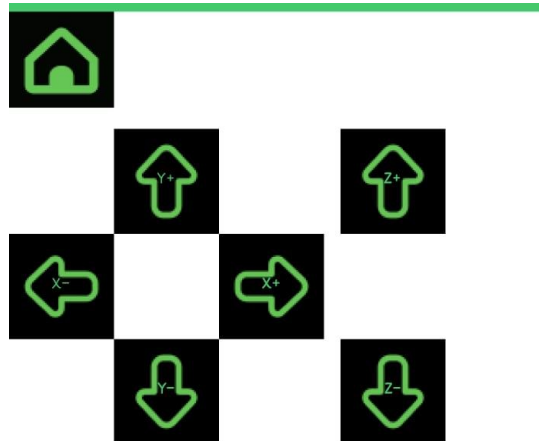


Figura 70 Interfaz de mover

Fuente: Autor

### 3.4. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento fueron una parte esencial del proceso de diseño y fabricación. Estas pruebas tuvieron como objetivo verificar y validar el correcto desempeño de las diferentes funciones del robot.

#### 3.4.1. Calendario lunar

El calendario lunar es importante en la siembra de verduras ya que las diferentes fases de la luna influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, según algunos estudios toda operación que se realice durante estas fases lunares puede producir un mayor desarrollo vegetativo.

En la figura 71 se puede apreciar que la aplicación informa en la parte de notificaciones al usuario la fase lunar que se lleva a cabo como evidencia se realizó una captura el 25 de junio del 2023 indicando que la fase lunar que se lleva a cabo es la **luna creciente**.



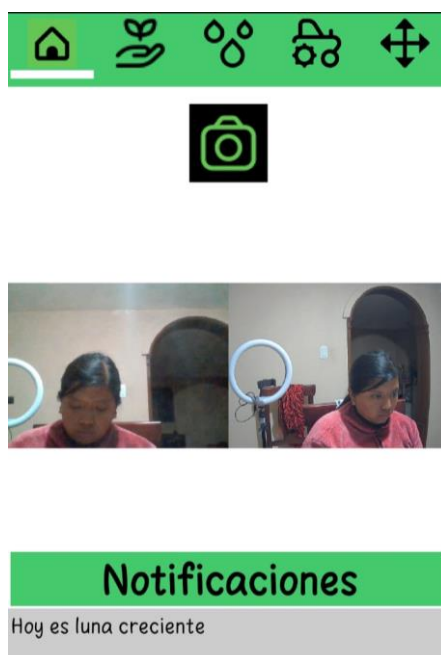


Figura 71 Notificaciones del calendario lunar

Fuente: Autor

En esta fase lunar se puede sembrar plantas de crecimiento rápido y frutos que se desarrollan sobre el suelo. En la tabla 36 se puede apreciar las fechas de luna llena y cuarto creciente en las cuales se podrá sembrar.

<b>Luna llena</b>	<b>Plantas de siembra</b>	<b>Cuarto creciente</b>	<b>Plantas de siembra</b>
03/07/2023	Coliflor, zanahorias,	25/07/2023	Tomate, pimiento,
01/08/2023	cebolla, remolacha,	24/08/2023	lechuga, espinaca,
30/08/2023	rábanos, manzanilla,	22/09/2023	brócoli, apio, perejil,
29/09/2023	valeriana	21/10/2023	menta, orégano,
28/10/2023		20/11/2023	tonillo, cilantro
27/11/2023		19/12/2023	
26/12/2023			

Tabla 36 Calendario lunar de siembra

Fuente: Autor

Nota. El calendario lunar se debe actualizar anualmente y la forma de actualizarlo se lo presenta en el manual de usuario.

### 3.4.2. Siembra

En el código de Arduino los procesos fueron divididos por casos como se presenta en la tabla 37:

<b>Case (Arduino)</b>	<b>Sección</b>
Case 3	Siembra 1
Case 16	Siembra 2
Case 17	Siembra 3
Case 18	Siembra 4

Tabla 37 Case de siembra

Fuente: Autor

En la figura 72 se puede apreciar las secciones que tiene el proceso de siembra para así obtener una variedad de verduras. En la figura 73 se puede apreciar la programación que sigue el robot para sembrar.

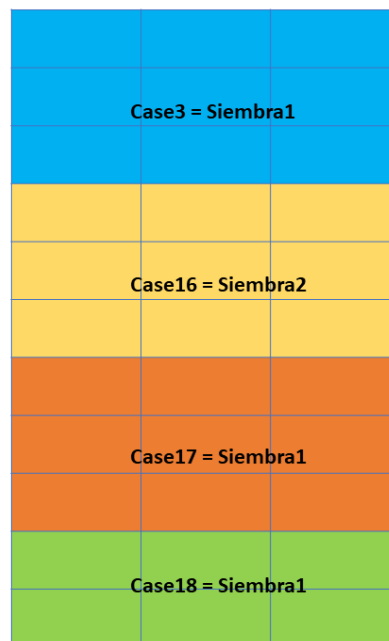


Figura 72 Cases de siembra 1,2, 3 y 4

Fuente: Autor

```

case 3:
    moveXTolimit();
    //Serial.println("finales de carrera en x");
    moveYtolimit();
    //Serial.println("finales de carrera en y") ;
    //Serial.println("finales funcionan");
    siembra1.primeracoordenada();
    //Serial.println("primera cordenada");
    siembra1.recoger();
    //Serial.println("primera cordenada");
    siembra1.recorrido1();
    //Serial.println("Propiedades ejecutadas: checkEndstops, primeraCoordenada,recoger, recorrido");
    break;

```

Figura 73 Programa de siembra

Fuente: Autor

En la figura 73 se observa que el primer paso realizado por el robot fue mover los motores de X1 y X2 hacia el final de carrera de X. Después de que el final de carrera en X fue accionado, se movió el motor en Y, que también avanzó hacia el final de carrera en Y. Cuando el final de carrera en Y se activó, el motor regresó al centro del eje Y. Esta secuencia de acciones se denominó como la primera coordenada y fue importante para determinar los límites de recorrido en X e Y, y para situarse en el punto (0,0) antes de empezar el proceso deseado.

Situado en primera coordenada, el eje Z desciende hasta el contenedor de semillas para ser absorbidas, se activa el servomotor para permitir el paso de las semillas en un ángulo de 45° y la bomba de aire para succionar semillas por un terminado tiempo. Pasado el tiempo de activación de la bomba y el servo, el servomotor se cierra, como siguiente paso los motores en X se desplazan al primer punto de siembra, hasta terminar el recorrido de 9 puntos como se puede observar en la figura 74.

```

// }
void recorrido1() {
    int coordinates[][2] = { { 10, -9 }, { 0, 9 }, { 0, 9 }, { 10, 0 }, { 0, -9 }, { 0, -9 }, { 10, 0 }, { 0, 9 }, { 0, 9 } };
    for (int i = 0; i < sizeof(coordinates) / sizeof(coordinates[0]); i++) {
        int x = coordinates[i][0];
        int y = coordinates[i][1];
    }
}

```

Figura 74 Puntos de siembra1

Fuente: Autor

En la figura 75 se puede apreciar las divisiones por puesto en la mesa de cultivo. En la figura 76 se puede observar un puesto de siembra con su punto centro donde se

depositará la semilla.



Figura 75 Puestos de siembra

Fuente: Autor



Figura 76 Punto centro para siembra

Fuente: Autor

En la figura 77 se puede apreciar el funcionamiento del proceso de siembra. En la figura 78 se puede observar que ha sido sembrada una fila, en el cuadro celeste se

muestra las semillas.



Figura 77 Proceso de siembra

Fuente: Autor



Figura 78 Semillas plantadas

Fuente: Autor

En la figura 79 se puede apreciar brotes de rábano, que fueron sembrados por el robot.



Figura 79 Brotes de rábano

Fuente: Autor

### 3.4.3. Riego (abonado)

El proceso de abonado fue accionado mediante la aplicación después de terminar de sembrar, en el código de Arduino a este case se le dio el número 4. En la figura 80 se puede apreciar el case de Arduino y en la figura 81 el funcionamiento en el prototipo mediante las mangueras de goteo.

```
case 4:  
  riego.activarOpcion(2);  
  //Serial.println("Propiedad ejecutada: abono");  
  break;
```

Figura 80 Case 4 de Arduino abonado

Fuente: Autor



Figura 81 Abonado mediante mangueras de goteo

Fuente: Autor

#### 3.4.4. Lectura de sensores

En el robot agrícola, los sensores de humedad capacitivos ayudaron a controlar el riego para que las plantas recibieran la cantidad adecuada de agua. En la figura 82 se aprecia el case de Arduino para realizar la acción de sensar e imprimir el valor promedio de los 6 sensores.

```
case 2:  
  sensores.leerSensores();  
  sensores.mostrarValores();  
  valor_sensor=sensores.promedioSensores();  
  //Serial.print("el valor de promedio es: ");  
  Serial.println(valor_sensor);  
  //Serial.print(" ");  
  //Serial.println(" ");  
}
```

Figura 82 Case de Arduino para leer sensores

Fuente: Arduino

En la figura 83 se puede apreciar mediante el puerto serial de Arduino la toma de mediciones.

```
Número recibido: 2
Valores de los sensores: 519 460 456 442 413 410
55.00
Número recibido: 0
Número inválido
```

Figura 83 Puerto Serial de Arduino lectura de sensores

Fuente: Autor

En la figura 84 se puede apreciar como imprime la información en el dispositivo móvil.



Figura 84 Interfaz para lectura de sensores

Fuente: Autor

### 3.4.5. Arado

Remover la tierra durante el crecimiento de una planta es un proceso importante en la agricultura. Una de las razones principales para hacer esto es para ayudar a airar el suelo, lo que permite que las raíces de las plantas respiren y absorban nutrientes con mayor eficacia. Al remover la tierra también se pueden eliminar malas hierbas y restos de plantas antiguas que pueden obstruir el crecimiento de la planta. Además, la remoción de la tierra ayuda a aflojar el suelo, lo que permite que las raíces crezcan más profundamente en la tierra y obtengan agua y nutrientes de diferentes capas del suelo, lo que puede mejorar el crecimiento y producción de las plantas. En la figura 85 se puede observar como el arado removió la tierra, este proceso se realizó cada 15 días contando desde el día que se sembró. En la figura 86 se puede observar el recorrido que realiza el arado en la mesa de cultivo.





Figura 85 Arado en funcionamiento

Fuente: Autor

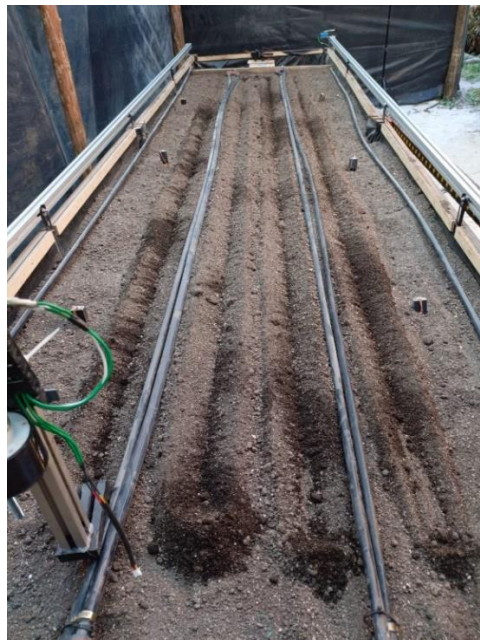


Figura 86 Tierra removida

Fuente: Autor

En la figura 87 se puede apreciar el recorrido que realizo el arado, en la figura 88 se puede apreciar el case de Arduino y en la figura 89 se puede apreciar el recorrido cartesiano que realizo el arado.

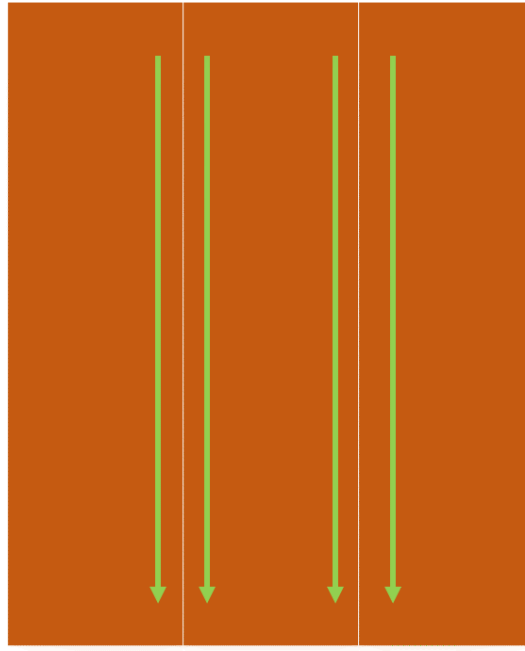


Figura 87 Recorrido que se realiza en la mesa de cultivo

Fuente: Autor

```
case 13:  
  moveXToLimit();  
  //Serial.println("finales de carrera en x");  
  moveYToLimit();  
  //Serial.println("finales de carrera en y") ;  
  //Serial.println("finales funcionan");  
  siembra1.primerCoordenada();  
  arado.start();  
  arado.recorrido2();  
  break;  
  ..
```

Figura 88 Case de arado de Arduino

Fuente: Autor

```

void recorrido2() {
int coordinates[][2] = { { c1, 0 }, { 0, 5 }, { c2, 0 }, { c1, 0 }, { 0, 5 }, { c2, 0 }, { c1, 0 }, { 0, 5 }, { -114, 0 }, { c1, 0 } };
for (int i = 0; i < sizeof(coordinates) / sizeof(coordinates[0]); i++) {
int x = coordinates[i][0];
int y = coordinates[i][1];
}
}

```

Figura 89 Código de recorrido de arado

Fuente: Autor

### 3.4.6. Fumigación

El proceso de fumigación fue accionado mediante la aplicación contando 20 días desde el día que se sembró. Este proceso cuida al huerto de plagas perjudiciales para las verduras. En la figura 90 se puede observar el case del código de Arduino, la distribución del líquido de fumigación es similar al de la figura 81, en la figura 91 se puede apreciar la interfaz de fumigación.

```

case 5:
riego.activarOpcion(3);
//Serial.println("Propiedad ejecutada: fertilizante");
break;
}

```

Figura 90 Case de fertilización

Fuente: Autor



Figura 91 Interfaz de fumigación

Fuente: Autor

### 3.4.7. Cosecha

En el código de Arduino los procesos fueron divididos por casos como se presenta en esta tabla 38:

<b>Case (Arduino)</b>	<b>Sección</b>
Case 6	Cosecha 1
Case 19	Cosecha 2
Case 20	Cosecha 3
Case 21	Cosecha 4

Tabla 38 Cases de Arduino de cosecha

Fuente: Autor

El proceso de la cosecha fue programado para enviar una notificación informando cuando la verdura esté lista para ser cosechada. Se utilizó la información de cada planta, en especial el tiempo de maduración, como referencia para determinar si la verdura está lista para ser cosechada. En la programación se utilizaron temporizadores para cada sección de cosecha, los cuales se pueden observar en la figura 92. Además, en la figura 93 se pueden apreciar las secciones de cosecha.

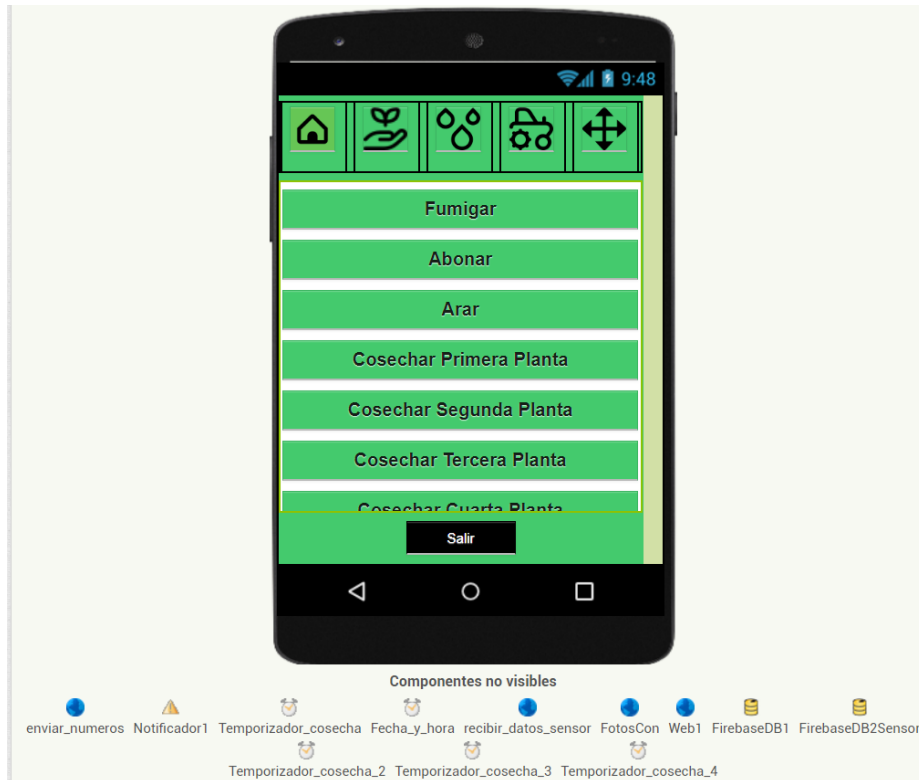


Figura 92 Temporizadores para cosecha 1,2,3 y 4

Fuente: Autor

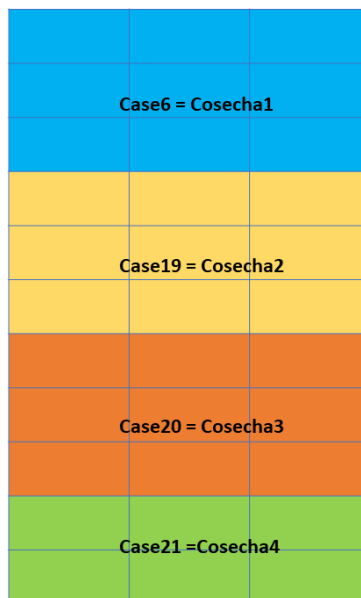


Figura 93 Casos de cosecha en Arduino

Fuente: Autor

En la figura 94 se pueden observar los pasos que realizó el proceso de cosecha en Arduino. Al igual que en la siembra, se hizo que los motores de X1 y X2 se trasladaran hacia el final de carrera de X, y el motor de Y se trasladó hacia el final de carrera de Y. Luego, se movió hacia primera coordenada en Y y continuó con su recorrido, que se puede apreciar en la figura 95. Al igual que en la siembra, la cosecha está dividida en secciones, por lo que el recorrido mostrado consta de 9 posiciones.

```
case 6:
    moveXToLimit();
    //Serial.println("finales de carrera en x");
    moveYToLimit();
    //Serial.println("finales de carrera en y") ;
    //Serial.println("finales funcionan");
    siembra1.primerCoordenada();
    //Serial.println("primera cordenada");
    cosecha1.recorrido1();
    //Serial.println("Propiedad ejecutada: cosecha");
    break;
```

Figura 94 Pasos de Cosecha en Arduino

Fuente: Autor

```
void recorrido1() {
int coordinates[][2] = { { 10, 9 }, { 10, 0 }, { 10, -9 }, { 20, 9 }, { 20, 0 }, { 20, -9 }, { 30, 9 }, { 30, 0 }, { 30, -9 } };
for (int i = 0; i < sizeof(coordinates) / sizeof(coordinates[0]); i++) {
    int x = coordinates[i][0];
    int y = coordinates[i][1];
```

Figura 95 Recorrido de cosecha

Fuente: Autor

En la figura 96 se puede apreciar como la garra transporta un tomate al punto de inicio.



