



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE COMPUTACIÓN

TEMA

**CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL MEDIANTE UN SISTEMA
EMBEBIDO PARA EL CONTROL FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE
ARÁNDANOS DE LA CORPORACIÓN COSECHA.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencias de la Computación.

Autor: Héctor Javier Ulpo Pilamunga

Tutor: Ing. José Luis Varela Aldás

AMBATO-ECUADOR

2022

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

Yo, Héctor Javier Ulpo Pilamunga, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL MEDIANTE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS DE LA CORPORACIÓN COSECHA”, como requisito para optar al grado de Ingeniero en Ciencias de la Computación y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 15 días del mes de abril de 2022 firmo conforme:

Autor: Héctor Javier Ulpo Pilamunga

Firma: HECTOR JAVIER
ULPO
PILAMUNGA

Firmado digitalmente por HECTOR
JAVIER ULPO PILAMUNGA
Fecha: 2022.04.18 10:15:48 -0500'

Número de Cédula: 1804442364

Dirección: Ambato, Ambato

Correo Electrónico: javito_12u@hotmail.com

Teléfono: 0992211140

APROBACIÓN DEL ASESOR

En mi calidad de catedrático Asesor del Proyecto de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencias de la Computación, titulado “Construcción de un robot móvil mediante un sistema embebido para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corporación Cosecha.”, elaborado por el señor estudiante: Héctor Javier Ulpo Pilamunga.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe

Ambato, 15 de abril del 2022



)LUPDGR
GLJLWDOPHQWH
SRU-26(/8,6
9\$5(/\$ \$/'\$6
)HFKD

.....
Ing. José Luis Varela Aldás

ASESOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

El abajo firmante, declara que los contenidos y resultados obtenidos en el presente proyecto, como requerimiento previo para la obtención del título de Ingeniero en Sistemas, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 15 de abril de 2022

HECTOR
JAVIER ULPO
PILAMUNGA

Firmado
digitalmente por
HECTOR JAVIER
ULPO PILAMUNGA
Fecha: 2022.04.18
10:16:22 -05'00'

.....

Héctor Javier Ulpo Pilamunga

C.I: 1804442364

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los Miembros del Tribunal Examinador designado por la Comisión Académica aprueban el trabajo de titulación cuyo tema es: “Construcción de un robot móvil mediante un sistema embebido para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corporación Cosecha”, de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Tecnológica Indoamérica para la obtención del Título de Ingeniero en Sistemas. Por lo tanto, autorizamos al postulante para su impresión, empastado y sustentación pública.

Ambato, 15 de abril de 2022



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN ADRIAN
CASTILLO
LEDESMA**

.....

Ing. Franklin Castillo, MSc.

LECTOR



Firmado electrónicamente por:
**MARIO ERNESTO
MIRANDA SANCHEZ**

.....

Ing. Mario Miranda, MSc.

LECTOR

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a Dios por permitirme llegar hasta el final de esta etapa y cumplir con lo que soñé un día por cuidarme todos los días desde que inicié esta carrera.

Dedico de una manera muy especial e importante a mis padres, Moisés y Mariana quienes son mi inspiración para cumplir mis metas, por tenerme paciencia, brindarme su amor incondicional y ser un gran ejemplo para ser una persona profesional con valores que supieron enseñarme gracias de todo corazón.

Tania mi hermana, el lazo que jamás se romperá quien me ayudo y me motivo a no errar, y cumplir mi meta.

Héctor Javier

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme crecer y darme la sabiduría para continuar con mis estudios y plasmar mis tan anhelados sueños

Agradezco de manera profunda a toda mi familia y en especial al Ing. Roberto Cevallos quien tuvo esta magnífica ideal de tema de tesis y me apoyado durante el desarrollo del proyecto

Agradezco al Ingeniero José Luis Varela por brindarme su conocimiento y por su asesoría durante este proyecto de titulación.

A todos mis maestros de la vida, que ellos me dieron las pautas suficientes para lograr este camino.