Figura 96 Garra

Fuente: Autor

### 3.4.8. Cámara (Fotos)

La cámara permite al robot obtener información visual de su entorno, en el robot agrícola cumple la tarea de vigilancia del cultivo. En la figura 97 se puede apreciar como la aplicación dispone de un botón para capturar fotografías para luego presentarlas en la misma interfaz.

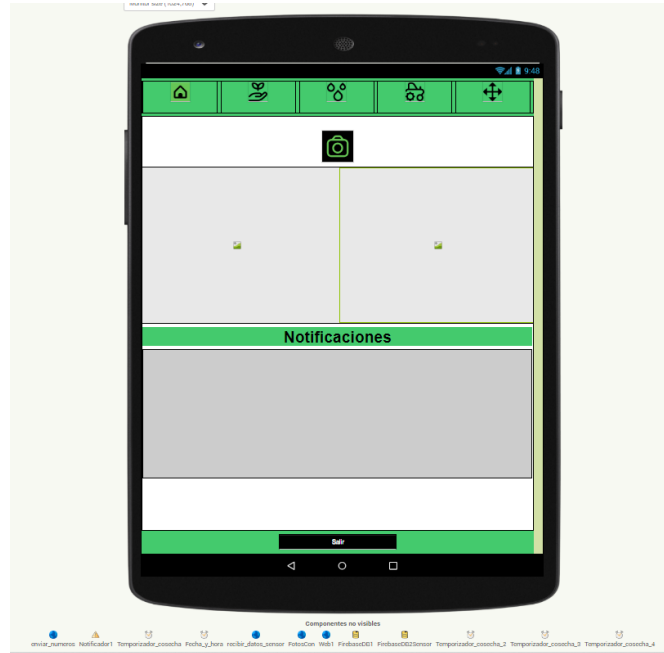


Figura 97 Cámara

Fuente: Autor

En la figura 98 se observa se puede observar como la aplicación al momento de tomar una fotografía la muestra en la aplicación.

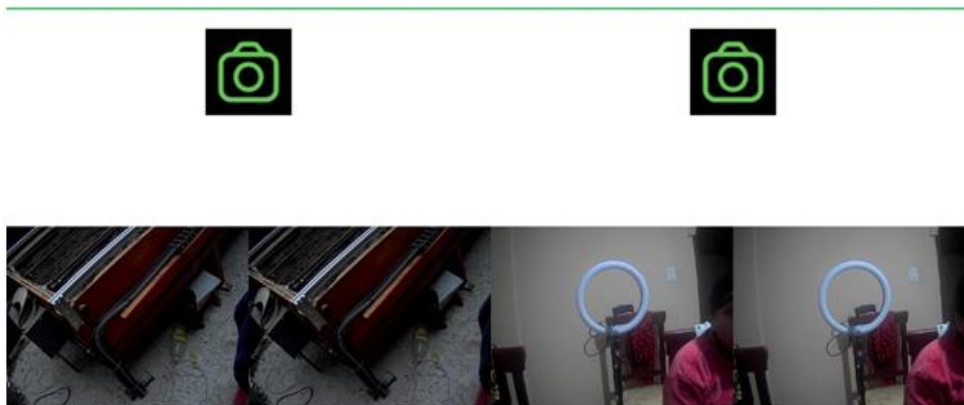


Figura 98 Imágenes capturadas con la cámara

Fuente: Autor

### 3.5. Software

Para la programación y control del robot agrícola se utilizó, Arduino para la parte del



control, Python para la parte de comunicación entre Arduino y Python mediante el puerto serial, MIT APP Inventor para el control mediante WiFi del robot usando como intermediario a Firebase para realizar comunicación con MIT APP Inventor y Firebase.

Cada uno de estos softwares fueron fundamentales para el que robot funcione de manera correcta.

### 3.5.1. Arduino

En la figura 99 se puede apreciar las ventanas que se incluyeron en el robot para su correcto funcionamiento.

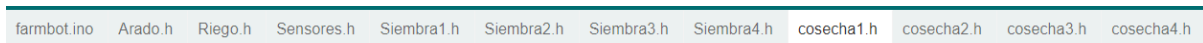


Figura 99 Ventanas de Arduino

Fuente: Arduino

Para realizar la programación de Arduino se utilizaron case para poder dividir procesos, este código de Arduino dispone de 21 cases los cuales son:

Case1= Finales de carrera

Case2= Lectura de sensores de humedad

Case3= Siembra1

Case4= Abonar

Case5= Fumigar

Case6= Cosecha 1

Case7= Motor X1, X2 +

Case8= Motor X1, X2 -

Case9= Motor Y+

Case10= Motor Y-

Case11= Motor Z+

Case12= Motor Z-

Case13= Arado

Case14= Fotos

Case15= Riego (agua)

Case16= Siembra2

Case17= Siembra3

Case18= Siembra4

Case19= Cosecha2

Case20= Cosecha3

Case21= Cosecha4

En la figura 100 se puede apreciar una captura del código de Arduino, en el anexo 1 se presenta el código completo de Arduino.

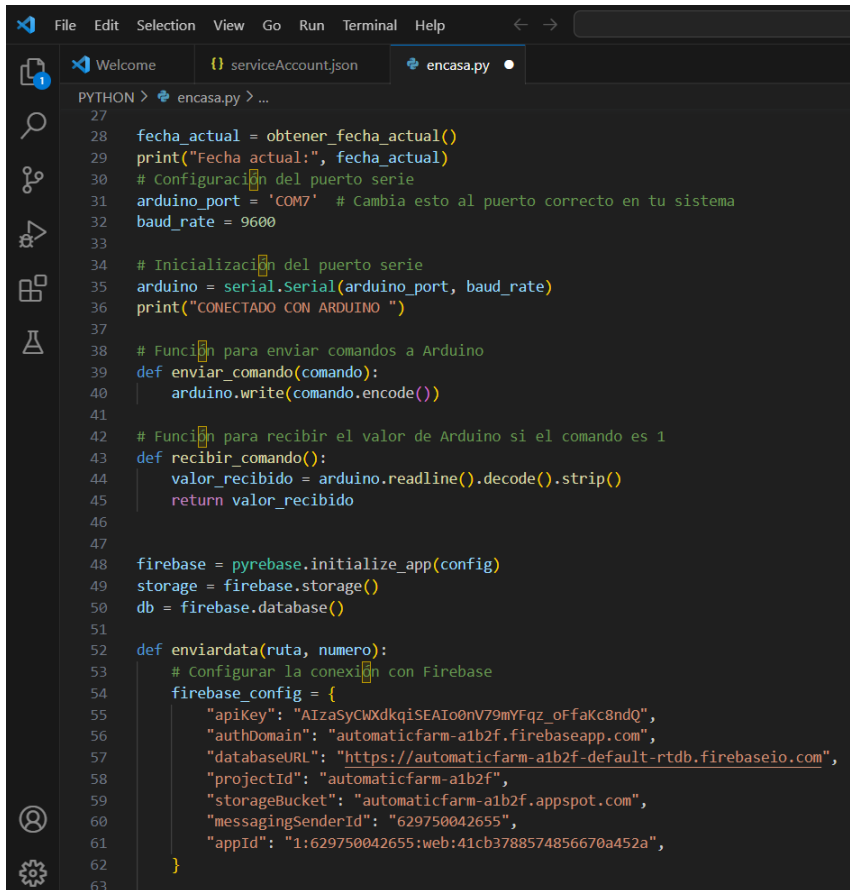
```
farmbotino Arado.h Riego.h Sensores.h Siembra1.h Siembra2.h Siembra3.h Siembra4.h cosecha1.h cosecha2.h cosecha3.h cosecha4.h
1 #include <AccelStepper.h>
2 #include <Arduino.h>
3 #include "Riego.h"
4 #include <Stepper.h>
5 #include "Siembra1.h"
6 #include "Siembra2.h"
7 #include "Siembra3.h"
8 #include "Siembra4.h"
9 #include "Sensores.h"
10 #include "cosecha1.h"
11 #include "cosecha2.h"
12 #include "cosecha3.h"
13 #include "cosecha4.h"
14 #include "Arado.h"
15 Sensores sensores(0, 1, 2, 3, 4, 5);//SENSORES
16
17 #define X_ENDSTOP_PIN 3//finales de carrera
18 #define Y_ENDSTOP_PIN 4
19
20
21 String inputString = ""; // variable para almacenar los datos entrantes
22 // Definir el tiempo de espera entre movimientos en segundos
23 int wait_time = 5;
24
25 const int dirPin = 13;//MOTORES
26 const int stePin = 12;
27 const int dirPin2 = 11;
28 const int stePin2 = 10;
29 const int dirPin3 = 32;
30 const int stePin3 = 33;
31 const int dirPin4 = 34;
32 const int stePin4 = 35;
33
34 const int pinElectrovalvula= 8;
35 const int pinElectrovalvula2= 9;
36 const int pinElectrovalvula3= 7;
```

Figura 100 Código de Arduino

Fuente: Autor

### 3.5.2. Python

Python fue utilizado para realizar la comunicación serial entre Arduino y Python, a través del puerto serial, y así poder enviar y recibir números que son necesarios para el funcionamiento de Arduino. En la figura 101 se puede apreciar una captura de pantalla de la aplicación en Python. También se programó en Python el acceso para tomar fotos y guardarlas en una carpeta específica. En el anexo 2 se muestra el código completo de Python.



```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
Welcome serviceAccount.json encasa.py
PYTHON > encasa.py > ...
27
28 fecha_actual = obtener_fecha_actual()
29 print("Fecha actual:", fecha_actual)
30 # Configuración del puerto serie
31 arduino_port = 'COM7' # Cambia esto al puerto correcto en tu sistema
32 baud_rate = 9600
33
34 # Inicialización del puerto serie
35 arduino = serial.Serial(arduino_port, baud_rate)
36 print("CONECTADO CON ARDUINO ")
37
38 # Función para enviar comandos a Arduino
39 def enviar_comando(comando):
40     arduino.write(comando.encode())
41
42 # Función para recibir el valor de Arduino si el comando es 1
43 def recibir_comando():
44     valor_recibido = arduino.readline().decode().strip()
45     return valor_recibido
46
47
48 firebase = pyrebase.initialize_app(config)
49 storage = firebase.storage()
50 db = firebase.database()
51
52 def enviardata(ruta, numero):
53     # Configurar la conexión con Firebase
54     firebase_config = {
55         "apiKey": "AIzaSycWxdkqiSEAIo0nV79mYFqz_oFfakc8ndQ",
56         "authDomain": "automaticfarm-a1b2f.firebaseio.com",
57         "databaseURL": "https://automaticfarm-a1b2f-default-rtdb.firebaseio.com",
58         "projectId": "automaticfarm-a1b2f",
59         "storageBucket": "automaticfarm-a1b2f.appspot.com",
60         "messagingSenderId": "629750042655",
61         "appId": "1:629750042655:web:41cb3788574856670a452a",
62     }
63
```

Figura 101 Código de Python

Fuente: Autor

### 3.5.3. MIT APP Inventor

MIT APP Inventor es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles que, entre otras cosas, permite la integración de bases de datos en tiempo real de Firebase en aplicaciones creadas con esta herramienta. La integración entre MIT APP Inventor y Firebase permite que las aplicaciones puedan almacenar y leer datos en tiempo real, lo que es esencial para aplicaciones que requieren una comunicación constante con una base de datos remota.

En la figura 102 se puede apreciar el código de bloques que se realizó para el registro de usuario y contraseñas.

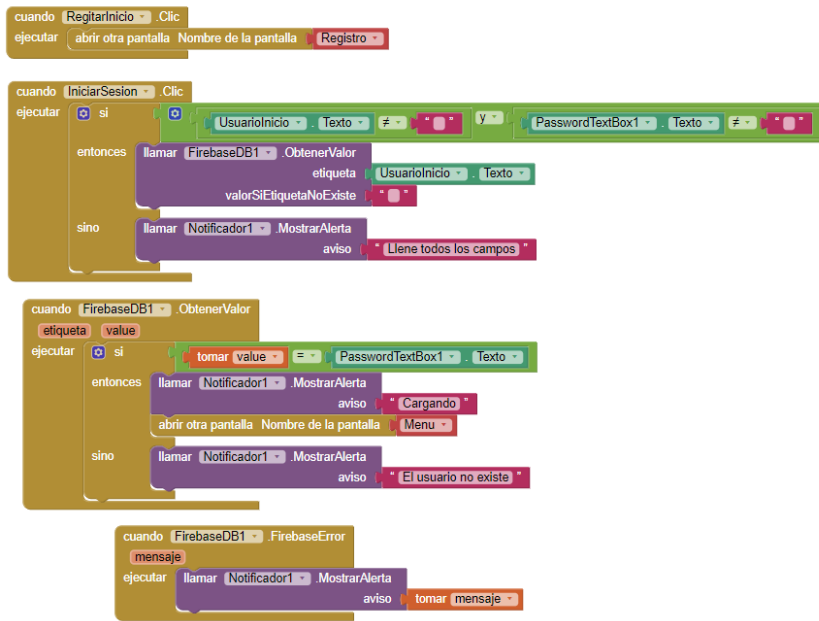


Figura 102 Registro de usuario

Fuente: Autor

En la figura 103 se puede apreciar el código de bloques de todos los procesos que realiza el robot, los mismos números de case que están digitados en Arduino se colocó en el código de bloques de la MIT APP Inventor para poder controlar los procesos.

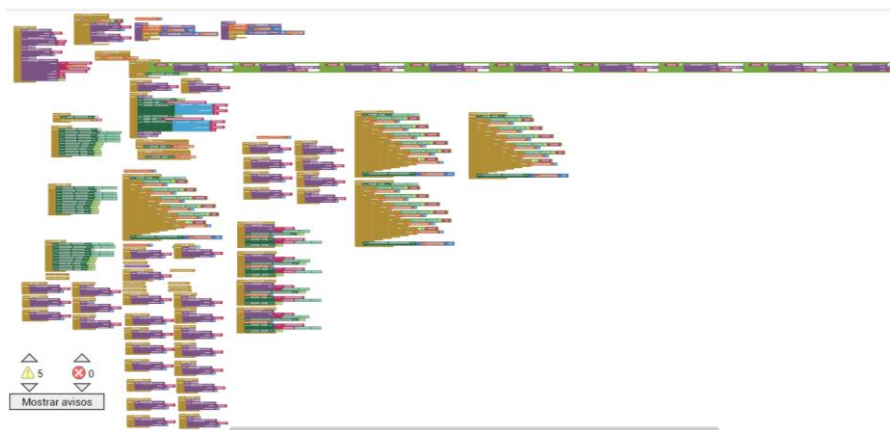


Figura 103 Código de bloques de los procesos del robot

Fuente: Autor

### 3.6. Resultados

En base a las pruebas realizadas a continuación se determina la funcionalidad que obtuvo cada proceso en la ejecución de las pruebas de funcionalidad, esto permitió verificar como fue el desempeño del robot en todos sus procesos.

#### 3.6.1. Desempeño de los drivers

En un principio, para el control de los motores, se utilizaban los drivers TMC2130, pero al conectar los motores de X1 y X2, el capacitor de uno de los dos motores explotó, este driver requería un circuito externo para funcionar. Por esto se optó utilizar el driver DRV8825, el cual no requiere un circuito externo y si cumple su función el cual es controlar los motores adecuadamente.

Para calibrar el voltaje de los drivers se requiere de una formula

$$V_{ref} = I_{max} * R_{shunt}$$

$I_{max}$ = corriente máxima del motor

$R_{shunt}$ = Resistencia del driver DRV8825

$V_{ref}$ =0.15 v

Mediante el potenciómetro se colocó el  $V_{ref}$  pero se pudo apreciar que el motor no giraba con fluidez, por lo que se incrementó el  $V_{ref}$  a 0.16 V, con este valor el motor trabajo en condiciones normales. Se recomienda colocar el disipador de calor y verificar que los pines declarados en Arduino coincidan con Dir y Step.

#### 3.6.2. Desempeño del proceso de siembra

Durante el proceso de siembra se requirió dos dispositivos: bomba de aire y servomotor. La bomba de aire presento problemas en su control, presentaba fallas en el arranque y en el apagado.

El servomotor presento fallas mecánicas, al momento de maniobrar la perilla y dificulto

el correcto funcionamiento de apertura y cierre para absorber o soltar semillas. Adicional, se hizo pruebas con semillas de diferentes tamaños como se puede observar en la tabla 39, se apreció que las semillas redondas grandes provocaban obstrucción en la perilla del servomotor.

<b>Semillas</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Tomate Cherry	1-2 mm planas	<b>X</b>	
Rábano	3-4 mm redonda pequeña	<b>X</b>	
Frejol	0.5 cm redonda grande		<b>X</b>
Alverja	0.5 cm redonda grande		<b>X</b>

Tabla 39 Semillas de prueba

Fuente: Autor

Cuando se realizó la primera prueba del proceso de siembra, se pudo apreciar que en el primer punto de siembra cayeron varias semillas, de 8 a 6 semillas. Este error fue corregido disminuyendo el tiempo de acción del servo motor.

### **3.6.3. Desempeño del proceso de arado**

Durante el proceso de arado se requirieron 4 motores para realizar los desplazamientos requeridos, se calibraron las coordenadas cartesianas por donde el arado se desplazó. Este proceso no presentó ninguna falla.

### **3.6.4. Desempeño del proceso de sistema de riego (agua, abonado, fumigación)**

El principal problema que presento este proceso fue la presión de agua, el cual no abastecía de forma correcta la distribución de líquido a la mesa de cultivo. Al principio se optó por aspersores y como segunda opción tubería PVC de 1/2, los cuales no dieron resultados, para solucionar el problema de riego como tercera opción se instaló manguera de goteo, con lo que se obtuvo mejores resultados.

### **3.6.5. Desempeño de los sensores de humedad de suelo**

Los sensores de humedad no presentaron fallas y trabajaron de forma correcta.

### **3.6.6. Desempeño del proceso de cosecha**

Para el proceso de cosecha se empleó una pinza la cual presento fallas en el agarre de las verduras al momento de recolectar, para solucionar este problema se optó por aumentar el número de vueltas al servomotor, y adherir lija a las pinzas para mejorar el agarre.

### **3.6.7. Desempeño de los finales de carrera**

Cuando se terminó de ensamblar el robot tanto su parte mecánica como su programación, se observó la presencia de ruido, el cual era generado por los finales de carrera ya que al comienzo de las pruebas el proceso que realizaba era de manera opuesta, después de investigar el origen del error se encontró que la falla se encontró en una mala conexión de GND, posterior a esta corrección el ruido existente disminuyó su intensidad y los motores funcionaron correctamente.

### **3.6.6. Desempeño de fuentes de voltaje**

En este prototipo se utilizaron tres tipos de voltajes, 12V DC 5V DC y 110v AC. Se adquirió una fuente de 12vc a 30 A de donde se quería obtener de igual forma 5VDC para la energización de la parte de Arduino. Mediante la conexión de la fuente de 12 V a un regulador de voltaje. Al encender el robot se notó la presencia de ruido y para solucionar este inconveniente se optó por utilizar fuentes independientes de 12v y 5v con la corrección de las fuentes el ruido disminuyo.

## **3.7. Conclusiones**

- Estos sistemas agrícolas permiten un control y automatización eficiente del cultivo. A diferencia de los sistemas de cultivo convencionales, permiten ahorrar agua y fertilizante. Además, gracias a un constante monitoreo, es posible prevenir plagas.
- El diseño del robot agrícola para cultivo automático a pequeña escala necesita de un diseño mecánico, para ser resistente a los agentes climáticos. por otro



lado, el diseño electrónico y de software, fueron integrados para permitir el control remoto del robot. Todo esto implicó cálculos para motores, corriente y con ello se seleccionó los componentes para realizar cada proceso.