A mis amigos con los que compartí esta etapa de la vida y con quienes me llevo como una hermandad siempre creceremos juntos

A la Universidad Tecnológica Indoamérica quien me apoyo y confió en mí. Hoy esto es gracias a ustedes.

Un sincero Dios les pague a todos.

Héctor Javier

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA	i
APROBACIÓN DEL ASESOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
EL PROBLEMA	1
CONTEXTUALIZACIÓN	3
Macro	3
Meso	3
Micro	4
ANTECEDENTES	4
CONTRIBUCIÓN TEÓRICA	7
Robótica	7
Robot	7
Robótica Agrícola	7
Robot Móvil	8
Sensores	8
Sensores de posición	8
Arduino	9
Microcontrolador	9
CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA	10
CONTRIBUCIÓN SOCIAL	10
CONTRIBUCIÓN TECNOLÓGICA	11
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	12
General	12
Específicos	12
CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA	13
DISEÑO DEL TRABAJO	13
ÁREA DE ESTUDIO	13
MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	14
Bibliográfica o documental	14
De campo	14
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	14

Entrevista.....	15
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	16
CAPÍTULO III	17
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....	17
METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....	17
Selección de la Metodología de desarrollo.....	17
Planificación	18
Diseño.....	18
Codificar	18
Pruebas	18
ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL.....	19
ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	19
FASE I: PLANIFICACIÓN	20
PLAN DE DESARROLLO DEL ROBOT.....	20
PLANEACIÓN DEL PROYECTO	23
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	24
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	24
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	26
ANÁLISIS ORIENTADO A OBJETOS.....	26
Fase II: DISEÑO DE LA PROPUESTA	28
FASE III: CODIFICACIÓN.....	41
FASE IV: PRUEBAS.....	47
TEST DE ACEPTACIÓN.....	49
CAPACITACIÓN.....	50
PLAN DE MANTENIMIENTO.....	51
RESULTADOS ESPERADOS	52
CAPITULO IV	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Herramientas para el desarrollo de la propuesta	20
Tabla 2.	Historia de usuario Control del Robot.....	21
Tabla 3.	Roles y Responsabilidades	22
Tabla 4.	Plan de Fases.....	22
Tabla 5.	Calendario de Actividades.....	23
Tabla 6.	Herramientas existentes.....	25
Tabla 7.	Recursos tecnológicos requeridos.....	25
Tabla 8.	Recursos.....	26
Tabla 9.	Procesos Sistema Robot	27
Tabla 10.	Especificaciones Técnicas ESP32	30
Tabla 11.	Especificaciones Técnicas Motores.....	32
Tabla 12.	Especificaciones Técnicas VL53L0X.....	33
Tabla 13.	Especificaciones Técnicas bomba	33
Tabla 14.	Especificaciones Técnicas DTH22.....	34
Tabla 15.	Especificaciones Técnicas L298N.....	37
Tabla 16.	Test de aceptación.....	49
Tabla 17.	Plan de mantenimiento preventivo.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Árbol de problemas.....	2
Figura 2.	Estructura Microcontrolador [13].....	9
Figura 3.	Diagrama de Caso de Uso.....	27
Figura 4.	Diseño del robot.....	28
Figura 5.	Interfaz Robot.....	29
Figura 6.	Esp32 junto a Esp32 Cam.....	30
Figura 7.	Batería Lipo.....	31
Figura 8.	Motor y rueda.....	31
Figura 9.	Sensor de distancia VL53L0X.....	32
Figura 10.	Sensor magnético.....	33
Figura 11.	Sensor de T y H DHT22.....	34
Figura 12.	Servomotor.....	35
Figura 13.	Regulador de voltaje LM2596.....	36
Figura 14.	Driver de motor L298N.....	36
Figura 15.	Esquema de montaje.....	37
Figura 16.	Mosfet IRF250N.....	38
Figura 17.	Partes a soldar medidas.....	38
Figura 18.	Diseño en SketchUp robot completo.....	39
Figura 19.	Estructura mecánica Chasis.....	40
Figura 20.	Estructura Robot.....	40
Figura 21.	Código de asignación de pines para los motores.....	41
Figura 22.	Código de giros.....	41
Figura 23.	Código de la función mover.....	42
Figura 24.	Código de la función de la bomba.....	43
Figura 25.	Código del servo y sensor en Arduino.....	44
Figura 26.	Diagrama de conexión de los servos.....	44
Figura 27.	Código del sensor DHT22.....	45
Figura 28.	Diagrama de conexión del sensor DHT22.....	46
Figura 29.	Definición de Ssid, Password y variables.....	46
Figura 30.	Conexión de ESP32 a la red Wifi.....	47
Figura 31.	Robot Agrícola ensamblado.....	48

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1.	Código Arduino.....	57
Anexo 2.	Maqueta inicial	66
Anexo 3.	Cortes del robot en acero y medidas.....	66
Anexo 4.	Soldada de las partes del robot.....	67
Anexo 5.	Simulación del robot.....	67
Anexo 6.	Conexión a la ESP32 de drivers y sensores	70
Anexo 7.	Vista lateral del robot.....	70
Anexo 8.	Compartimiento donde se guarda las conexiones del robot	69
Anexo 9.	Tanque de agua para la fumigación	69
Anexo 10.	Vista de la parte superior del robot.....	70
Anexo 11.	Pruebas de unidad con el código en arduino.....	70
Anexo 12.	Robot terminado y ensamblado en su totalidad.....	71
Anexo 13.	Firma de conformidad Gerente Corp., Cosecha	72
Anexo 14.	Carta de conformidad por parte de la empresa.....	73
Anexo 15.	Fotografía Inicio del proyecto	74

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE COMPUTACIÓN

TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL MEDIANTE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS DE LA CORPORACIÓN COSECHA”

AUTOR: Héctor Javier Ulpo Pilamunga

ASESOR: Ing. José Luis Varela Aldás

RESUMEN

La propuesta que se realizó en este trabajo de investigación fue la construcción de un robot móvil mediante un sistema embebido para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corporación Cosecha, es parte de la visión, para involucrarse en los avances de la industria con la tecnología agrícola, que consta en la planificación estratégica de la empresa. El objetivo de este proyecto es desarrollar un robot móvil para la automatización del proceso de fumigación en las plantaciones de la Corp. Cosecha y que permita tener un ahorro de tiempo y dinero considerables en sus procesos. Con este proyecto se busca ayudar a la salud de los operarios fumigadores y al agroecosistema. La metodología aplicada en este proyecto fue XP. El robot fue programado en el IDE de Arduino con una tarjeta ESP32, esta tarjeta le permite la conexión mediante una red de internet a una base de datos en la nube para que el robot cumpla con la fumigación según el cronograma de la Corp. Cosecha. El diseño mecánico de la estructura se realizó en SKETCHUP para obtener las dimensiones de sus partes. Los resultados muestran el prototipo a escala cumpliendo las funciones del proceso de fumigación correctamente. Finalmente, se realizó pruebas del robot ensamblado en su totalidad con el código ya finalizado, se obtuvo un 84.29 % de aceptación de acuerdo al test aceptación.

DESCRIPTORES: embebido, electrónico, fumigación, robot, sensores.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE COMPUTACIÓN

SUBJECT: “CONSTRUCTION OF A MOBILE ROBOT THROUGH AN EMBEDDED SYSTEM FOR THE PHYTOSANITARY CONTROL OF THE CROP OF BLUEBERRIES OF THE CORPORATION COSECHA”

AUTHOR: Héctor Javier Ulpo Pilamunga

TUTOR: Ing. José Luis Varela Aldás

SUMMARY

The proposal that was carried out in this research work was the design of a mobile robot using an embedded system for the phytosanitary control of the blueberry crop of Cosecha Corporation. The objective of this project is to develop a mobile robot for the automation of the spraying process in the plantations of Cosecha's plantations and to save considerable time and money in its processes. This project seeks to help the health of the fumigation operators and the agroecosystem. The methodology applied in this project was XP. The robot was programmed in the Arduino IDE with an ESP32 card, this card allows the connection through an internet network to a database in the cloud so that the robot complies with the spraying according to the schedule of Cosecha Corporation. The mechanical design of the structure was performed in SketchUp to obtain the dimensions of its parts. The results show the scale prototype performing the functions of the spraying process correctly. Finally, the assembled robot was tested in its entirety with the code already finalized, and a 84.29% acceptance rate was obtained according to the acceptance test.