- Se pudo implementar una mesa fija de 4x1 metros cuadrados, en el cual se adaptó el arco móvil, el cual permitió el funcionamiento del brazo con sus respectivos accesorios para los procesos del cultivo (siembra, arado, cosecha). Para el sistema de riego se realizó una instalación individual de dos tanques de 30 litros cada uno, los cuales se designaron para fumigación y abonado. Todo este sistema es controlado mediante una aplicación y una base de datos (Firebase) que funciona como intermediario para realizar la comunicación de Python y Arduino con la aplicación.

### **3.8. Recomendaciones**

- Se recomienda instalar un sistema de energía autosustentable para energizar el robot agrícola, ya que, en caso de haber un apagón, el robot podría presentar fallas.
- Se recomienda que el robot agrícola cambie automáticamente de herramientas para cada proceso. Asimismo, se sugiere diseñar diferentes garras con materiales suaves y resistentes que se adapten a cada tipo de verdura, para evitar su maltrato durante la recolección.
- Se puede mejorar la eficiencia del robot agrícola con la ayuda de la IA, lo que garantizará una mejor gestión del cultivo. Todo esto permitirá una mayor precisión en las tareas y en la toma de decisiones, logrando una mayor eficiencia en la operación del robot agrícola.

## Bibliografía

3D, I. (Abril de 15 de 2022). *Impresoras 3D*. Obtenido de <https://imprint3d.net/filamentos/filamento-petg-para-uso-en-exterior/>

Acceso, G. (6 de Junio de 2022). Obtenido de <https://rayte.com/blog/post/5-tipos-de-arduino>

ACESCO. (4 de septiembre de 2020). *ACESCO* . Recuperado el noviembre de 2021, de <https://www.acesco.com.co/descargas/fichastecnicas/ficha-tecnica-perfiles.pdf>

Acuavital. (15 de Febrero de 2019). *Acuavital* . Obtenido de <https://acuavital.wordpress.com/2019/02/15/motores-nema-definicion-y-sus-tipos/>

Alexandra. (25 de febrero de 2020). *ecoLuz LED*. Obtenido de <https://www.ecoluzled.com/blog/tiras-de-led-nuestras-respuestas-a-tus-preguntas-frecuentes/>

aluminio, p. d. (9 de septiembre de 2019). *perfiles de aluminio* . Obtenido de <https://perfilesdealuminio.net/articulo/las-ventajas-de-los-perfiles-de-aluminio/43#:~:text=B%C3%A1sicamente%2C%20podemos%20decir%20que%20los,acaban%20obteniendo%20otra%20forma%20caracter%C3%ADstica.>

amazon. (10 de octubre de 2019). *amazon* . Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Hydrofarm-manguera-flexible-hidrop%C3%B3nico-irrigaci%C3%B3n/dp/B013TDGZZI>

Antón, N. A. (25 de marzo de 2020). *vermiduero*. Obtenido de <https://www.vermiduero.es/10-datos-sobre-el-humus-de-lombriz>

appinventor. (31 de Julio de 2019). Obtenido de <http://appinventor.mit.edu/explore/ai2/beginner-videos>

arco. (21 de abril de 2021). *arco* . Obtenido de <https://blog.valvulasarco.com/tipos-de-valvulas-de-control>

Ardobot. (30 de agosto de 2018). *Ardobot* . Obtenido de <https://www.ardobot.co/electrovalvula-solenoide-1-2-12v.html>

Arduino. (26 de Septiembre de 2019). *Arduino* . Obtenido de <https://arduino.cl/programacion/>

Arduino. (20 de Noviembre de 2019). *Arduino.cl*. Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Arduino. (22 de Junio de 2020). *Arduino*. Obtenido de <https://arduino.cl/producto/arduino-uno/>

Arduino. (13 de Abril de 2021). *Arduino*. Obtenido de <https://arduino.cl/producto/arduino-due/#:~:text=Arduino%20Due%20es%20la%20primera,mediante%20el%20IDE%20de%20Arduino.>

Arduino. (28 de Febrero de 2021). *Arduino*. Obtenido de <https://arduino.cl/producto/arduino-mega-2560/>

Arduino, A. (11 de Noviembre de 2018). *Aprendiendo Arduino* . Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/modelos-raspberry-pi/>

arduino, p. (19 de junio de 2018). *proyecto arduino* . Obtenido de <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>

AREATECNOLOGICA. (20 de Abril de 2020). *AREATECNOLOGICA*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html>

Aronson, R. (4 de octubre de 2018). *Aluminum Extrusions* .

Aula, C. (8 de Octubre de 2020). *Cursos Aula 21*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-python/>

Aymet. (23 de septiembre de 2019). *Aymet* . Obtenido de <https://aymet.com.ar/perfiles-de-aluminio/#:~:text=Los%20perfiles%20de%20aluminio%20son,estructura%20hospitalaria%20y%20la%20arquitectura>.

BCN, m. S. (31 de enero de 2015). *maker Shop BCN*. Obtenido de <https://makershopbcn.com/es/producto/kit-xtreme-solid-v-wheel>

Bekam. (8 de agosto de 2018). *Bekam* . Obtenido de [http://bekam.cl/wp-content/uploads/2017/08/Luces\\_Piloto\\_final.pdf](http://bekam.cl/wp-content/uploads/2017/08/Luces_Piloto_final.pdf)

Bermudez, B. (15 de marzo de 2021). *Madelea*. Obtenido de <https://www.madelea.com/que-es-una-mesa-de-cultivo/>

Bitfab. (15 de Junio de 2018). *Bitfab*. Obtenido de <https://bitfab.io/es/blog/imprimir-filamento-asa/>

Blazquez, L. (5 de abril de 2019). *noticias/coches.com*. Obtenido de <https://noticias.coches.com/consejos/correa-de-distribucion-que-es-y-cuando-cambiarla/333591>

Bosch. (4 de Noviembre de 2020). *Bosch*. Obtenido de <https://www.bosch-home.es/electrodomesticos/huertos-domesticos-smartgrow?contentType=products>

Brincolaje, M. (2 de Mayo de 2018). *Mundo Brincolaje*. Obtenido de <https://www.mundo-brincolaje.es/blog/caracteristicas-y-aleaciones-de-los-perfiles-de-aluminio/>

Caballero, J. C. (30 de marzo de 2022). *Canvaperiodico*. Obtenido de <https://canvaperiodico.club/motor/como-funciona-un-motor-paso-a-paso-hibrido/>

Canto, C. (27 de Enero de 2020). *Carlos Canto*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://galia.fc.uaslp.mx/~cantoc>

ar/microcontroladores/SLIDES\_8051\_PDF/21\_MOTOR.PDF

características, t. d. (10 de abril de 2019). *BV blog led* . Obtenido de <https://www.byverdleds.com/blog/2019/04/10/tiras-de-led-caracteristicas-y-aplicaciones/>

Carletti, E. J. (13 de diciembre de 2014). *Robot didactios* . Obtenido de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/motores-paso-a-paso-caracteristicas-basicas/>

Carmenate, J. G. (8 de Junio de 2020). *Programarfacil*. Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/>

Castagnino, K. D. (6 de Mayo de 2020). *los 7 beneficios de tener un huerto en casa*. Obtenido de EL TIEMPO : <https://www.diarioeltiempo.com.ar/nota-los-siete-beneficios-de-tener-un-huerto-en-casa--164622>

Castro, A. (23 de enero de 2014). *computer hoy* . Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/hardware/que-es-raspberry-pi-donde-comprarla-como-usarla-8614>

Castro, A. (23 de Enero de 2022). Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/hardware/que-es-raspberry-pi-donde-comprarla-como-usarla-8614>

Cedal. (23 de Octubre de 2019). *Perfileria de alumino* . Obtenido de <http://www.cedal.com.ec/index.php/es/categorias-de-productos/perfileria-de-aluminio.html>

climadmonterrey.com. (s.f.). *climadmonterrey.com*. Obtenido de <https://www.climasmonterrey.com/que-es-una-valvula-de-solenoid#:~:text=La%20v%C3%A1lvula%20de%20solenoid%20es%20una%20v%C3%A1lvula%20que%20se%20cierra,bobina%20energizada%20el%C3%A9ctricamente%2C%20o%20viceversa.&text=El%20campo%20magn%C3%A9tico%20que%2>

Condori, O. (15 de Octubre de 2016). *Youtube* . Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=ireZgSLLDYE>

(7 de Febrero de 2017). control de maleza en maiz . (I. N. Agropecuarias, Entrevistador)

control, Z. o. (16 de octubre de 2019). *ZIKODRIVE optimised motor control* . Obtenido de <https://www.zikodrive.com/es/ufaqs/nema-motor-marco-tamanos-media/#table>

COPIA. (28 de Julio de 2022). *Derechos de los Campesinos y la Soberanía Alimentaria*. Obtenido de <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/prueba/servicios/foro-derechos-de-los-campesinos-y-la-soberania-alimentaria/>

Createc3D. (13 de Abril de 2021). *Createc3D*. Obtenido de <https://createc3d.com/es/comprar-electronica-impresora-3d/1037-tmc2130-v11.html>

cuale, M. d. (28 de octubre de 2015). *Maderas del quale*. Obtenido de <http://maderablesdecuale.blogspot.com/2015/10/madera-de-guayabillo.html>

cuale, M. d. (29 de Octubre de 2018). *Maderas del quale* . Obtenido de <http://maderablesdecuale.blogspot.com/2015/10/madera-de-guayabillo.html>

curiosoando. (12 de marzo de 2020). *curiosoando*. Obtenido de <https://curiosoando.com/que-es-una-valvula-solenoide>

Delgado, A. (21 de noviembre de 2020). *GEEKNETIC*. Obtenido de <https://www.geeknetic.es/Raspberry-Pi/que-es-y-para-que-sirve#:~:text=Raspberry%20Pi%20es%20una%20placa,usos%20como%20veremos%20m%C3%A1s%20adelante>.

Delgado, A. (21 de Noviembre de 2020). *GEEKNETIC*. Obtenido de <https://www.geeknetic.es/Raspberry-Pi/que-es-y-para-que-sirve>

EcoInventos. (10 de marzo de 2020). *La revolución de los huertos urbanos*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/los-huertos-urbanos-han-llegado-para-quequedarse/>

ecuador, N. d. (22 de abril de 2018). *Novachem del ecuador* . Obtenido de <https://www.novachem.com.ec/producto/bomba-de-vacio/>

electronicasmd. (8 de junio de 2017). *electronicasmd*. Obtenido de <https://www.electronicasmd.com/productos/pulsadores/pulsador-12mm/>

electronics. (11 de septiembre de 2014). *electronics* . Obtenido de <https://avelectronics.cc/producto/valvula-solenoide-de-12v-para-1-2/>

España, I. G. (2 de Noviembre de 2018). *Instituto Geologico y Minero de España* . Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.igme.es/ZonaInfantil/MateDivul/guia\\_didactica/pdf\\_carteles/cartel4/CARTEL%204\\_4-4.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.igme.es/ZonaInfantil/MateDivul/guia_didactica/pdf_carteles/cartel4/CARTEL%204_4-4.pdf)

español, E. e. (23 de Mayo de 2022). Obtenido de <https://extensionesp.umd.edu/2022/05/23/cultivo-de-verduras-de-primavera/>

estacion, S. (9 de Marzo de 2021). *Servei estacion*. Obtenido de <https://serveiestacio.com/blog/tipos-de-perfiles-de-aluminio-caracteristicas-y-aplicaciones-basicas/>

Estape, J. A. (23 de Octubre de 2020). *Computer hoy* . Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/farmbot-robot-agricultor-diy-huerto-urbano-741835>

Estape, J. A. (22 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/farmbot-robot-agricultor-diy-huerto-urbano-741835>

Factory, G. (9 de junio de 2016). *Geek Factory* . Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/motores/drv8825-driver-para-motor-a-pasos/>

Farm.bot. (3 de enero de 2018). *Farm.bot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/electronics-and-wiring/products/12v-solenoid-valve>

Farm.bot. (3 de agosto de 2018). *Farm.bot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/tubing/products/pressure-regulator>

Farm.bot. (3 de enero de 2018). *Farm.bot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/tubing/products/v1-4-garden-hose-adapter>

Farm.bot. (14 de abril de 2021). *Farm.bot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/tubing/products/luer-lock-needles>

FarmBot. (02 de agosto de 2017). *Uso de FarmBot como tecnología de accesibilidad.* Obtenido de <https://farm.bot/blogs/news/using-farmbot-accessibility-technology>

Farmbot. (5 de Enero de 2018). Obtenido de <https://farm.bot/>

Farmbot. (2 de agosto de 2018). *Farmbot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/tubing/products/luer-lock-adapter>

Farmbot. (3 de enero de 2018). *Farmbot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/electronics-and-wiring/products/cable-carrier>

FarmBot. (5 de enero de 2018). *FarmBot.* Obtenido de <https://farm.bot/>

Farmbot. (1 de julio de 2019). *Farmbot.* Obtenido de <https://farm.bot/>

Farmbot. (6 de agosto de 2020). *Farmbot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/electronics-and-wiring/products/genesis-v12-v14-camera>

Farmbot. (6 de agosto de 2020). *Farmbot.* Obtenido de <https://farm.bot/collections/electronics-and-wiring/products/24v-150w-power-supply>



Farmbot. (13 de junio de 2021). *Farmbot*. Obtenido de <https://farm.bot/collections/drivetrain/products/gt2-pulleys>

Farmbot. (13 de Junio de 2021). *Farmbot*. Obtenido de <https://farm.bot/collections/drivetrain/products/gt2-pulleys>

Farmbot. (13 de junio de 2021). *Farmbot*. Obtenido de <https://farm.bot/collections/drivetrain/products/gt2-timing-belt>

Farmbot. (9 de Agosto de 2022). Obtenido de <https://software.farm.bot/v15/docs/intro>

Farmbot. (18 de Enero de 2022). *Farmbot*. Obtenido de <https://genesis.farm.bot/v1.6/assembly/intro/high-level-overview>

Farmbot. (6 de Octubre de 2022). *Farmbot*. Obtenido de <https://software.farm.bot/v15/farmbot-os/intro>

Farmbot. (6 de Octubre de 2022). *Farmbot*. Obtenido de <https://software.farm.bot/v15/farmbot-os/arduino-firmware>

Farmbot. (7 de Julio de 2022). *Farmbot*. Obtenido de <http://software.farm.bot/v15/docs/intro>

Farmbot. (4 de Octubre de 2022). *Farmbot*. Obtenido de <https://genesis.farm.bot/v1.6/assembly/tools.html>

fernandez, Y. (21 de julio de 2018). *xataka* . Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Flores, f. (12 de junio de 2016). *ferreteria florenca*. Obtenido de <http://www.ferreteriaflorenca.com/ventajas-de-los-perfiles-de-aluminio>

fysetc, W. d. (5 de Noviembre de 2020). *Wiki de fysetc*. Obtenido de <https://wiki.fysetc.com/TMC2208/>

garcia, e. p. (16 de agosto de 2019). *movil tronics* . Obtenido de <https://moviltronics.com/tienda/modulo-reloj-rtc-ds3231/>

Geajardin. (29 de Abril de 2021). *Geajardin*. Obtenido de <https://www.geajardin.com/bombas-de-agua-usos-tipos-y-caracteristicas>

geekfactory. (5 de Marzo de 2020). *geekfactory*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos/motores/a4988-driver-para-motor-a-pasos/>

Hackaday.io/. (19 de Abril de 2018). *Hackaday.io/*. Obtenido de <https://hackaday.io/project/2552-farmbot-open-source-cnc-farming/details>

hardware, o. (27 de agosto de 2021). *open hardware* . Obtenido de [https://openhardware.pe/store/index.php?route=product/product&product\\_id=328](https://openhardware.pe/store/index.php?route=product/product&product_id=328)

Hayward, A. (5 de Julio de 2016). *Smithsonian* . Obtenido de <https://www.smithsonianmag.com/innovation/farmbot-genesis-brings-precision-agriculture-your-own-backyard-180959603/?no-ist>

Hernández, L. d. (21 de Febrero de 2017). *programar facil*. Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/reloj-con-arduino-rtc/>

Hernandez, L. d. (21 de Febrero de 2017). *Programarfacil*. Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/reloj-con-arduino-rtc/>

herramientas, D. m. (12 de Julio de 2018). *De maquinas y herramientas* . Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/bombas-de-agua-funcionamiento>

hora, L. (7 de Octubre de 2019). *La hora* . Obtenido de <https://elproductor.com/2019/10/ecuador-huertos-familiares-cultivando-salud/#:~:text=Los%20huertos%20familiares%20aportan%20con,fomenta%20pasar%20tiempo%20en%20familia.>

huawei. (7 de noviembre de 2019). *consumer huawei* . Obtenido de <https://consumer.huawei.com/co/support/content/es-us00442593/>

huerto, m. (15 de enero de 2019). *metro huerto*. Obtenido de <https://www.metrohuerto.es/sustrato-ideal-huerto-urbano/>

Hydro-environment. (4 de noviembre de 2011). *tecnificacion de un cultivo: siembra*. Obtenido de [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=393](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=393)

IBERDROLA. (19 de septiembre de 2020). *QUÉ ES UN HUERTO URBANO*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/que-es-un-huerto-urbano>

Ibertronix. (19 de Agosto de 2018). *Ibertronix*. Obtenido de <https://ibertronix.com/productos/medidores-de-humedad-por-infrarrojos/en-continuo>

igus. (20 de agosto de 2019). *cadena portacables* . Obtenido de <https://www.igus.es/info/cadenas-portacables>

Industrial, C. B. (5 de abril de 2018). *Vix.cl*. Obtenido de <https://www.vix.cl/vix/camaras-de-inspeccion/camara-boroscopica-de-inspeccion-industrial/>

industry, d. (1 de octubre de 2020). *direct industry* . Obtenido de <https://guide.directindustry.com/es/que-fuente-de-alimentacion-electrica-elegir/#:~:text=Una%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica,alimentaci%C3%B3n%20de%20un%20determinado%20dispositivo.>

INDUSTRY, D. (22 de Septiembre de 2020). *Direct INDUSTRY* . Obtenido de <https://guide.directindustry.com/es/que-fuente-de-alimentacion-electrica-elegir/>

INEC. (s.f.). *Ecuador cifras* . Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Bibliotecas/Estudios/Estudios\_Socio-demograficos/Composicion\_Hogares\_Ecuatorianos\_1990-2001.pdf

Ingenieria, i. y. (18 de Octubre de 2019). *Reloj y calendario* . Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>

instruments, P. (20 de septiembre de 2020). *PCE- instruments*. Obtenido de [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/endoscopio-kat\\_70028.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/endoscopio-kat_70028.htm)

inteligente, S. V. (8 de Noviembre de 2018). *Siber Ventilacion inteligente* . Obtenido de <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/sensor-humedad/>

Ionos. (26 de Noviembre de 2020). *Ionos*. Obtenido de <https://www.ionos.es/startupguide/productividad/modelo-en-espiral/>

Ionos. (26 de Novimebre de 2022). Obtenido de <https://www.ionos.es/startupguide/productividad/modelo-en-espiral/>

Isacc. (5 de mayo de 2020). *Hardwarelibre*. Obtenido de <https://www.hwlibre.com/nema-17/>

Iturralde, E. (12 de Marzo de 2021). *Monografias* . Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos101/huertos-familiares-urbanos/huertos-familiares-urbanos2>

Jardineria. (30 de Septiembre de 2017). *Jardineria*. Obtenido de <https://jardineria.top/mejores-mesas-cultivo-urbano/>

KUSHKA. (26 de marzo de 2020). *dinafem*. Obtenido de <https://www.dinafem.org/es/blog/como-hacer-humus-lombriz/>