DESCRIPTORS: embedded, electronic, robot, sensors, spraying.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

EL PROBLEMA

En la actualidad el mundo de la agricultura progresa a pasos agigantados, está tendencia arrolladora va de la mano con los avances que surgen en la tecnología, aparecen estos nuevos sistemas autónomos que son capaces de ayudar a operarios en procesos que conllevan mucho tiempo y hacen que la vida sea más fácil para ellos. Todo esto pone de manifiesto el nuevo camino que debe seguir la agricultura de la mano con la tecnología.

A todo esto, aparece la agricultura automatizada esta es un área de interés en el desarrollo de nuevas tecnologías y en la actualidad existe un amplio abanico de robots autónomos capaces de recorrer los terrenos para ejecutar todo tipo de actividades como la fumigación, la detección de enfermedades, la recolección de frutos, control de maleza y mucho más.

La Corp. Cosecha de Ambato tiene como objetivo construir un robot autónomo que le permita el control fitosanitario en las plantaciones de arándano en sus fincas, por lo cual surge un problema fundamental al que se plantea: Ausencia de un mecanismo automatizado para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corp. Cosecha.

Con este mecanismo automatizado ayudaremos a las actividades fitosanitarias para reducir la mano de obra, simplificar el trabajo para para los fumigadores y así de manera automática se haga ese proceso más rápido y eficiente.

En la figura 1 se presenta el árbol de problemas con sus causas y sus respectivos efectos: una de las causas es la falta de innovación tecnología agrícola en el Ecuador, por lo tanto, hay lentitud en el desarrollo tecnológico para la producción de arándanos y otros productos más, otra causa es el uso limitado de profesionales en el área de computación en la Corp. Cosecha, esto provoca el desconocimiento

de nuevas tecnologías en el campo de la agricultura, la última causa es la falta de un sistema autónomo que permita realizar procesos de forma más rápida y eficaz reduciendo tiempo y costos en el proceso de control fitosanitario, esto conlleva a que la Corp. Cosecha siga usando métodos tradicionales en el control fitosanitario lo que provoca enfermedades en sus empleados y desperdicio de recursos.