Laumayer. (14 de Diciembre de 2020). *Laumayer*. Obtenido de <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/diciembre/generalidades->

finales-carrera-principales-usos/

led, t. d. (25 de febrero de 2020). *Ecoluz led* . Obtenido de <https://www.ecoluzled.com/blog/tiras-de-led-nuestras-respuestas-a-tus-preguntas-frecuentes/>

Leotronics. (15 de Febrero de 2022). *Leotronics*. Obtenido de <https://leotronics.eu/es/nuestro-blog/robots-de-servicios-profesionales-para-la-agricultura-actividad-de-cultivo>

Libre, M. (23 de Mayo de 2021). *Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-516419877-camara-de-5-metros-endoscopio-infaroja-para-celular-android-\\_JM#position=11&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=f5833d77-fe24-4ca1-a5ad-35c4fa6297fc](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-516419877-camara-de-5-metros-endoscopio-infaroja-para-celular-android-_JM#position=11&search_layout=stack&type=item&tracking_id=f5833d77-fe24-4ca1-a5ad-35c4fa6297fc)

Light, P. (23 de Septiembre de 2019). *POWER LIGHT*. Obtenido de <https://www.powerlight.es/placas-completas/7046-placa-pcb-fuente-alimentacion-conmutada-t45a-11spl-ul-led-power-beam.html>

listos, c. (3 de Septiembre de 2020). Obtenido de <https://circuitoslistos.com/tipos-de-arduino/>

Llamas, I. (18 de octubre de 2016). *tutoriales arduino*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>

Llamas, L. (28 de abril de 2021). *ingenieria, informatica y diseño*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/sensor-de-humedad-del-suelo-capacitivo-y-arduino/>

Lombritec. (12 de diciembre de 2019). *lombritec*. Obtenido de <https://lombritec.com/como-hacer-humus-de-lombriz-liquido/>

lopez, P. (28 de octubre de 2020). *GEEKNETIC*. Obtenido de <https://www.geeknetic.es/Fuente-de-alimentacion/que-es-y-para-que-sirve>

lugo, E. (1 de Junio de 2018). *Electronica lugo*. Obtenido de <https://electronicalugo.com/sensor-de-humedad-tipos-y-principio-de-funcionamiento/>

lugo, E. (1 de Junio de 2018). *Electronica lugo*. Obtenido de <https://electronicalugo.com/sensor-de-humedad-tipos-y-principio-de-funcionamiento/>

Maderame. (23 de Septiembre de 2020). *Maderame*. Obtenido de <https://maderame.com/enciclopedia-madera/eucalipto/>

Maderea. (8 de Marzo de 2020). *Maderea*. Obtenido de <https://www.maderea.es/madera-de-haya-propiedades-y-caracteristicas/#:~:text=Algunas%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20y%20f%C3%ADsicas,%2D12.0%20J%2Fcm2.>

Maderea. (8 de Marzo de 2020). *Maderea*. Obtenido de <https://www.maderea.es/madera-de-haya-propiedades-y-caracteristicas/#:~:text=Algunas%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20y%20f%C3%ADsicas,%2D12.0%20J%2Fcm2.>

Maquinac. (11 de Octubre de 2018). *Maquinac*. Obtenido de <https://maquinac.com/2018/10/disenan-el-robot-cosechador-sweeper-que-detecta-frutos-maduros/>

Mecafenix, I. (20 de abril de 2017). *Ingenieria Mecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

MecatronicaLATAM. (24 de Abril de 2021). *MecatronicaLATAM*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/motor/motores-electricos/motor-de-corriente-continua/motor-paso-a-paso/>

Microsoft. (06 de noviembre de 2015). *La tecnología y los huertos del futuro*. Obtenido de <https://news.microsoft.com/es-xl/la-tecnologia-y-los-huertos-del-futuro/>

miguel, R. d. (11 de Abril de 2021). Obtenido de <https://elpais.com/escaparate/2021-04-12/los-mejores-sensores-de-plantas-para-medir-la-humedad-o-la-luz.html>

movitronics. (16 de agosto de 2019). *movitronics*.

navarra, u. p. (22 de mayo de 2012). *control de un motor paso a paso*. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3547/577435.pdf>

Naylamp. (11 de Abril de 2021). *Naylamp*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/perfiles-de-aluminio/693-perfil-v-slot-2020-x-centimetro.html>

Naylampmechatronic. (1 de Agosto de 2021). *Naylampmechatronic*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/bombas-de-agua/446-bomba-de-agua-d12-12vdc-5m-800lh.html>

naylampmechatronics. (22 de abril de 2020). *naylampmechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html>

novelec. (10 de abril de 2019). *novelec* . Obtenido de <https://blog.gruponovelec.com/iluminacion/tiras-de-led-todo-lo-que-necesitas-saber/#:~:text=La%20tira%20Led%20es%20una,fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n%20denominada%20driver.>

Novelec, G. (1 de Diciembre de 2022). *Novelec el valor del servicio* . Obtenido de <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>

otec, i. (24 de junio de 2021). *material electrico industrial* . Obtenido de <https://www.otece.com.ec/producto/luz-piloto-led-electronica-22mm-strom/>

OTECE, i. (11 de octubre de 2015). *importadora OTECE*. Obtenido de <https://www.otece.com.ec/producto/luz-piloto-led-electronica-22mm-strom/>

OVACEN. (15 de julio de 2016). *El cultivo urbano en automático para tu huerta*.  
Obtenido de <https://ovacen.com/cultivo-urbano-huerta/>

paso, m. p. (23 de agosto de 2016). *driver DRV8825*. Obtenido de  
<https://www.luisllamas.es/motores-paso-paso-arduino-driver-a4988-drv8825/>

Pedraza, M. (7 de febrero de 2021). *lombrimadrid*. Obtenido de  
<https://lombrimadrid.es/lombricultura/historia-de-la-lombricultura/>

Penalva, J. (8 de Agosto de 2021). *xataka*. Obtenido de  
<https://www.xataka.com/especiales/como-elegir-la-tarjeta-microsd-adecuada-para-tu-smartphone>

penalva, J. (9 de mayo de 2022). *Xataka* . Obtenido de  
<https://www.xataka.com/seleccion/como-elegir-la-tarjeta-microsd-adecuada-para-tu-smartphone>

presion, S. d. (4 de Enero de 2020). *Sensores de presion* . Obtenido de  
<https://www.sensoresdepresion.top/2020/01/sensores-de-humedad-por-conductividad.html>

pulsadores. (22 de septiembre de 2020). *electronica SMD*. Obtenido de  
<https://www.electronicasmd.com/productos/pulsadores/pulsador-12mm/>

Ranchal, J. (24 de julio de 2017). *MC*. Obtenido de  
<https://www.muyccomputer.com/2017/07/24/guia-microsd/>

Raspberrypi. (14 de Febrero de 2019). *Raspberrypi*. Obtenido de  
<https://raspberrypi.cl/programa-tu-raspberry/#:~:text=Otra%20manera%20de%20programar%20en,puerto%20GPIO%2C%20manipular%20datos%2C%20recibir>

raspberrypi.cl. (7 de septiembre de 2018). *raspberrypi.cl*. Obtenido de  
<https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>



raspberrypi.cl. (7 de septiembre de 2018). *raspberrypi.cl*. Obtenido de <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>

Redondo, M. A. (17 de noviembre de 2016). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/reguladores-presion-riego>

Robotics. (15 de Junio de 2020). *Robotics*. Obtenido de <https://roboticsec.com/categoria-producto/raspberry/camaras-gps-shield/>

robotics, E. (12 de Noviembre de 2021). *EDS robotics*. Obtenido de <https://www.edsrobotics.com/blog/agricultura-automatizada-y-robotica-agricola/>

robots, U. (8 de Junio de 2022). *Universal robots*. Obtenido de <https://www.universal-robots.com/es/blog/robots-para-agricultura/>

rodamientos. (12 de junio de 2018). *openbuids.mexico* . Obtenido de <https://openbuilds.com.mx/productos/rodamientos/ruedas-v-wheel/rueda-v-wheel-sola/>

Rodriguez, E. (2 de Agosto de 2020). *xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/seleccion/que-modelo-raspberry-pi-comprar-repaso-a-principales-placas-proyectos-habituales-para-dar-mejor>

Romero, A. A. (25 de Abril de 2020). *Profesional review* . Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2020/04/25/tarjeta-sd-toda-informacion/>

Salud. (24 de mayo de 2020). *¿Qué es la terapia hortícola y cuáles son sus principales beneficios?* Obtenido de <https://www.20minutos.es/noticia/4261961/0/el-poder-curativo-de-las-plantas-que-es-la-terapia-horticola-y-cuales-son-sus-principales-beneficios/?autoref=true>

SE, H. D. (8 de septiembre de 2020). *Harmonie Drive SE*. Obtenido de <https://harmonicdrive.de/es/glosario/motor-paso-a->



tecnico, d. (3 de abril de 2017). *mundocompresor*. Obtenido de <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/bomba-de-vacio>

TEM. (8 de septiembre de 2020). *Electronic Components*. Obtenido de <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/#:~:text=Motor%20paso%20a%20paso%20de%20reluctancia%20variable&text=En%20este%20tipo%20de%20motor,atra%C3%ADdo%20por%20el%20campo%20ma>

Tem. (8 de Septiembre de 2020). *Tem*. Obtenido de <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/#:~:text=El%20motor%20paso%20a%20paso,eje%20cada%201%2C8%20%B0>.

Today, A. (15 de Marzo de 2023). *Annandale Today*. Obtenido de <https://annandaletoday.com/students-are-working-on-robotic-gardening/>

Ulma. (29 de Abril de 2020). *Ulma*. Obtenido de <https://www.ulmaforge.com/noticia/acero-inoxidable-propiedades-y-aplicaciones/>

urbano, H. (12 de Enero de 2021). *EcoInventos*. Obtenido de <https://ecoinventos.com/huerto-de-un-metro-cuadrado/>

vacio, m. b. (22 de junio de 2020). *AliExpress*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/4001140420159.html>

Valverde, A. (30 de julio de 2018). *elvatron* . Obtenido de <https://www1.elvatron.com/motores/c%C3%B3mo-saber-si-mi-motor-es-norma-nema-o-iec#:~:text=La%20principal%20diferencia%20est%C3%A1%20en,el%20Sistema%20Internacional%20con%20mil%C3%ADmetros>.

Vecteezy. (9 de Junio de 2022). *Vecteezy*. Obtenido de <https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/8098168-mujer-jardinero-riega-las-plantas-de-una-regadera-agricultura-jardinero-hobby-jardinaria-persona-mujer-riega-verduras-una-zanahoria-trabaja-en-el-jardin-agricultor-riega-la-planta>

westquimica. (27 de Julio de 2022). *westquimica*. Obtenido de <https://westquimica.com/el-tiempo-de-siembra/>

Wikipedia. (4 de Noviembre de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Polea>

Woodiswood. (19 de Mayo de 2022). *Woodiswood*. Obtenido de <https://woodiswood.net/blog/articulo/madera-de-pino>

Xukyo. (2 de octubre de 2020). *Aranacorp*. Obtenido de <https://www.aranacorp.com/es/uso-de-un-codificador-rotativo-con-arduino/>

Zamorano. (20 de Diciembre de 2019). *Importancia de los Huertos familiares en la Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Obtenido de <https://www.zamorano.edu/2019/12/20/importancia-de-los-huertos-familiares-en-la-seguridad-alimentaria-y-nutricional/>

**ANEXOS**

**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**

**MANUAL DE USUARIO**



**Robot agrícola para huertos urbanos (Robotriz)**

**Autoría: Beatriz Del Cisne Quinchiguango Ortiz**

## Contenido

REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT AGRICOLA .....	117
Alimentación.....	117
Internet.....	117
Suministro de Agua.....	117
INSTALACION DE EJES .....	118
Eje X	118
Eje Y	119
ESTRUCTURA DEL ARCO MÓVIL .....	120
TREN MOTRIZ.....	123
Carro transversal.....	124
Eje z	126
ENSAMBLE DE PROCESOS .....	128
Siembra.....	128
Arado	131
Cosecha.....	132
DIAGRAMA DE TUBERÍA.....	134
Sistema de Riego.....	134
Guía para la creación de abono liquido.....	134

Guía para la creación de líquido fumigante .....	136
Ajo ají 136	
Infusión de cola de caballo.....	136
Software .....	136
Actualización del calendario lunar .....	137
Funcionamiento de la aplicación .....	140
Ingreso a la aplicación.....	140
Pasos para sembrar .....	146
Riego 149	
Múltiples procesos.....	150
Movimiento de motores .....	151
Home 152	

# MANUAL DE USUARIO

Al implementar un prototipo es necesario elaborar un manual de usuario, en el cual se detalle la configuración del robot ya que el lector que tenga acceso a este manual pueda entender y ejecutar de manera correcta todos los dispositivos del robot agricultor, para ello en este manual se detalló todos los procesos realizados al momento de ensamblar el robot.

## REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT AGRICOLA

### Alimentación

El robot agrícola necesita una fuente principal de 110 V la cual está protegida por un breaker de 35 A, esta fuente se conecta a las borneras de fase y neutro, con la línea de fase de 110v se energiza la bobina del contactor y con un contacto normalmente abierto en una conexión en paralelo se energizo la fuente de 12 v y la fuente de 5v, teniendo como resultado tres fuentes de alimentación las cuales se utilizaron para:

- Fuente de 12v: con esta fuente energizamos: 4 motores nema, la bomba de aire para la siembra y las 3 electroválvulas.
- Fuente de 5v: con esta fuente se energiza todos los dispositivos y sensores que utiliza Arduino.
- Fuente de 110v: se energizo la Raspberry y las dos bombas de riego.

### Internet

No existe una velocidad de internet definida para la placa de Raspberry y Python, pero se sugiere un mínimo de 5 Mbps para una correcta ejecución del programa. Pero si se dispone de una mayor velocidad esto facilita el funcionamiento del programa.

### Suministro de Agua

El robot agrícola tiene la función de controlar la humedad de la tierra y a su vez distribuir el fungicida y abono líquido, para lo cual se requiere de dos tanques de agua



de 30 litros los cuales deben estar en constante monitoreo y verificar que el nivel de agua no baje demasiado.

## **INSTALACION DE EJES**

El robot agrícola cuenta con 3 ejes para moverse por toda la mesa, estos ejes permitirán que el brazo se pueda movilizar en las 3 dimensiones para realizar sus respectivas acciones.

### **Eje X**

El eje x es el encargado de que el brazo se movilice de forma horizontal a lo largo del robot agrícola, estos ejes de pista están hechos de aluminio tiene una longitud de 4 metros de largo y se colocan de forma paralela a 1 metro de distancia.

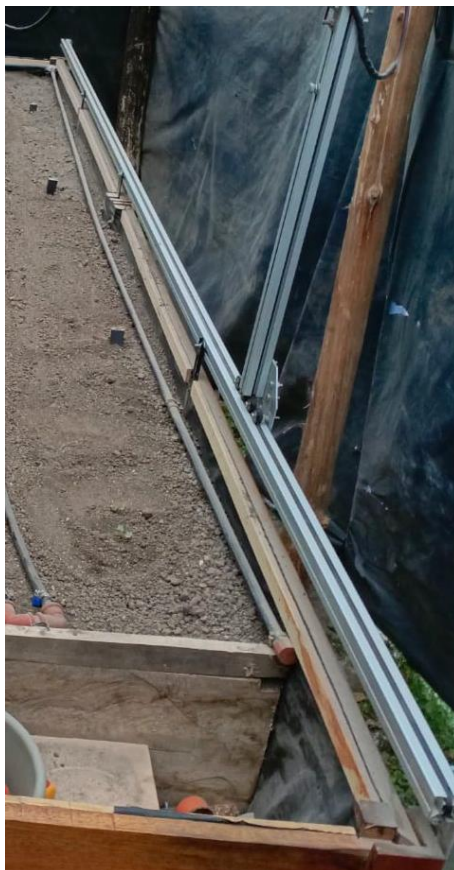


Figura 104 Eje X

Fuente: Autor

El eje x también cumple la función de transportar los cables que controlan todos los movimientos de los cables para eso se instaló soportes para el porta cables.

Para instalar el perfil del eje X en primer lugar se debe colocar una placa al final de la mesa la cual servirá como guía y soporte para el eje x.



Figura 105 Soporte de eje X

Fuente: Autor

## Eje Y

Para el portal se debe instalar en una placa 7 ruedas los cuales permitirán el deslizamiento a lo largo de las vías. Estas placas constan de 3 ruedas en la parte inferior y 4 ruedas en la parte superior, el propósito de este diseño es formar una V con las ruedas para tener un mejor agarre.



Figura 106 Placa de X

Fuente: Autor

## **ESTRUCTURA DEL ARCO MÓVIL**

En las placas previamente instaladas se procede a colocar dos columnas de aluminio de 1000 mm las cuales se deslizarán por los perfiles del eje X, en el extremo libre de la columna se procede a colocar los soportes de esquina del arco móvil esto se debe realizar en las dos columnas y atornillar en sus respectivos orificios.

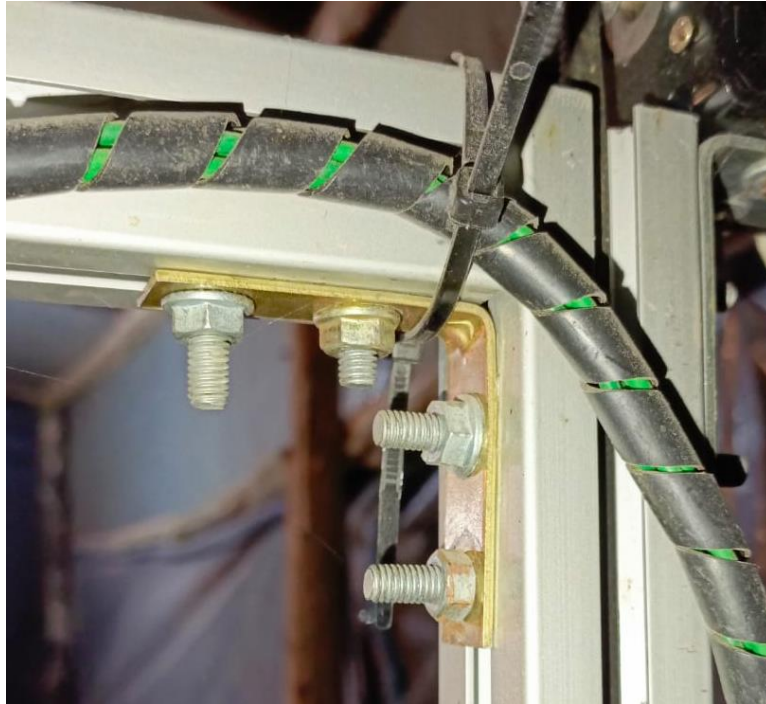


Figura 107 Angulo de unión de arco móvil

Fuente: Autor

Después se procederá a la instalación de la viga principal, para lo cual en una superficie plana se fijará el soporte de unión del pórtico a las dos ranuras inferiores de ambas extrusiones, esta viga al igual que la pista del eje x también consta de una porta cables.

Después de armar la viga se procede a colocar en la parte delantera de los soportes de esquina del pórtico, se debe tomar en cuenta que los soportes para el porta cables deben estar en el mismo lado de la viga principal y asegurar con sus respectivos tornillos.