Efectos

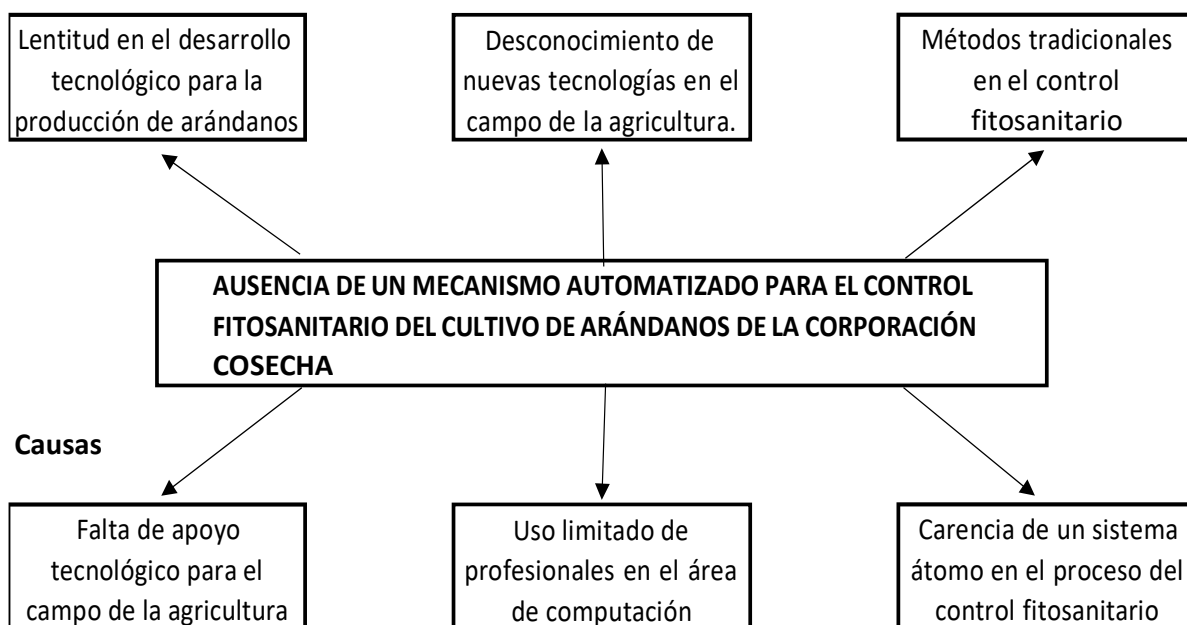


Figura 1. Árbol de problemas

Elaborado por: Javier Ulpo

CONTEXTUALIZACIÓN

Macro

En la actualidad existen robots que recogen frutos, drones que fumigan, robots que ayudan a cuidar los sembríos, estos ayudan a mejorar la calidad de vida de los agricultores. Las organizaciones de Agricultura y la Alimentación (FAO) indica que los campos de cultivo deben elevarse un 3% al año para seguir con la producción de los productos agrícolas para la población mundial. En condiciones aptas, un agricultor promueve 2 mil 500 kilos de trigo por hectárea en promedio, y con la nueva tecnología se estima que la cifra es más del triple, por tal motivo hay estos métodos para que el futuro de la agricultura sea más esperanzador para los productores y agricultores. [1]

FIRA 2019, el Foro Internacional de la Robótica Agrícola, en Francia presento más de 15 fabricantes de robots agrícolas. [2]

Meso

Ser agroindustrial en el siglo XX se trataba de tener grandes tierras y mucha mano de obra, pero en esta nueva generación de agroindustriales ven en los AgBots o robots agrícolas una forma de conservar su terreno y utilizarlo de manera inteligente. En Australia, el profesor James Underwood del Centro Australiano para la Robótica Agrícola de la Universidad de Sydney, menciona que los AgBots son pequeñas unidades robóticas que pueden ser liberadas en fincas para hacer el trabajo que antes hacían los humanos, como una forma de solucionar la poca mano de obra y de atraer nuevamente al campo a los jóvenes que les llama la atención el tema tecnológico. [3]

La empresa Root AI, con sede en Massachusetts, ha construido un robot móvil que puede realizar el proceso de cosecha de tomates en función de la madurez y la calidad de los tomates. El director ejecutivo de Root AI, Josh Lessing, mencionó que el uso de la robótica y la Industria 4.0 es una nueva forma para la producción de productos alimenticios y nuevas técnicas de operar en el campo, ofreciendo oportunidades interesantes a las empresas.[4]

Micro

Utilizando una base de datos equipada con información satelital, será más fácil conocer las condiciones del suelo y climas que favorecen los procesos de producción en campo. La Universidad Yachay Tech busca proyectos agrícolas que beneficien a las empresas en la producción utilizando esta tecnología, José Luis Flores, profesor de Yachay Tech en Medio Ambiente, menciona que el modelo de producción agrícola cambiará y permitirá el uso de la función de cultivo de computación de última generación [5]. Si bien en el país aún no desarrollan robots agrícolas que ayuden a los fumigadores a realizar esos procesos hay empresas que promueven y brindan los recursos para que investigaciones las desarrollen en beneficio de la sociedad.

ANTECEDENTES

Rosa y Juan una pareja de agricultores con inicios muy humildes. Lucharon juntos por cambiar la injusta situación del campo. Con la meta de entregar productos de calidad a los consumidores y a su vez mejorar las condiciones de los campesinos. Cosecha toma la posta con más energías, ideas y metas para continuar y cumplir el sueño de nuestros abuelos.

Misión

Promover la agricultura sustentable y rentable para proporcionar herramientas y tecnologías a los agricultores para nutrir a la creciente población mundial y ayudar a preservar nuestro planeta para las generaciones venideras, las plantas, la vida silvestre y las comunidades.

Visión

En COSECHA confiamos plenamente que el sector agrícola es un motor productivo que puede contribuir al desarrollo económico de un país, utilizando herramientas de la agricultura moderna como medio para alcanzar metas tan importantes como cubrir la demanda interna de alimento y crear fuentes de trabajo.

En 2015, Nuestro equipo hizo un compromiso con la agricultura sustentable: prometió producir más, conservar más y mejorar las vidas de los agricultores para el año 2030.

Por medio de nuestra visión 2025, estrategia central de nuestro negocio desde el centro del país, buscamos innovar la manera de producir nuestros suelos y hacer negocios agrícolas, para activar la economía del sector rural a través de una agricultura moderna y sostenible. Con ello buscamos:

- Producir más alimentos.
- Utilizar menos recursos
- Mejorar su calidad de vida.
- Combatir la pobreza en el campo
- Reducir la migración de nuestros agricultores
- Desarrollar una agricultura sostenible
- Colaborar para garantizar la seguridad alimentaria de la población

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Con el uso de estas nuevas tecnologías se puede verificar que, desde hace varios años atrás, específicamente en el 2015 se propuso temas que involucran el desarrollo tecnológico la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Mecánica. El siguiente proyecto, denominado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT MÓVIL CONTROLADO CON TECNOLOGÍA RASPBERRY PI PARA LA INSPECCIÓN Y FUMIGACIÓN FOCALIZADA DE CULTIVOS DE HABA", Se propone diseñar y construir un robot de asistencia y ayuda a los dedicados a la agricultura en sus labores comunes, este se desplazará por la zona de cultivo a lo ancho y largo del mismo, revisando planta por planta para determinar si es necesario fumigar con fungicidas o nutrientes. [6]

En el trabajo de titulación desarrollado en la Carrera de Ingeniería Electrónica Automatización y Control. ESPE. Con el tema: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL AUTÓNOMO Y TELEOPERADO PARA LABORES AGRÍCOLAS. FASE 1: FUMIGACIÓN PARA PLANTACIONES DE ROSAS”, plantea el diseño y construcción de prototipos de robots autónomos capaces de ser controlados a distancia donde el operador no pueda realizar esos procesos de fumigar las plantaciones de rosas. En primer lugar, se presentan las características más relevantes en el campo de la producción de flores, también de un estudio minucioso de la robótica agrícola. A continuación, se realiza un análisis del sistema mecánico más adecuado para este proyecto. Finalmente, se hacen las pruebas de campo en condiciones ideales que simulan plantaciones de rosas y demuestran cuán efectiva es la plataforma desarrollada. [7]

En la tesis previo al título Ingeniero Mecatrónico, en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Continental, Huancayo, Perú. Se planteó el tema: “DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL DE SERVICIO PARA APLICACIONES DE FUMIGACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DE CONCEPCIÓN DE LA REGIÓN JUNÍN²”, propone diseñar un robot móvil para aplicación al servicio de fumigación en los cultivos de maíz, cuya función principal es cubrir las actividades del control de fumigación para evitar que los agricultores tengan contacto directo cercano con agroquímicos que causan daño, provocándoles contraer enfermedades en cortos, medianos y cortos períodos de tiempo. Además, de optimizar los tiempos de fumigación y reducir los niveles de riesgo en función de enfermedades derivadas de dicho trabajo. [8]

En la tesis realizada previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica en el Instituto Politécnico Nacional se desarrolló el tema: “PROTOTIPO DE ROBOT MÓVIL TERRESTRE DE FUMIGACIÓN AUTOMÁTICA PARA HORTALIZAS”, se plantea en la creación un prototipo de robot móvil controlado a distancia con un sistema automático de fumigación de hortalizas. El robot está diseñado para realizar un proceso de fumigación en un campo menor a 5 hectáreas para evitar la exposición humana directa a los plaguicidas utilizados en el proceso de fumigación. [9]