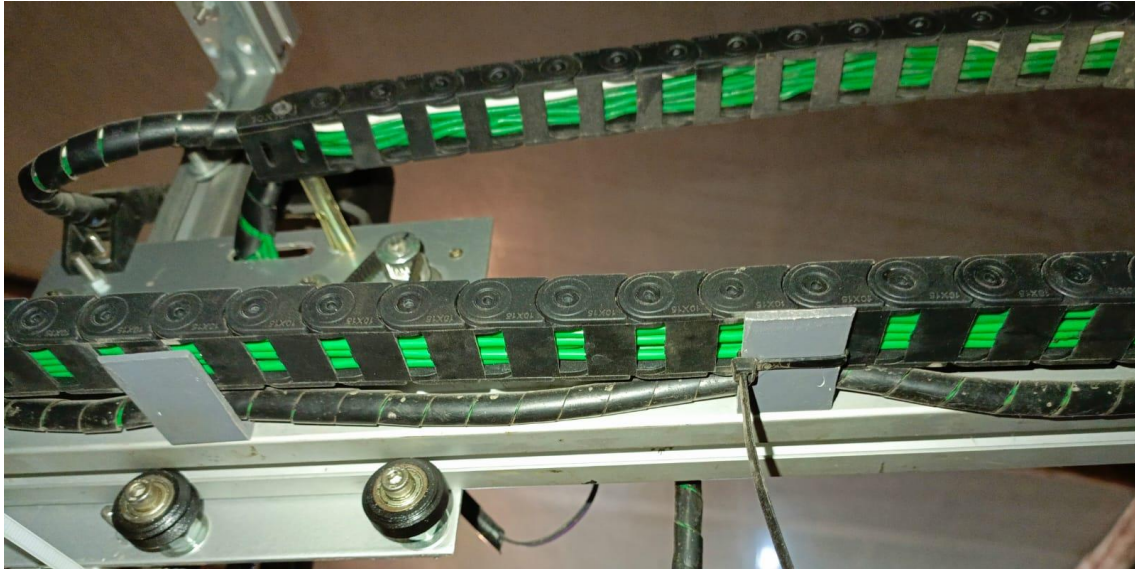


Figura 108 Soporte para portacables de eje Y

Fuente: Autor

Es importante fijar el soporte de porta cables del eje x en la parte inferior de la columna del pórtico izquierdo.

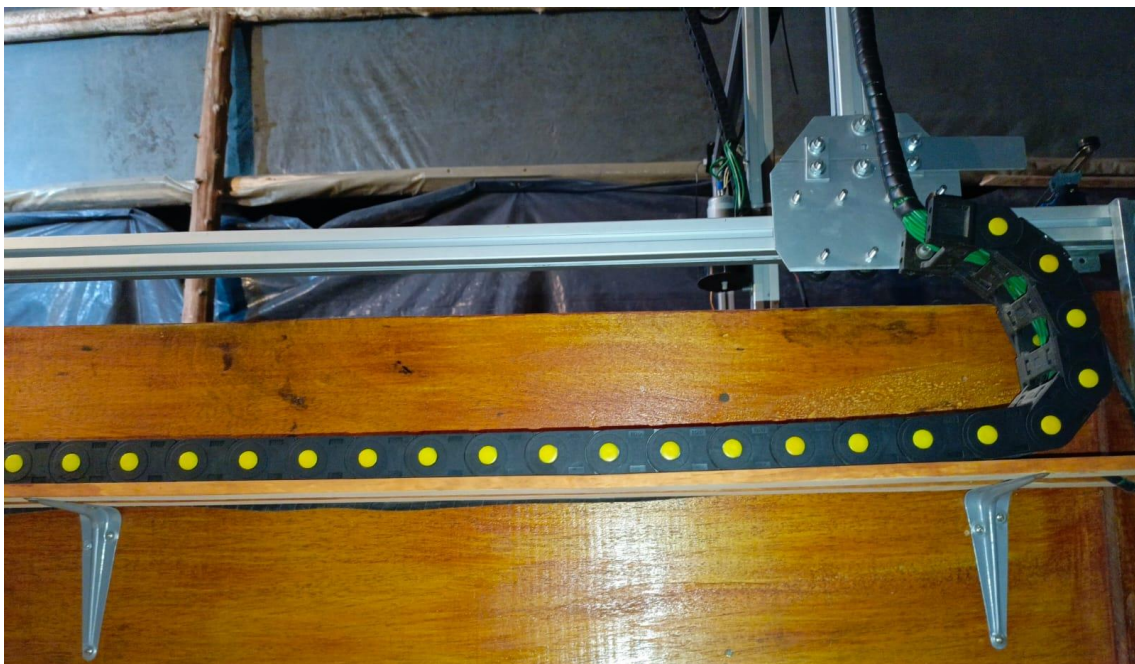


Figura 109 Soporte de portacables de X

Fuente: Autor

## TREN MOTRIZ

Por el interior de las columnas previamente colocadas se dejará caer correas se debe priorizar que los dientes de la correa enganchen con la polea, adicional se toma los extremos de la correa en la parte inferior de la columna del arco móvil y deslizarlo por debajo de las ruedas en V de la placa, también en la parte superior de las extrusiones del riel hasta los extremos de los rieles se debe pasar la correa, es importante que el lado plano de la correa este en contacto con las ruedas en V.

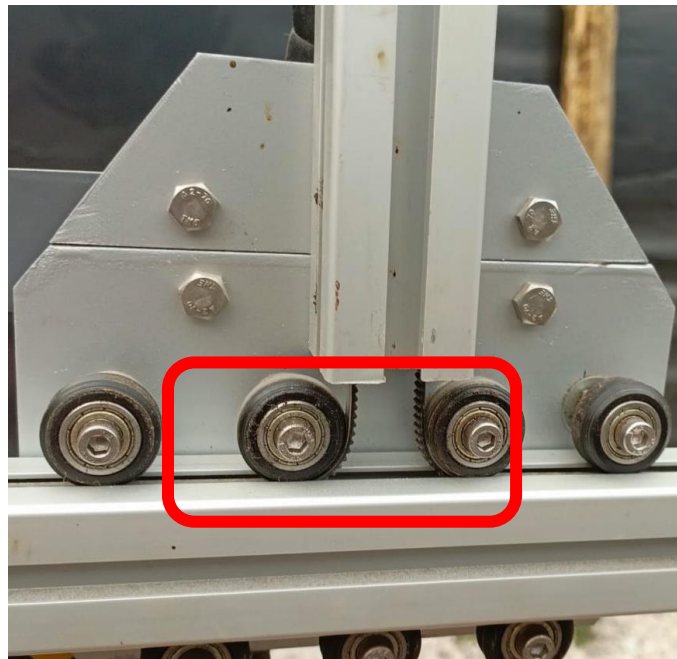


Figura 110 Ruedas en contacto con la parte lisa de las ruedas

Fuente: Autor

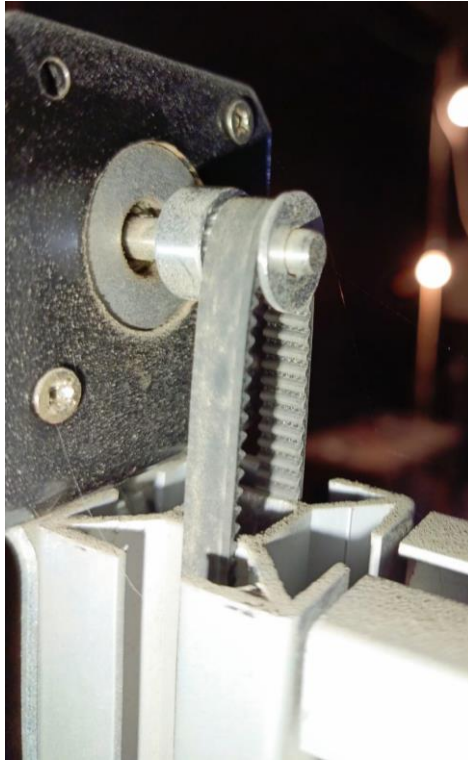


Figura 111 Correa de X

Fuente: Autor

### **Carro trasversal**

Para la instalación del carro trasversal se debe colocar 3 ruedas en V en la parte superior de la placa y 3 ruedas en la parte inferior cabe recalcar que cada placa viene ya con sus respectivos orificios para las ruedas, además de las 6 ruedas instaladas se procede a colocar las ruedas para el eje z las cuales son 3 ruedas en la parte derecha y 2 en la parte izquierda.



Figura 112 Placa de eje Y

Fuente: Autor

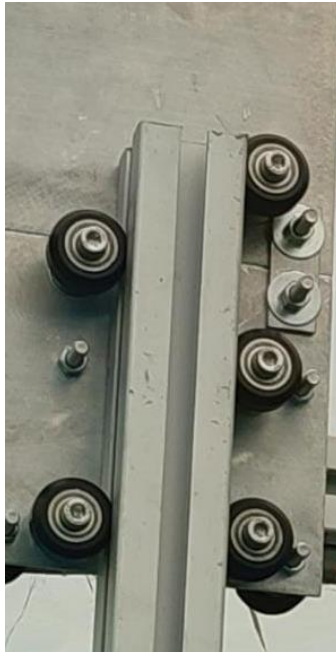


Figura 113 Placa de eje Z

Fuente: Autor

Después de instalar las ruedas en la placa se procede a colocar el bloque husillo y



posterior se coloca un motor, recordando que los conectores deben estar hacia un lado y se debe asegurar que el eje del motor sobresalga de la placa.

También en este perfil se debe instalar el soporte para porta cables el cual se colocó en los dos últimos orificios libres de la placa después de ensamblar todas las partes se procede a deslizarlo a manera de prueba. Se debe pasar la correa por debajo de las ruedas en V del extremo del carro, luego por la polea y debajo de las 3 ruedas en V restantes

### **Eje z**

Como primer paso tenemos que se debe fijar el motor del eje z y constatar que los conectores del motor deben mirar hacia el frente de la mesa.

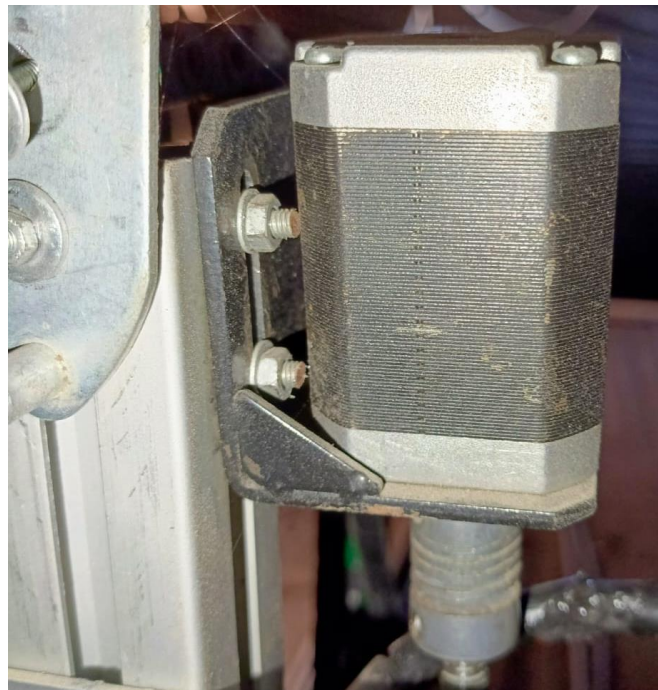


Figura 114 Soporte para motor de Z

Fuente: Autor

Este soporte del motor se deberá fijar en la columna del eje la cara superior del soporte del motor, además se debe acoplar el eje del motor.

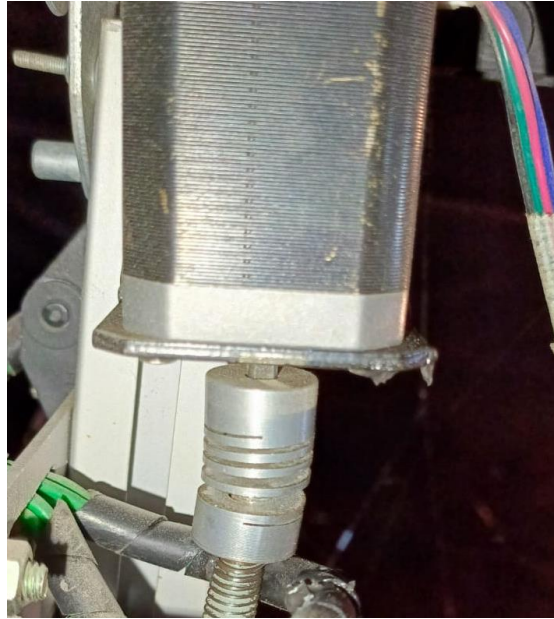


Figura 115 Acople flexible de Z

Fuente: Autor

En la estructura también se debe acoplar el porta cables.

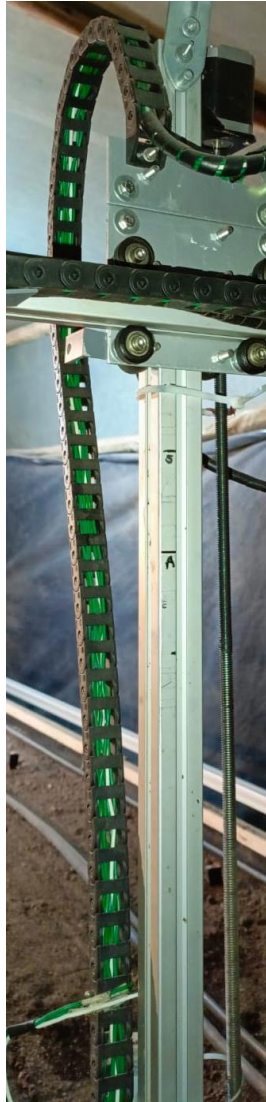


Figura 116 Portacables de Z

Fuente: Autor

## **ENSAMBLE DE PROCESOS**

### **Siembra**

Como primer paso se debe de colocar el accesorio para la bomba de aire, luego colocar el tornillo para impedir su deslizamiento como se puede apreciar en la figura 14.

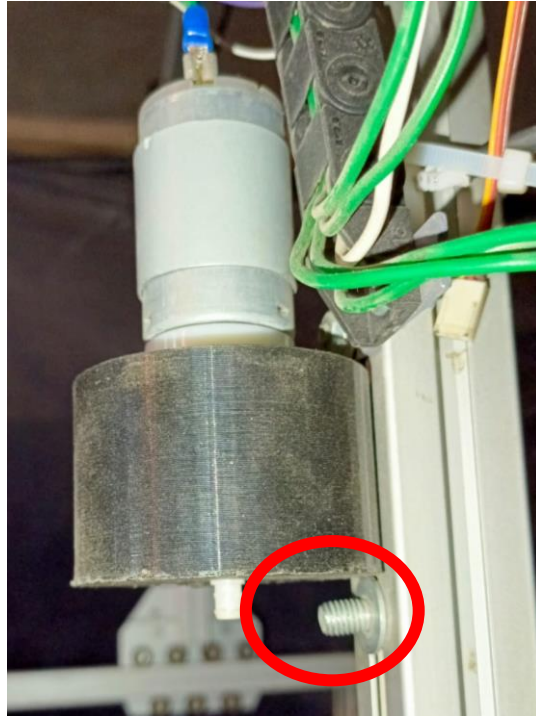


Figura 117 Ensamble de bomba de aire

Fuente: Autor

Para terminar con el ensamble de este proceso se coloca el recipiente de semillas en el final del eje Z, como se puede apreciar en la figura 15.

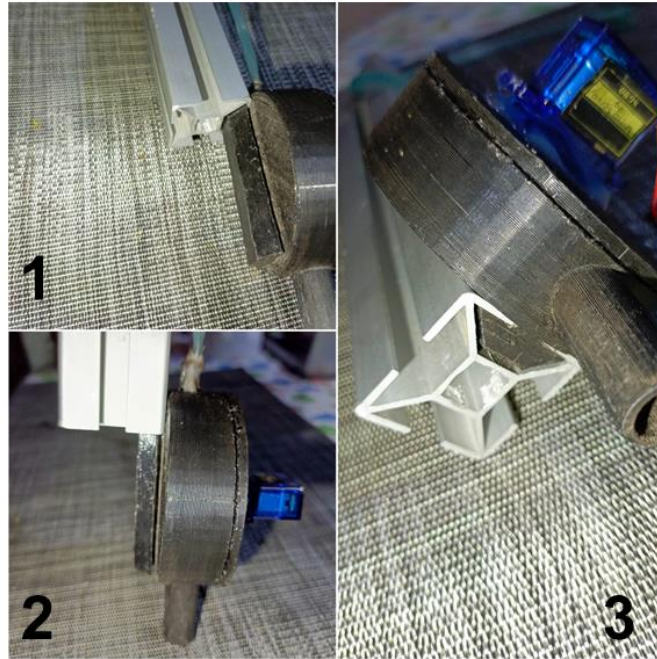


Figura 118 Ensamble de semillero

Fuente: Autor

En la figura 16 se puede apreciar el mecanismo de siembra ensamblado en el eje Z.



Figura 119 Mecanismo de siembra ensamblado en el eje Z

Fuente: Autor

## Arado

Para el ensamble del arado se debe de tomar en cuenta que las garras del arado deben apuntar hacia el final de carrera de X, como se puede apreciar en la figura 17.

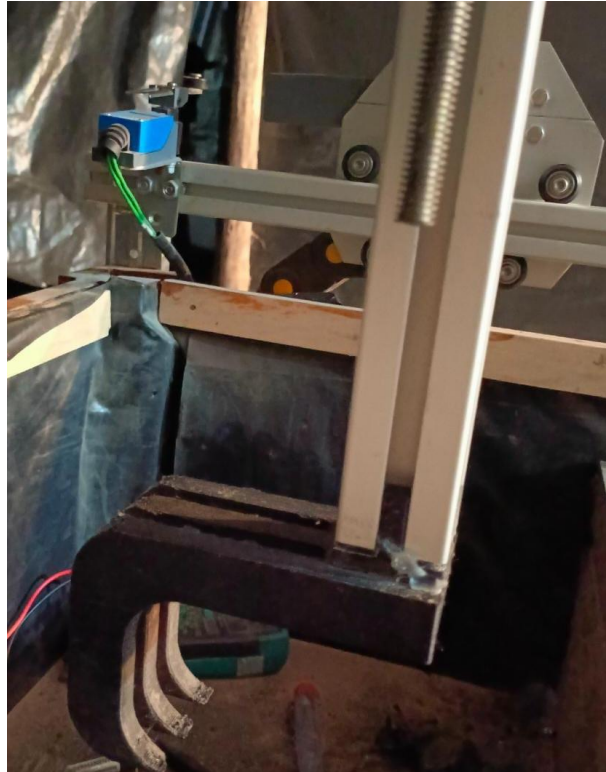


Figura 120 Ensamble del arado en el eje Z

Fuente: Autor

## **Cosecha**

Para el ensamble de cosecha, la impresión 3D dispone de un acople más grande para ser ensamblado al eje Z como se puede apreciar en la figura 18.



Figura 121 Ensamble del proceso de cosecha en eje Z

Figura: Autor

Este acople debe de ser insertado en la parte frontal del eje Z como se puede apreciar en la figura 19.



Figura 122 Ensamble de cosecha en el eje Z

Fuente: Autor



## DIAGRAMA DE TUBERÍA

En la figura 20 se puede apreciar el diagrama de conexión de tubería que se debe de realizar para la distribución de agua, fumigación y abonado.