CONTRIBUCIÓN TEÓRICA

Robótica

El término robótica se deriva de la palabra "robot", que proviene de la palabra checa que significa siervo. Así también podemos mencionar que la robótica es una rama de la tecnología que estudia desafiar y construir máquinas capaces de realizar tareas repetitivas o peligrosas para los humanos. Las ramas de la ciencia y la tecnología en las que se forma pueden ser: diversas ramas de las matemáticas, máquinas automatizadas programables, máquinas robóticas, principalmente física mecánica y eléctrica, aprendizaje de la electrónica e informática, etc. [10]

La robótica es una ciencia que nos ayuda a realizar procesos más eficaces y con ahorro de tiempo con maquinarias autónomas, que suplantando a los seres humanos, hay diferentes diseños de robots que se enfocan en campos como las industrias, agricultura, educación, salud entre otros.

Robot

Al escuchar el término robot pensamos que se trata de máquinas subdesarrolladas capaces de simular acciones humanas que está diseñada y construida con sensores, actuadores, motores, microcontroladores, y son capaces de realizar trabajos productivos con movimientos muy similares a los de los seres vivos, Los robots no son más que máquinas que siguen los procesos, para los que han sido programados por una persona capacitada en este campo. La palabra robot se da a mencionar en los años de 1921, en una obra teatral en la república de Rusia, desde ahí en adelante este término se ha convertido en nuestro diario vivir por el avance tecnológico. [11]

Robótica Agrícola

La Robótica Agrícola tiene por objetivo equipar los campos de cultivo con nuevas tecnologías y apunta a la construcción de los "Agrobots" robots agrícolas" unos robots cuyo aspecto sean ligeros y económicos, diseñados para tareas agrícolas, reemplazando las pesadas y costosas máquinas actualmente utilizadas para sembrar, fumigar, cosechar y arar el campo. El objetivo es garantizar que estos robots sean capaces de realizar la mayoría de las tareas agrícolas, lo que dará lugar a un nuevo

modelo de negocio denominado "Granja del futuro" con un beneficio amplio para las empresas que implementen estos robots. [12]

Robot Móvil

Los robots móviles están experimentando un gran crecimiento en los últimos años con los avances tecnológicos que siguen cursando, sobre todo en la robótica de servicios, aunque también aumenta su presencia en el sector industrial. La morfología de los robots móviles dependerá de la forma que tengan que moverse en su campo habitual tenemos: los que Caminan, Saltan, Corren, Se deslizan, Vuelan, Ruedan, gran parte de estos robots son basados en la naturaleza de nuestro diario vivir. [13]

Sensores

Los sensores son una parte fundamental para la construcción de la robótica y sus prototipos, diríamos que es lo más importante que debe tener un robot, son la fuente principal de información que les permite detectar y ejecutar acciones que se encuentran en su entorno, medir distancias, calcular tiempos, sentir temperaturas entre otros, así también como acciones que les indiquen hacia donde no deben dirigirse, cuando dar vuelta y cuando detenerse. [14]

Un sensor es un dispositivo que detecta variaciones en el entorno en el que se encuentra emite datos a otro sistema conectado. Un sensor es el que convierte un fenómeno físico en voltaje analógico o digital según su aplicación de uso, este se convierte en un importante componente electrónico para la construcción de los robots. [15]

Sensores de posición

Los sensores de posición son capaces de medir la posición de cada componente del robot, es decir, el ángulo de un robot con sus partes. A partir de dichos ángulos puede encontrarse la configuración del ejecutor final, y ubicar su posición para que así tenga una orientación por medio de la cinemática directa. [16]

Arduino

Arduino es un dispositivo de hardware libre que monta un microcontrolador en una placa de circuito impreso y cuenta con lo esencial de su funcionamiento, con un entorno de programación libre en su propio lenguaje de programación. La placa Arduino contiene un microcontrolador programable y una serie de pines hembra para facilitar la conexión de sensores y actuadores. Hay muchas variantes de placas Arduino, pero todas tienen en común la familia de microcontroladores que integran, una arquitectura estilo AVR, desarrollada y fabricada por Atmel. Como ambos tienen el mismo microcontrolador, el funcionamiento entre ellos es muy similar. [17]