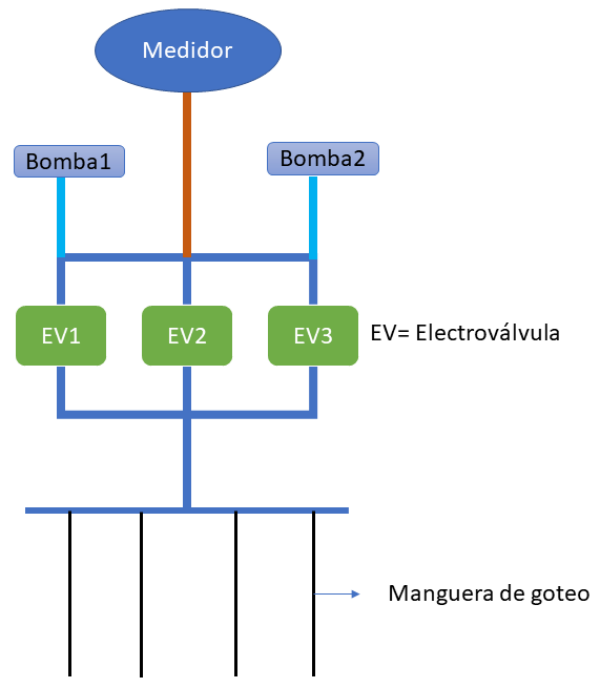


Figura 123 Diagrama de tubería

Fuente: Autor

## Sistema de Riego

Para culminar con el manual de usuario se procede a explicar el sistema de riego el cual consta de un sistema de dos tanques de 30 litros, en donde se almacenará sus respectivos líquidos, estos a su vez estarán conectados con dos electroválvulas y sus respectivas mangueras las cuales están distribuidos a lo largo de la mesa de siembra.

## Guía para la creación de abono líquido

La creación de abono líquido a partir del estiércol de cuyes y conejos es un proceso relativamente sencillo.

1. Recolecta el estiércol: Comienza recolectando el estiércol fresco de cuyes y

conejos. Puedes hacerlo utilizando una pala o cualquier otra herramienta adecuada. Asegúrate de usar guantes para proteger tus manos.

2. Diluye el estiércol en agua: Coloca el estiércol en un recipiente grande y añade agua en proporción. La relación típica es de 1 parte de estiércol por 3 o 4 partes de agua, pero esto puede variar según tus preferencias y las necesidades de tus plantas.

3. Deja reposar la mezcla: Cubre el recipiente y deja que la mezcla repose durante varios días, agitándola ocasionalmente. Esto permitirá que los nutrientes se disuelvan en el agua y se conviertan en abono líquido.

4. Filtra el abono: Después de varios días, filtra la mezcla para separar los sólidos del líquido. Puedes utilizar un cernidor fino o un paño para hacerlo. El líquido filtrado será tu abono líquido.

5. Almacenamiento y aplicación: Guarda el abono líquido en un recipiente adecuado y bien cerrado. Puedes diluirlo aún más antes de usarlo, mezclándolo con agua en proporciones que se ajusten a las necesidades de tus plantas.

Recuerda que el abono líquido de estiércol de cuyes y conejos es rico en nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio, y puede ayudar a mejorar la salud y el crecimiento de tus plantas.



Figura 124 Estiércol de cuyes y conejos

Fuente: Autor

## **Guía para la creación de líquido fumigante**

Estos son los líquidos de fumigación naturales que se recomienda utilizar.

### **Ajo ají**

El ajo ají es un repelente para insectos. Su principal función es evitar la propagación de mosca blanca, trips e insectos en general. Su composición se basa en un 40 % de extracto de ají, un 40 % de extracto de ajo, un 5 % de pimienta y un 15 % de alcohol. Todos estos ingredientes líquidos se colocan en un recipiente y se cosen durante 20 minutos. Después, se deja fermentar durante al menos 3 días.

### **Infusión de cola de caballo**

Esta preparación sirve como fungicida y tiene dos formas de ser aplicada la primera es mediante pulverización, su método de uso es aplicar y esperar un alrededor de 30 min para que surta efecto. La segunda es mediante goteo ya que si la planta no es lo suficiente fuerte puede causar daños en la misma, este método de goteo es el que utilizaremos en nuestro robot agrícola.

Su preparación es mediante la infusión de cola de caballo en agua caliente durante un periodo de tiempo de 20 a 30 minutos para liberar los compuestos activos.

### **Vinagre de manzana**

El vinagre de manzana sirve como fertilizante para las plantas debido a su cantidad de ácido, ayuda con el crecimiento de tallos, y si lo que se requiere es matar mala hierba al vinagre se debe aumentar sal y su alta cantidad de sodio y ácido deshidratara la mala hierba. Este fungicida se puede comprar en tiendas de jardinerías y viveros. Se recomienda diluir una parte de vinagre de manzana en 3 o 4 partes de agua.

### **Software**

Se comparte un enlace para descargar los archivos de Arduino, Python y la aplicación

para controlar el robot agrícola.

[https://utneduec-my.sharepoint.com/:f/g/personal/bdquinchiguango\\_utn\\_edu\\_ec/EuyMM8Jbwb9EoTpRb1-wwc0BTRBbtvcndNgdRsLD6mkfcw?e=fglsEt](https://utneduec-my.sharepoint.com/:f/g/personal/bdquinchiguango_utn_edu_ec/EuyMM8Jbwb9EoTpRb1-wwc0BTRBbtvcndNgdRsLD6mkfcw?e=fglsEt)

Los programas ya vienen cargados previamente en los dispositivos correspondientes, pero se comparten los códigos para cualquier modificación necesaria.

### **Actualización del calendario lunar**

Actualizar las fechas de las fases de la luna en la aplicación permitirá al usuario obtener información precisa y actualizada sobre cuándo sembrar. Esto les ayudará a aprovechar al máximo las influencias lunares en el crecimiento de las plantas y optimizar sus actividades agrícolas.

Pasos para actualizar el calendario lunar

- Entrar al siguiente link: [https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es\\_ES](https://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES)
- Dar click en la opción Automatic\_Farm
- En la parte superior derecha se muestra 2 opciones: diseñador y bloques
- Dar click en bloques
- En la parte superior izquierda se muestra el nombre de la aplicación que es Automatic\_Farm en una franja verde a su lado derecho, se muestra un botón nombrado Screen1
- Dar click en Screen1 y seleccionar menú

Se podrá apreciar una pantalla con varios bloques de programación

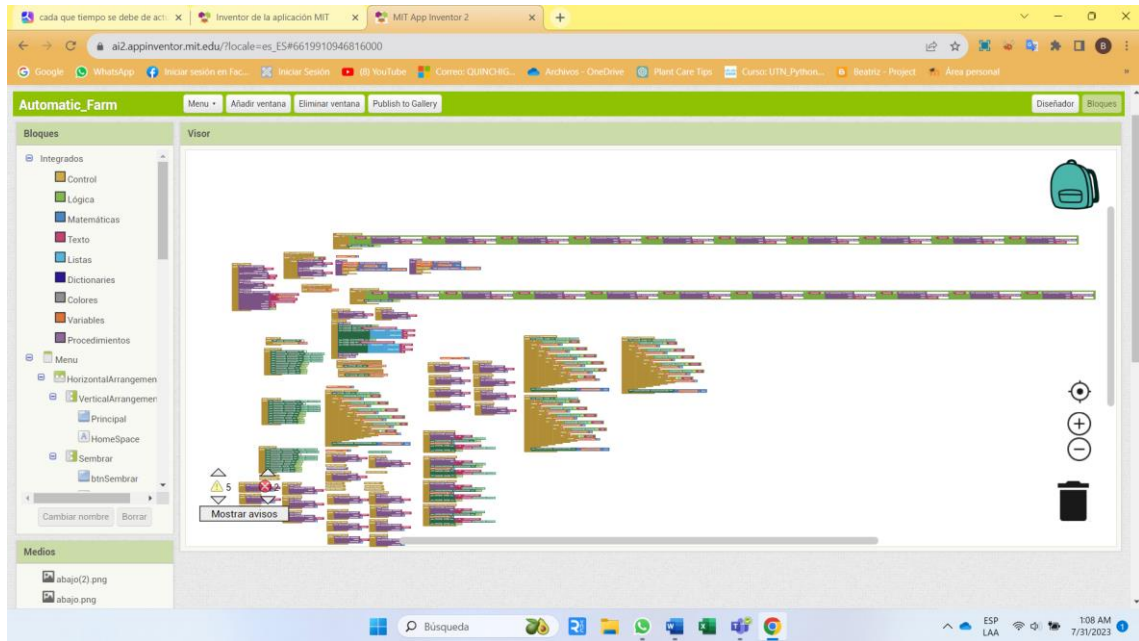


Figura 125 Pantalla de menú

Fuente: Autor

- Realizar un acercamiento en la sección señalada

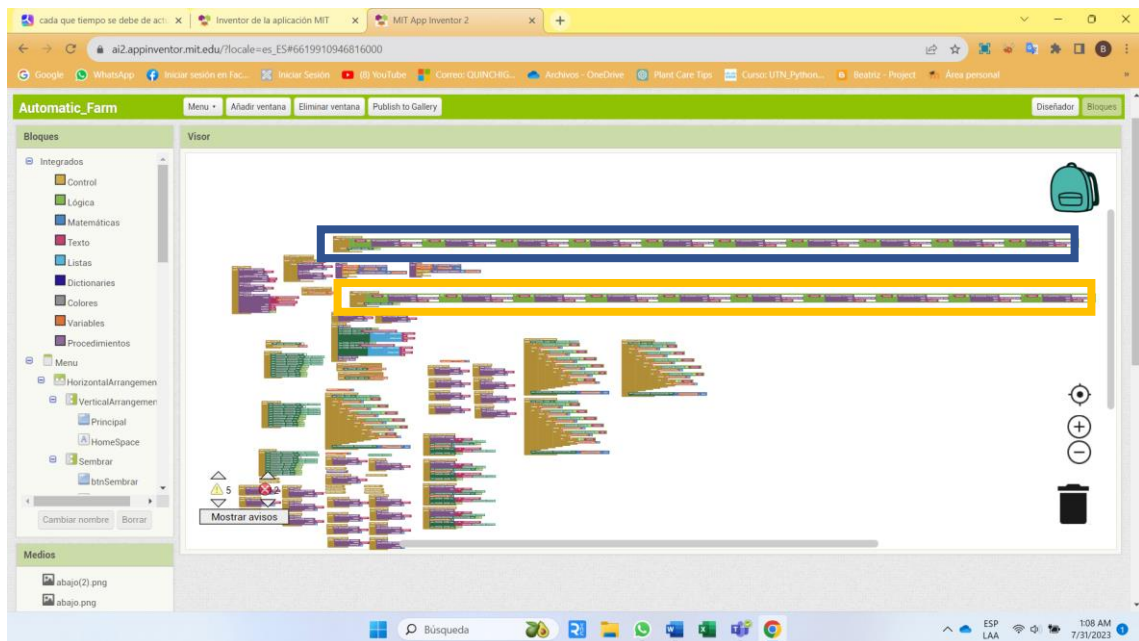


Figura 126 Sección de cambio de fechas para siembra

Fuente: Autor

- En las secciones señaladas se podrá apreciar un espacio donde se podrá cambiar las fechas de las fases lunares de luna llena y cuarto creciente
- Como se puede apreciar en la figura 23 la sección señalada en azul corresponde a la fase lunar de luna llena, y la de color amarillo a cuarto creciente.
- En la figura 24 se realizó un acercamiento de pantalla

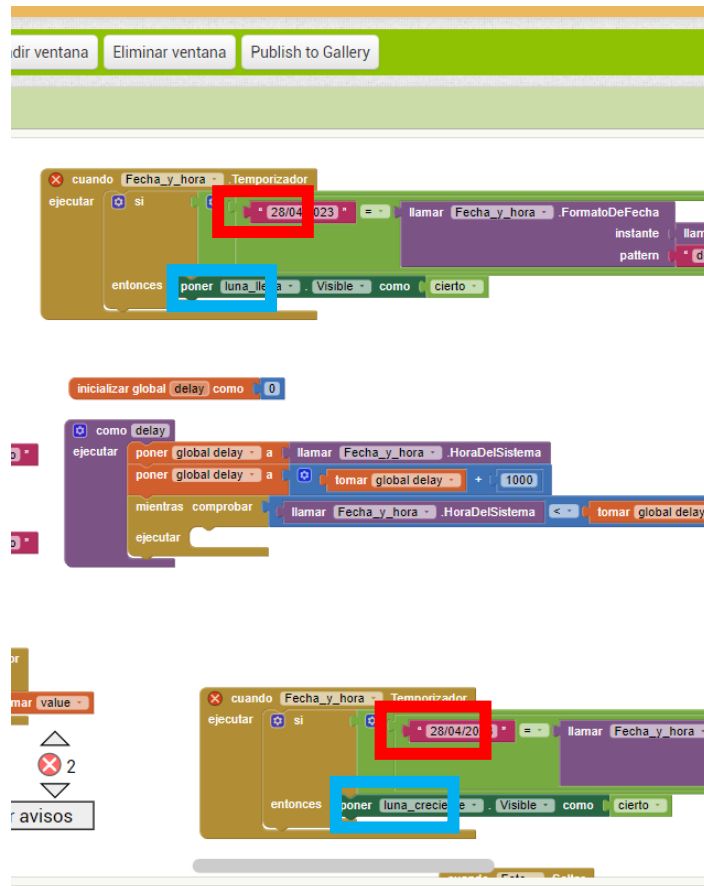


Figura 127 Cambio de fecha

Fuente: Autor

- Como se puede apreciar en la figura 23 se marca en un cuadro celeste las fases lunares con sus respectivas fechas marcadas en rojo.
- En los cuadros rojos es donde se debe de realizar los cambios de fechas para cada fase lunar de la siguiente manera (día/mes/ año).

A continuación, se presenta un cuadro de las fases lunares del año 2024.


<b>Luna llena</b>	<b>Cuarto creciente</b>
25/01/2024	18/01/2024
24/02/2024	16/02/2024
25/03/2024	17/03/2024
24/04/2024	15/04/2024
23/05/2024	15/05/2024
22/06/2024	14/06/2024
21/07/2024	14/07/2024
19/08/2024	12/08/2024
18/09/2024	11/09/2024
17/10/2024	10/10/2024
15/11/2024	09/11/2024
15/12/2024	08/12/2024

### **Funcionamiento de la aplicación**

En esta sección se explica de manera más detallada el funcionamiento de la aplicación para cada proceso.

### **Ingreso a la aplicación**

La primera pantalla que se mostrara en la aplicación se puede apreciar en la figura 25, se debe de registrar como usuario para poder ingresar a la aplicación.



Usuario

Contraseña

Figura 128 Pantalla de inicio

Fuente: Autor

Al momento de presionar sobre registrarse se abrirá otra pantalla como se puede apreciar en la figura 26, en esta parte se debe de colocar un nombre en la parte de usuario, crear una contraseña y volverla a escribir en la tercera casilla para confirmarla. Cuando se halla ingresado la información presionar sobre registrarse y con esto tendrás un usuario y contraseña para acceder a la aplicación.



Usuario


Contraseña

Confirma la contraseña

Figura 129 Pantalla de registro

Fuente: Autor

Se regresa a la pantalla inicial donde se debe de colocar usuario y contraseña y se presiona en iniciar sesión como se puede apreciar en la figura 27.



Usuario

Contraseña

Figura 130 Pantalla de inicio con usuario y contraseña

Fuente: Autor

Lo primera que se podrá observar al momento de ingresar a la aplicación será una ventana de notificaciones informando sobre la humedad del suelo y si desea iniciar riego como se puede apreciar en la figura 28.

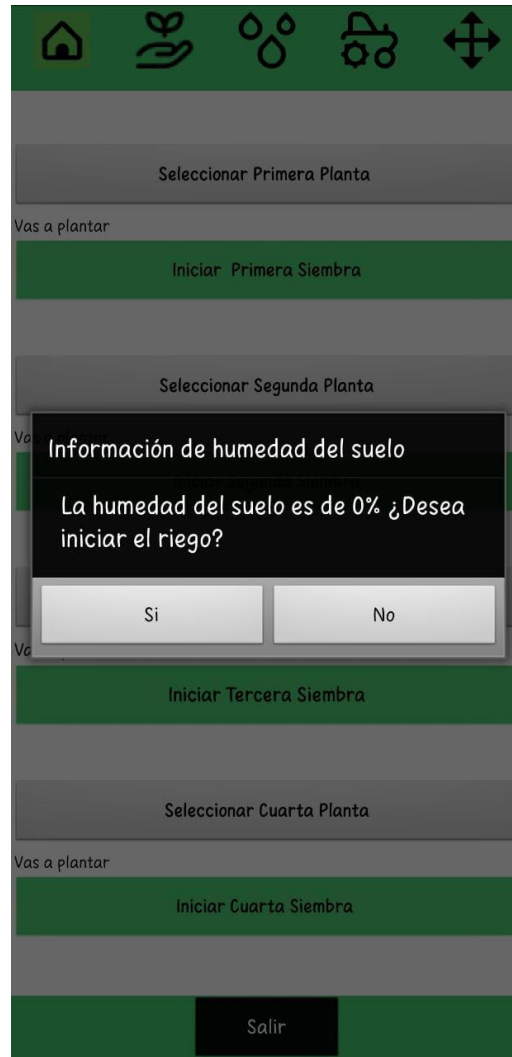


Figura 131 Pantalla de notificación de humedad de suelo

Fuente: Autor

Según su porcentaje de humedad el usuario puede presionar si o no. Como segunda pantalla se podrá observar la sección de siembra como se puede apreciar en la figura 29.



Figura 132 Interfaz de siembra

Fuente: Autor

En la parte superior de la aplicación en color verde se puede apreciar una barra de varias opciones en la figura 30 se detalla los nombres de cada botón



Figura 133 Botón para proceso de siembra

Fuente: Autor

En la figura 30 se encerró en un cuadro rojo al botón de siembra al momento de presionar este botón se mostrará en la parte inferior la interfaz de siembra que se puede apreciar en la figura 29.

### **Pasos para sembrar**

Como primer paso para sembrar se debe de presionar el botón de seleccionar primera planta, en la figura 31 se puede apreciar la lista de selección de semilla para sembrar, al momento de seleccionar la semilla automáticamente se regresará a la interfaz de siembra y el nombre de la semilla seleccionada se podrá observar bajo el primer botón de seleccionar primera planta como se puede apreciar en la figura 32.

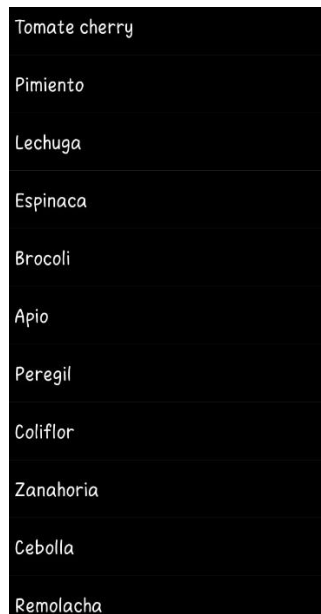


Figura 134 Lista de hortalizas

Fuente: Autor

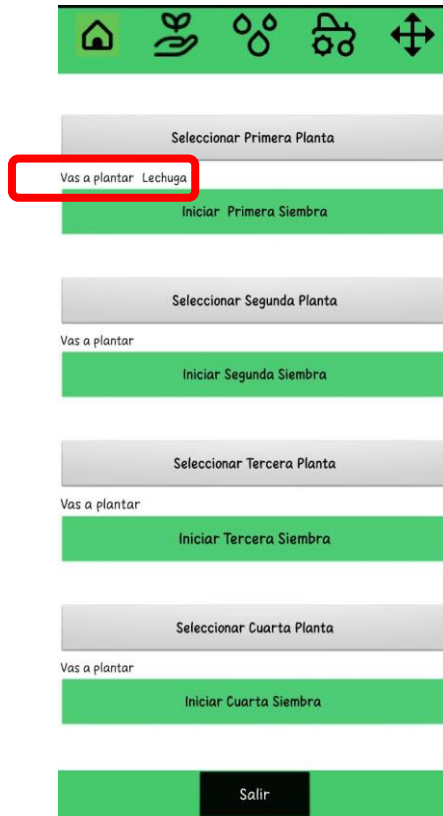


Figura 135 Pantalla de siembra con semilla seleccionada

Fuente: Autor

Este proceso de selección es similar para las 4 secciones de siembra, realizado la selección de semillas se procede a presionar el botón de iniciar primera siembra o segunda siembra según desee el usuario.



Figura 136 Iniciar primera siembra

Fuente: Autor

Al momento de presionar iniciar siembra el robot comenzara a realizar movimientos en el eje X o Y según sea el caso. La aplicación dispone de 4 posiciones de siembra para obtener 4 variedades de verduras.

En las tres primeras secciones presentan la misma variedad de vegetales para sembrar. En la cuarta lista, se incluyeron plantas que se desean en cantidades limitadas para el consumo del usuario. Esto se debe a que la sección de siembra solo dispone de 6 espacios en comparación con las otras secciones que tienen 9 espacios. En la figura 34 se puede apreciar la división en sección de la mesa de cultivo para la siembra y cosecha.

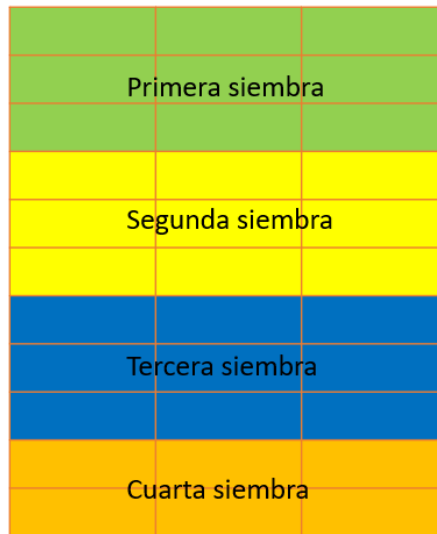


Figura 137 Secciones para siembra

Fuente: Autor

## Riego

En la figura 35 se puede apreciar, el botón principal encerrado en un cuadro rojo para dirigirse a la interfaz de riego y sensores de humedad.



Figura 138 Botón para proceso de riego y monitoreo de humedad

Fuente: Autor

En la figura 36 se puede apreciar la interfaz de riego, donde se aprecia los botones de revisar sensores y para mostrar un valor de humedad. Si la humedad del suelo es menor al 55% el sistema de riego (agua) se activará automáticamente.



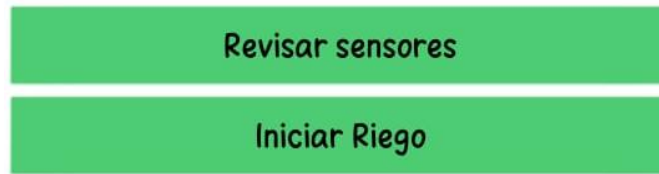


Figura 139 Interfaz de riego

Fuente: Autor

## Múltiples procesos

En la figura 37 se puede apreciar, el botón principal encerrado en un cuadro rojo para dirigirse a la interfaz de múltiples procesos.



Figura 140 Botón múltiples procesos

Fuente: Autor

En la figura 38 se muestra la interfaz de múltiples procesos donde se incluyeron los botones de fumigar, abonar, arar y cosechar en las 4 secciones. En la figura 39 se puede apreciar las secciones en donde se podrá cosechar mediante la pinza, si la panta no es apta para ser cosechada en su totalidad de igual manera se enviará una notificación de que la verdura esta lista para ser cosechada.



Figura 141 Interfaz de múltiples procesos

Fuente: Autor



Figura 142 Secciones para cosecha

Fuente: Autor

### Movimiento de motores

En la figura 40 se puede apreciar, el botón principal encerrado en un cuadro rojo para dirigirse a la interfaz de movimiento de motores.



Figura 143 Botón para movilizar motores

Fuente: Autor

En la interfaz de mover motores como se puede apreciar en la figura 41, se pueden apreciar flechas para mover los motores X, Y y Z, además de un botón en forma de casa que permitía accionar los finales de carrera.

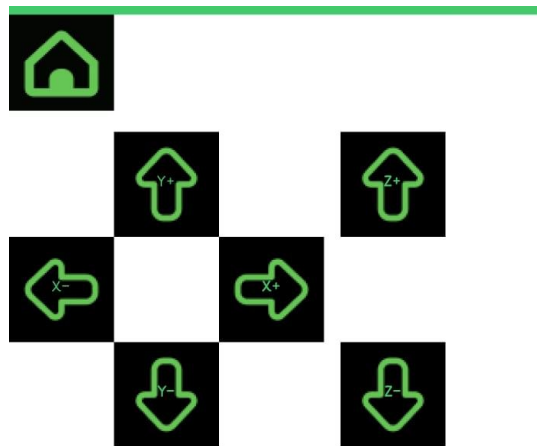


Figura 144 Interfaz de mover

Fuente: Autor

## Home

En la figura 42 se puede apreciar, el botón principal encerrado en un cuadro rojo para dirigirse a la interfaz de home.



Figura 145 Botón múltiples procesos

Fuente: Autor

En la figura 43 se puede apreciar la interfaz de home, donde se tiene las opciones de cámara para capturar imágenes y poder observarlas bajo el botón de cámara, y en la parte inferior el panel de notificaciones sobre la fase de la luna, requerimientos de agua, arado o cosecha.

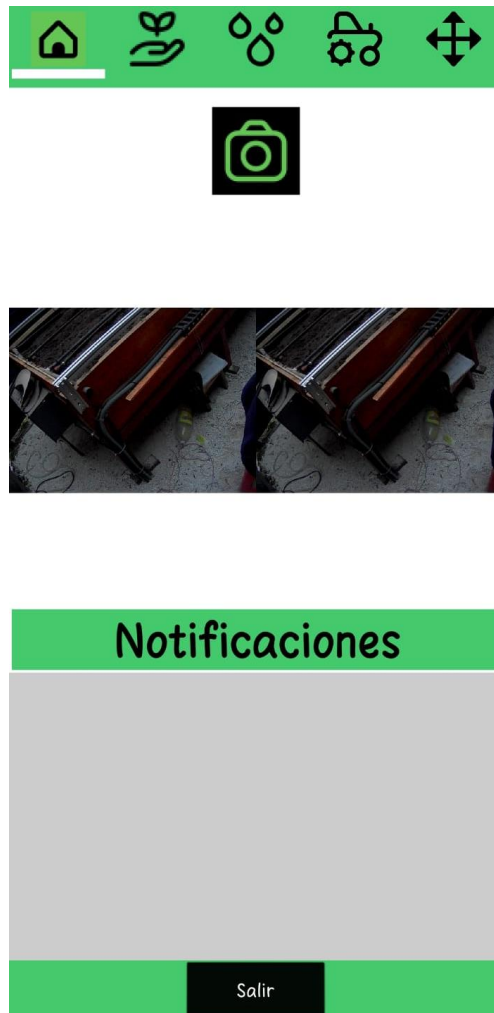


Figura 146 Interfaz de Home

Fuente: Autor

# UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

## MANUAL TECNICO



**Robot agrícola para huertos urbanos (Robotriz)**

**Autoría: Beatriz Del Cisne Quinchiguango Ortiz**

## Contenido

1.	Introducción .....	157
2.	Características técnicas del robot agrícola .....	157
3.	Características de los elementos que conforman el robot agrícola .....	157
4.	Mesa de cultivo.....	160
•	Parte Interna. ....	162
•	Parte externa.....	163
5.	Ejes y arco del robot.....	164
•	Ejes. ....	164
•	Arco móvil .....	165
6.	Mantenimiento de accesorios y dispositivos.....	166
•	Cámara .....	167
•	Sistema de riego .....	168
•	Mantenimiento eléctrico.....	168
	Motores	168
	Protecciones .....	169
	Fuentes de alimentación .....	169
•	Conexiones .....	169
7.	Sistema de protección .....	173
8.	Errores y correcciones.....	174
	Semillas.....	174
	No absorbe semillas.....	174
	El servo no abre su compuerta: .....	175

El tubo torcido .....	175
Movimiento de motores en eje x, y y z .....	175
Verificar espaciadores excéntricos de las placas .....	175
Movimiento en Z.....	175
Correas 176	
No enciende .....	176
No se conecta con la aplicación (internet).....	176
Salta la protección térmica .....	179
Recomendaciones.....	179

# MANUAL TECNICO

## 1. Introducción

El objetivo de este manual es proporcionar información detallada sobre las conexiones y dispositivos utilizados en el robot agrícola para huertos urbanos. Está dirigido a usuarios con conocimientos previos en la materia, que deseen realizar modificaciones o dar mantenimiento al prototipo.

## 2. Características técnicas del robot agrícola

Área de trabajo (mesa de cultivo)	1000 mm * 3680 mm
Tamaño del robot	1100 mm * 4100 mm * 2500 mm
Material del robot	Madera
Software de control	Arduino
Ejes deslizantes	Eje X, Y y Z
Alimentación	110 V Monofásico
Delimitación del área de trabajo	Finales de carrera

## 3. Características de los elementos que conforman el robot agrícola

Para la ejecución del robot agrícola es necesario conocer las partes que lo conforman, así como las especificaciones de cada uno de los elementos que desempeñan una acción importante para su funcionamiento.

### 4 motores paso a paso Nema 17

Modelo: 42HD8011-01

Voltaje: 12 V

Corriente: 1.5 A

Angulos de paso: 1.8

Pasos por revolución: 200

Nº de conductores: 4



Nº de fases: 2

Par de sujeción: 0.7 Nm

### **DRV8825**

Modelo: DRV8825

Voltaje: 8.2 V – 45V

Corriente: 2.2 A

Dimensiones: 20mm\*15.2mm\*7.6mm

Temperatura: -40 a 85 C°

### **Arduino Mega**

Modelo: 2560 Rev3

Microcontrolador: ATmega2560 / 15 PWM y 16 analógicos

Numero de pines: 54 pines

Frecuencia: 16 MHz

Memoria: 256 KB

### **Raspberry Pi 4**

Modelo: modelo B

Procesador: Broadcom BCM2711

Bits: 64

Núcleos: 4 ARM Cortex-A72

RAM: 8 GB

Puertos: 2 micro-HDMI

USB: 3.0 Y 2.0

GPIO: 40 pines

WiFi: Si de doble banda

Bluetooth: 5.0

Tarjeta microSD: Si

### **Válvula senoidal**

modelo: ZE-4F180

Tipo de válvula: Diafragma

Voltaje: 12V DC

Corriente: 0.6 A

Temperatura de funcionamiento: 5 °C a 100 °C

Conector tubería: Rosca externa ½" macho

Reposo: normalmente cerrado

Material cuerpo: plástico ABS

Dimensiones: 85\*60\*26 mm

### **Sensor de humedad**

Tipo: Capacitivo

Voltaje de la señal: 3.3 V – 5V DC

Corriente: 5mA

Vida útil: 3 años

Dimensiones: 98 \* 23 mm

### **Fuentes de alimentación 1**

Modelo: S-360-12

Voltaje de salida: 12V DC

Corriente de salida máxima: 30 A

Voltaje de entrada: 110/220V AC

Eficiencia: 85%

### **Fuente de alimentación 2**

Voltaje de salida: 5V DC

Corriente de salida máxima: 10 A

voltaje de entrada: 110 V AC

### **Bomba sumergible**

Marca: Leo

Voltaje: 110 V

Tubería: 3/4 “

Litros\* minutos: 39

## **4. Mesa de cultivo**

Este robot fue diseñado para exteriores e interiores y su forma de instalación puede ser de dos formas: mesa móvil lo que permitirá desplazarse a varios lugares, o fijo en la tierra. El robot está diseñado para funcionar en cualquiera de los dos casos. En la

figura 1 se puede apreciar una mesa de cultivo móvil y en la figura 2 se puede apreciar una mesa de cultivo fija en el suelo.



Figura 147 Mesa móvil

Fuente: Autor



Figura 148 Mesa fija

Fuente: Autor

Para realizar este tipo de mesa se debe de tomar en cuenta el tipo de madera que se va a emplear, y con ello asignar un tratamiento óptimo para mejorar la durabilidad y calidad de la madera.

Los recubrimientos empleados en la mesa de cultivo son:

- **Parte Interna.**

En la parte interna de la mesa de cultivo se recubrió con dos capas de cemento asfáltico, el cemento asfáltico cumple tres funciones en la madera:

- Pegamento de láminas asfálticas.
- Pegamento de bandas autoadhesivas
- Impermeabilizante líquido para muros y estructuras empotradas.

Por ello se utilizó el cemento asfáltico en la mesa de cultivo para aprovechar su capacidad de impermeabilizar la madera.



Figura 149 Cemento asfáltico

Fuente: Autor

- **Parte externa**

En la parte externa de la mesa de cultivo se trató la madera con preservantes de madera que funciona como insecticida y fungicida para eliminar y prevenir plagas como polillas, comején y moho.



Figura 150 Preservante de madera

Fuente: Autor

El tiempo estimado para que los preservantes de madera actúen es de 48 horas,

opcional se puede aplicar pintura a la madera, tomando en cuenta que se sugiere aplicar laca o barniz para un mejor acabado.

La función del barniz o laca es proporcionar dureza, flexibilidad, resistencia mecánica y adherencia a la madera.



Figura 151 Barniz de madera

Fuente: Autor

Estos pasos realizados mejoran la calidad de la madera y ayudan a alargar la vida útil de la madera, a partir de 36 meses de la aplicación del barniz es necesario aplicar una segunda capa para evitar desgaste en la madera.

## **5. Ejes y arco del robot**

A continuación, se detalla un breve mantenimiento de la parte mecánica del robot.

- **Ejes.**

Se debe de realizar una limpieza de las líneas guías, dos veces en el mes, ya que debido a las condiciones en que se encuentra la mesa de cultivo es muy probable que las líneas se llenen de escombros y basura, lo que dificultara su correcto funcionamiento.



Figura 152 Líneas Guías

Fuente: Autor

- **Arco móvil**

El arco móvil está constituido por partes móviles como son las ruedas, las cuales requieren mantenimiento, por lo que es necesario aplicar aceite cada mes para mejorar el funcionamiento de estas. Para el presente proyecto se utilizó el aceite 3 en 1 el cual lubrica, limpia y previene el óxido en los rodamientos. Se debe realizar inspecciones constantes para detectar signos de desgaste y daños para su posterior mantenimiento.





Figura 153 Rodamientos

Fuente: Autor

## 6. Mantenimiento de accesorios y dispositivos

La mesa de cultivo dispone de diversos accesorios los cuales permiten actividades como riego, siembra cosecha y arado, las cuales son fundamentales al momento de cultivar una planta, a su vez estos dispositivos requieren su propio mantenimiento.

La mesa de cultivo está constituida por tres cabezales en 3D los cuales cumplen 3 funciones esenciales como son siembra, arado y cosecha, las cuales fueron elaboradas con material 3D (filamento TPU)

Contenedor de semillas: este dispositivo es el encargado de recolectar las semillas para su posterior siembra y al estar en constante contacto con la tierra se debe revisar periódicamente y su entrada no se obstruya con la tierra y revisar que no tenga fugas de aire, adicional su limpieza se la realiza con una brocha húmeda.

Pala de arado: este cabezal tiene la función de remover la tierra y su mantenimiento consta de una limpieza después de su uso con la ayuda de una brocha.

Cabezal de agarre: este dispositivo es el encargado de recolectar los frutos cuando este esté listo para su cosecha, al igual que los demás dispositivos tu limpieza se

realizará mediante el uso de una brocha.



Figura 154 cabezales en 3D

Fuente: Autor

- **Cámara**

La cámara de la mesa de cultivo se ubicará a la intemperie y es la encargada de enviar evidencia grafica de los diferentes procesos que realiza la mesa de cultivo, por ende, al estar en presencia de viento, es necesario realizar una limpieza de la lente una vez a la semana ya que este se verá obstruido por polvo, para lo cual se utilizará un paño de microfibra para su limpieza.



Figura 155 Cámara

Fuente: Autor

- **Sistema de riego**

Para el sistema de riego se debe realizar un mantenimiento preventivo tanto en los tanques como en las electroválvulas, en los tanques se debe priorizar que la luz del sol no llegue para evitar que crezcan plantas dentro de los tanques y en las electroválvulas es necesario una limpieza de los filtros dos veces cada mes.



Figura 156 Electroválvulas

Fuente: Autor

- **Mantenimiento eléctrico**

Un mantenimiento adecuado permite detectar problemas en equipos y sistemas eléctricos antes de que se produzcan fallos graves y costosas reparaciones. Además, el mantenimiento eléctrico periódico puede aumentar la vida útil de los equipos eléctricos.

### **Motores**

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico para los motores Nema 17, revisando los componentes del motor, incluyendo los cables, las conexiones, los capacitores de arranque y de trabajo, el sistema de enfriamiento, entre otros elementos relevantes. También es importante revisar y limpiar periódicamente las partes móviles del motor.

## **Protecciones**

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico en las protecciones térmicas, verificando que estén funcionando adecuadamente mediante pruebas y revisiones regulares. Se debe asegurar que las protecciones térmicas estén correctamente conectadas, y revisar si hay señales de desgaste, tales como grietas, señales de sobrecarga, o componentes rotos o fundidos. Es importante también revisar y limpiar las partes móviles de las protecciones térmicas, y reemplazar cualquier componente que presente desgaste o daños, para evitar fallas y prolongar la vida útil de las protecciones térmicas.

## **Fuentes de alimentación**

Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico en las fuentes de alimentación de 12V DC y 5V DC, verificando que estén funcionando adecuadamente mediante pruebas y revisiones regulares. Se debe asegurar que las fuentes de alimentación estén correctamente conectadas, y revisar si hay señales de desgaste, tales como grietas, señales de sobrecarga, o componentes rotos o fundidos. Es importante también revisar y limpiar las partes móviles de las fuentes de alimentación, y reemplazar cualquier componente que presente desgaste o daños, para evitar fallas y prolongar la vida útil de las fuentes de alimentación.

- **Conexiones**

Las conexiones de los motores con su respectiva declaración de pines se pueden apreciar en la figura 11.

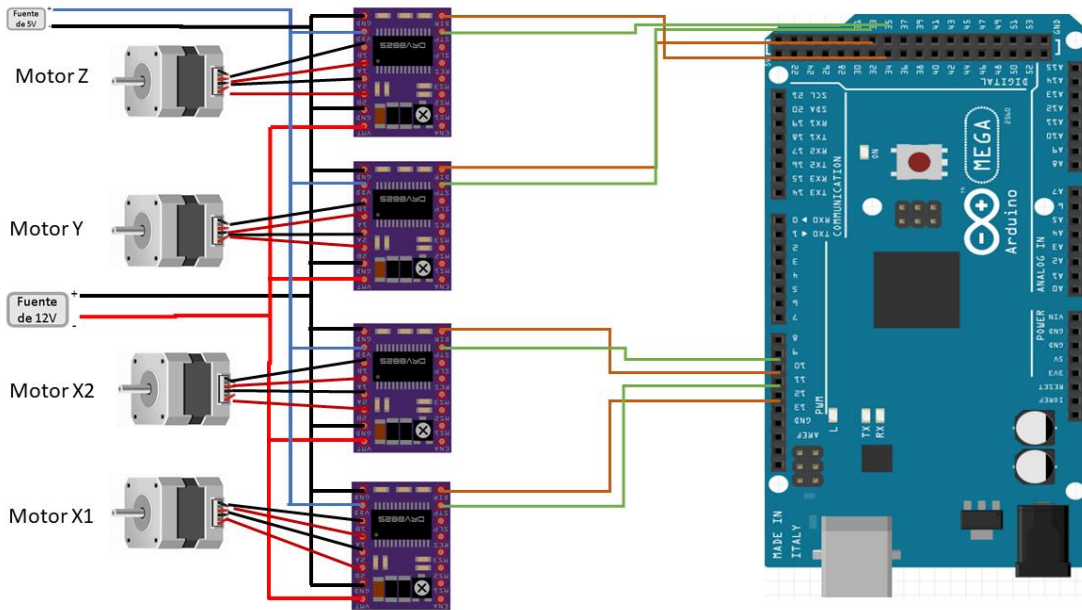


Figura 157 Conexión de motores

Fuente: Autor

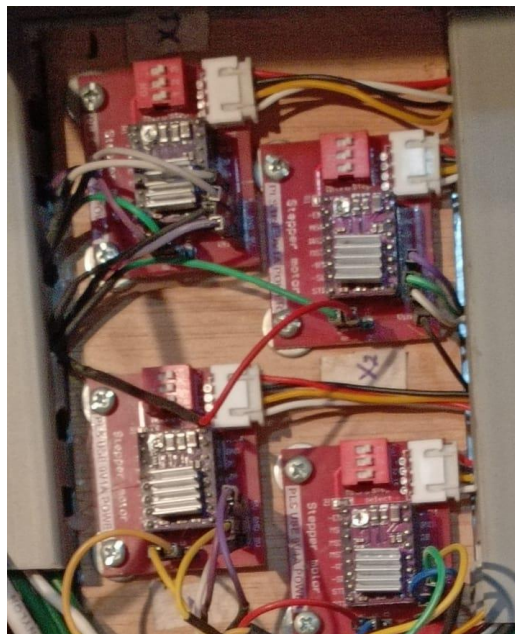


Figura 158 Conexión en el tablero

Fuente: Autor

En la siguiente figura 13 se puede apreciar la conexión de los servos de siembra y cosecha con sus respectivos pines.

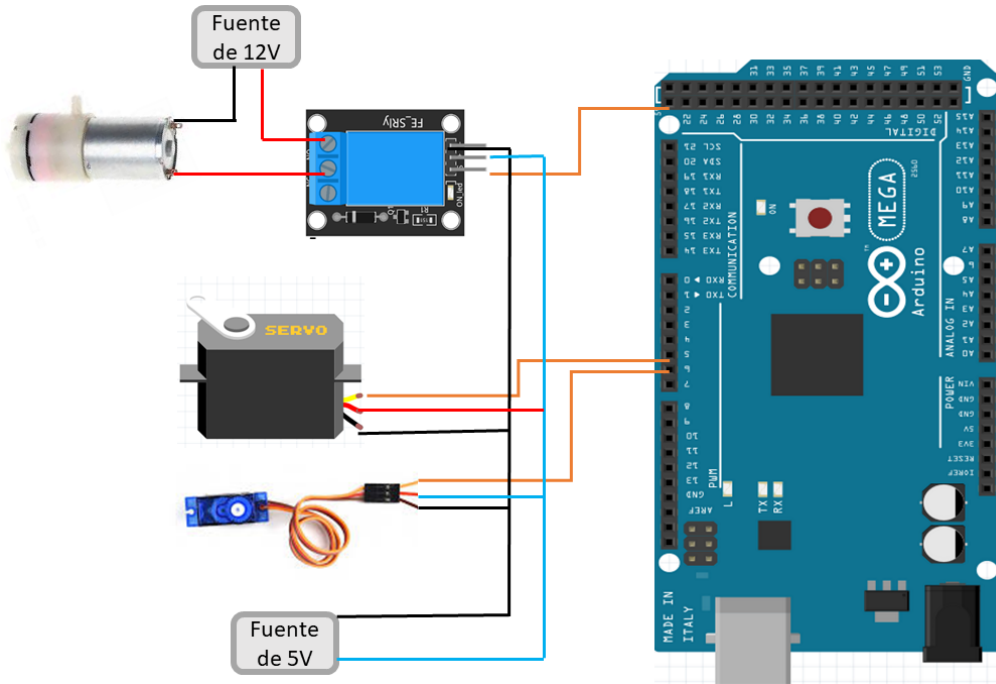


Figura 159 Conexión de servos de siembra y cosecha

Fuente: Autor

En la figura 14 se puede apreciar la conexión del sistema de riego.

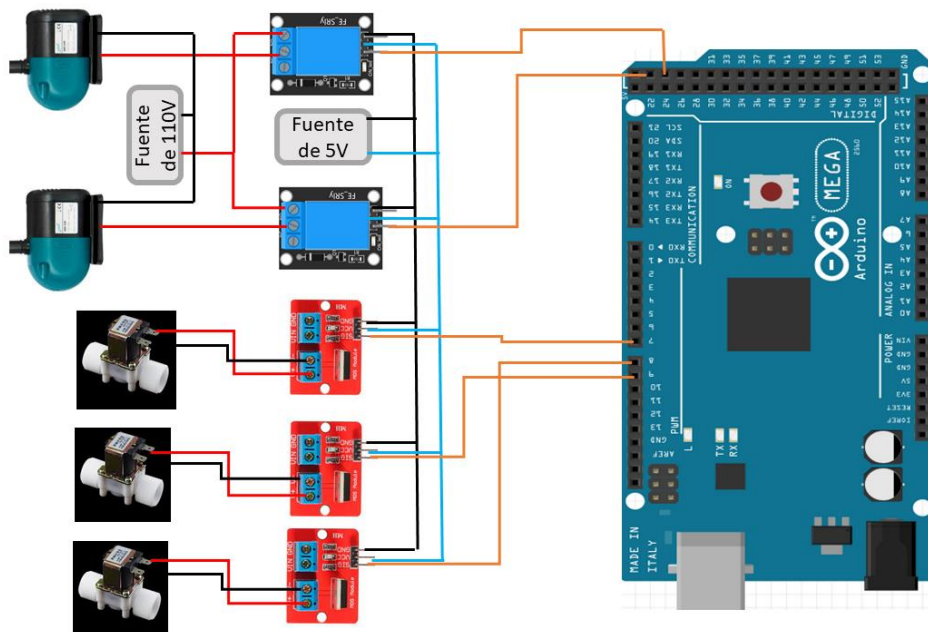


Figura 160 Conexión de sistema de riego

Fuente: Autor

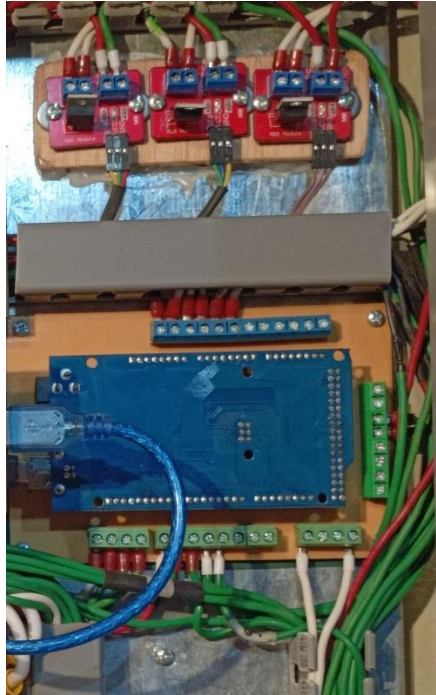


Figura 161 Conexión en el tablero

Fuente: Autor

En la figura 15 se puede apreciar el tablero con sus respectivas conexiones

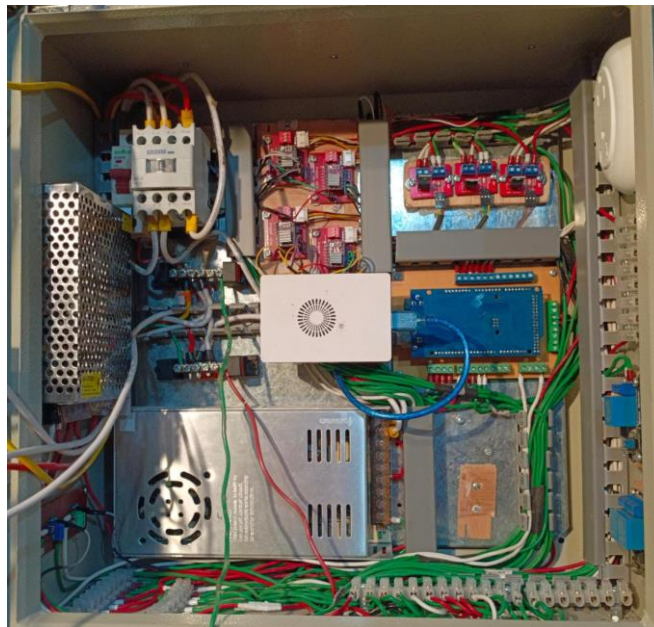


Figura 162 Tablero de control

Fuente: Autor

En la figura 17 se puede apreciar los dispositivos que están conectados mediante USB a la Raspberry.



Figura 163 Dispositivos conectados a Raspberry

Fuente: Autor

■ Cargador para Raspberry ■ Conexión USB Arduino ■ Cámara

## 7. Sistema de protección

Se realizo un sistema de protección para todo el circuito, luz piloto y botón de emergencia.



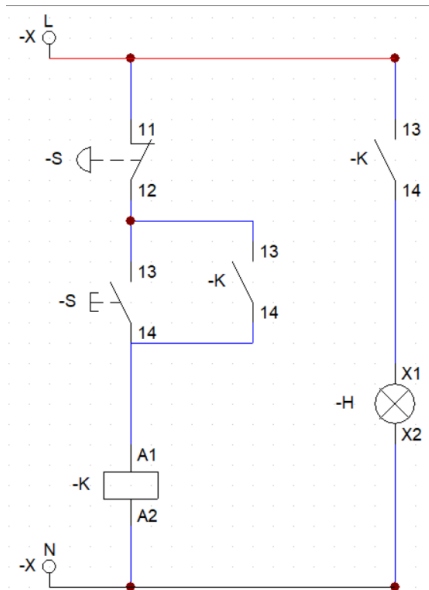


Figura 164 Circuito de protección

Fuente: Autor

En la figura 18 se aprecia una luz piloto para verificar el encendido del robot, y un paro de emergencia para desactivar todo el circuito. Adicional se colocó una protección térmica de 35 A como se observa en la figura 10, la placa de datos de la fuente de poder en la cual se muestra que su fuente es de 30 A y para la protección se sobredimensiono a 35 A.

## 8. Errores y correcciones

### Semillas

El tamaño, peso y forma de la semilla influye en la eficiencia y confiabilidad del mecanismo de siembra basado en un servo y una bomba de aire. Las semillas no deben ser excesivamente pequeñas o grandes, no pueden ser pesadas, deben tener una forma redonda y lisa. La lista de las semillas aptas para este mecanismo se puede apreciar en la aplicación en la interfaz de siembra en “seleccionar planta”.

### No absorbe semillas

Las fallas por esta opción se pueden dar:

### **El servo no abre su compuerta:**

#### **Solución:**

1. Verificar el funcionamiento del servo
2. Verifique que la compuerta este colocado correctamente en el piñón del servo.

### **El tubo torcido**

#### **Solución:**

Asegúrese de que no haya dobleces en el tubo de la bomba de aire.

### **Movimiento de motores en eje x, y y z**

#### **Verificar espaciadores excéntricos de las placas**

##### **Solución**

Verificar que los espaciadores excéntricos no estén ni flojos ni muy ajustados, ya que ejercerán demasiada fuerza sobre los ejes. Lo que dificultaría o imposibilitaría a los motores desplazarse.

Realizado los ajustes Apagar el robot y verificar si el arco móvil se desplaza fácilmente.

### **Movimiento en Z**

Es posible que se acumule polvo y residuos en la varilla roscada, lo que provoca una fricción adicional entre la varilla roscada y la tuerca.

##### **Solución**

Limpiar la varilla roscada con un trapo, luego agregar un poco de lubricante (grasa). Aplicar suficiente lubricante, esto permitirá que la varilla funcione sin fricción ni vibraciones.

**Nota:** no lubricar correas ni poleas de los ejes X o Y, colocar lubricante en las correas puede provocar una reacción química que degrada rápidamente el material de las correas. Además, si se engrasa las correas y las poleas puede hacer que el engranaje de los dientes se deslice.

## **Correas**

Es posible que las correas se estiren o resbalen con el tiempo, lo que puede provocar, desgaste prematuro y pérdida de precisión en los movimientos del robot

### **Solución**

Revisar las 3 correas, no deben estar bajo tensión extrema, si esto sucediera los motores no funcionarían. Use una pequeña cantidad de tensión, solo la suficiente para que no haya holgura

## **No enciende**

Existen muchas posibilidades por las cuales el robot agrícola no puede encender, a continuación, se presenta varias opciones.

- Falla en el sistema eléctrico o en el suministro de energía.

### **Solución**


Se debe de verificar si el suministro de energía está llegando al sistema eléctrico del robot, revisar si los cables y conectores están en buen estado, asegúrese de que no haya conexiones sueltas y de que el breaker este en ON. Si dispone de un multímetro puede medir tensión en diferentes puntos del sistema eléctrico.

## **No se conecta con la aplicación (internet)**

Esta falla se puede presentar por varias razones

- Cables no conectados o en mal estado
- Mala configuración de la red o de puertos seriales entre Arduino y Raspberry

## Solución

- Se recomienda revisar cuidadosamente los cables y conectores que se utiliza para la conexión entre Raspberry y Arduino asegúrese que estén correctamente conectados y en buen estado, caso contrario cambiar de cable.
- Si el problema persiste se procede a revisar la configuración de la red. Se debe de conectar la Raspberry a un monitor mediante el puerto micro-HDMI para poder visualizar si hace conexión WiFi. En la parte superior derecha se podrá observar este icono  si se muestra como en la imagen significa que dispone de conexión a internet. Caso contrario conecte a la Raspberry un teclado y un mouse para conectarse a una red.
- Si el problema persiste revise la comunicación serial, entre Arduino y Raspberry. Abra un terminal para identificar los puertos, en la figura 19 se puede apreciar encerrado en un cuadro rojo donde se encuentra el icono el terminal.

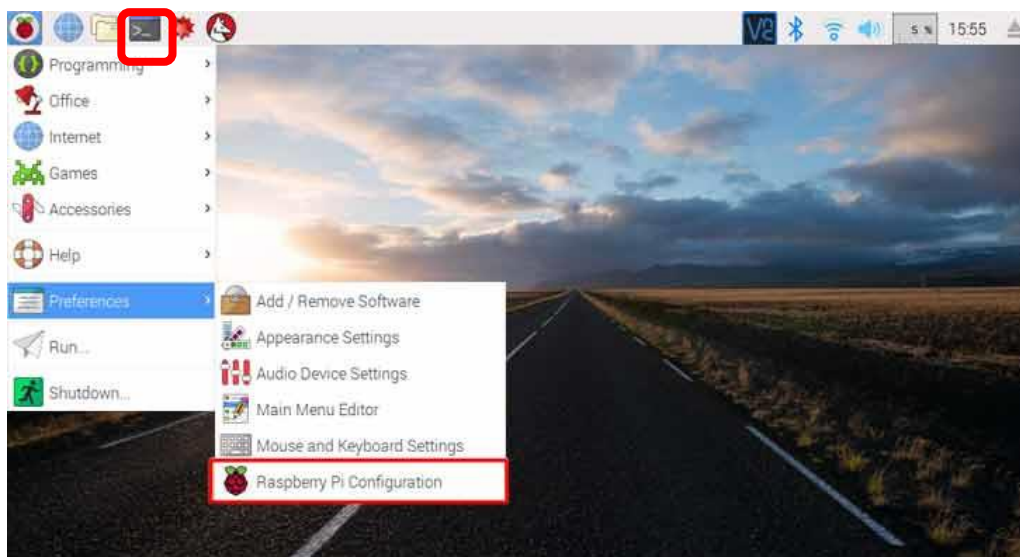


Figura 165 Icono de terminal

Fuente: Autor

Se da click en el terminal y coloque lo siguiente `ls /dev/tty` seguido de un enter, se

mostrará el nombre de los puertos de Raspberry.

Los puertos USB de Raspberry se muestran, en la parte final como se puede apreciar en la figura 20

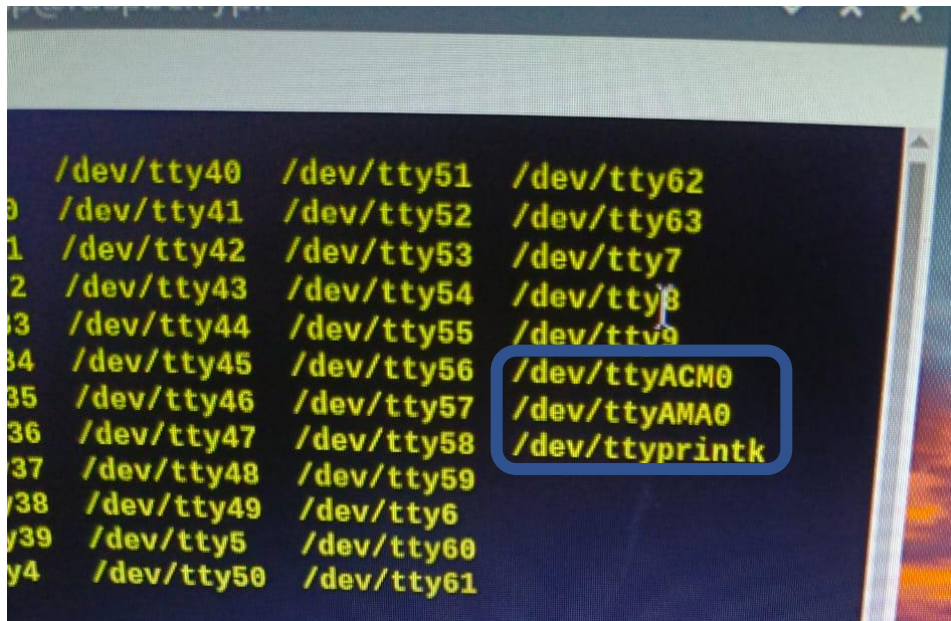


Figura 166 Nombre de puertos en Raspberry

Fuente: Autor

Uno de los puertos encerados en el cuadro azul es el correcto para realizar comunicación con Arduino y con la aplicación. Se abre el código de Python cargado en la Raspberry. En la pantalla principal de Raspberry se da click en el icono de Frambuesa que se encuentra en la parte superior izquierda y se desglosara varias opciones, se debe de seleccionar en programas y de igual forma se desglosara varias opciones, se debe de seleccionar Visual Studio Code. El programa de Python se abrirá automáticamente.

```

27
28 fecha_actual = obtener_fecha_actual()
29 print("Fecha actual:", fecha_actual)
30 # Configuración del puerto serie
31 arduino_port = '/dev/ttyAMA0' # Cambia esto al puerto correcto en tu sistema
32 baud_rate = 9600
33
34 # Inicialización del puerto serie
35 arduino = serial.Serial(arduino_port, baud_rate)
36 print("CONECTADO CON ARDUINO ")
37

```

Figura 167 Python

Fuente: Autor

Como se puede observar en la figura 21 en la fila 31 se debe de cambiar ahí el puerto serial y no realizara comunicación con Arduino y la aplicación.

### **Salta la protección térmica**

Las razones por las cuales puede existir esta falla son:

- Sobrecarga en el sistema eléctrico
- Mal funcionamiento del sistema de enfriamiento
- Protección térmica mal conectada

### **Soluciones**

Verificar el funcionamiento correcto y revisar el circuito eléctrico en busca de cortocircuitos o conexiones sueltas.

Asegurarse de que esté funcionando adecuadamente y revisar los ventiladores y si presenta alguna falla reemplazarlos.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un mantenimiento en general cada 2 años, desarmando el robot por completo y cambiar piezas si se requiere. Y a su vez el software ya que el calendario para siembra estará vigente por dos años.

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Beatriz Quichiguango.docx

AUTOR

Beatriz Quinchiguango

RECUENTO DE PALABRAS

25240 Words

RECUENTO DE CARACTERES

139479 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

206 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

29.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 1, 2023 3:08 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 1, 2023 3:11 PM GMT-5

**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada ba:

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cro.

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)



Ing. Francisco Naranjo Cobo HSc.

Resumen

Escaneado con CamScanner