Microcontrolador

Es un dispositivo con las características de un ordenador, pero su tamaño es considerablemente pequeño, tiene un circuito integrado programable capaz de ejecutar ordenes que se han grabado en su memoria. Chip o circuito integrado que incluye un microprocesador, memoria (de programa y datos) y unidades de entrada/salida (puertos paralelos, temporizadores, comparadores, conversores A/D, puertos serie, etc.). Por lo tanto, el siguiente cuadro resume lo que es un microcontrolador. [13]

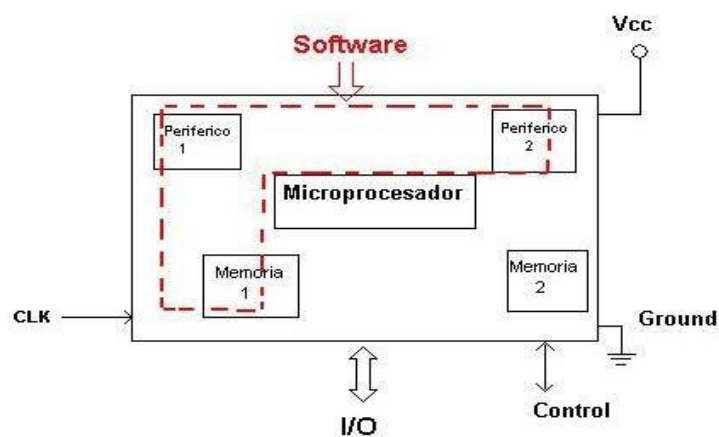


Figura 2. Estructura Microcontrolador [13]

Control Fitosanitario

El control fitosanitario se caracteriza por evitar, prevenir o disminuir las pérdidas económicas originadas por las plagas en los campos de cultivo, es una técnica de fumigación utilizando para esto las medidas más beneficiosas y apropiadas en cada instante que se realiza el proceso. La fumigación es fundamental para cualquier tipo de planta, los fumigadores actúan y conocen cuando es necesario aplicar la fumigación siempre procurándose en la estabilidad y bienestar del cultivo y el agro ecosistema.

CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA

Desde el punto de vista económico el Ecuador y América latina en los últimos años ha crecido en el ámbito de la explotación tecnológica en estas nuevas tecnologías aparecen los robots agrícolas “AgroBots” facilitará el uso de un nuevo método y técnica para el control fitosanitario de las plantaciones de cultivos.

La Corp. Cosecha viene implementado estas tecnologías y apuesta a este método el cual tendrá un ahorro de tiempo y costos considerables en los procesos del control fitosanitario.

CONTRIBUCIÓN SOCIAL

Desde el punto de vista social el proyecto se orienta a las empresas que producen grandes cantidades de alimentos para el consumo humano, así mismo a las fincas que disponen de una extensión considerable de terreno con diferentes cultivos y plantaciones, que necesariamente necesitan un sistema autónomo que ofrezca no sólo oportunidades sustanciales de ahorro de mano de obra, sino que, mayor seguridad en muchas situaciones agrícolas.

Con el uso de robots fumigadores reduciríamos un porcentaje de contaminación de los suelos, y aire, además se reduce el riesgo de enfermedades causadas por estos químicos en los operarios de fumigación.

CONTRIBUCIÓN TECNOLÓGICA

Desde el punto de vista tecnológico la implementación del proyecto permite repotenciar el área agrícola ya que no todas las empresas dedicadas a la agricultura disponen de recursos tecnológicos capaces de realizar procesos autónomos que mejoren la calidad de sus productos. Esto permite abrir nuevos caminos para el desarrollo de nuevas tecnologías e investigaciones dedicadas a este sector tan importante, con softwares disponibles en la web de fácil acceso para cualquier persona interesada en este tipo de tecnologías. La Corp. Cosecha impulsa este nuevo modelo tecnológico de control fitosanitario en sus cultivos y compromete a otras empresas a seguir su mano para que el Ecuador sea el pionero en el desarrollo de estos sistemas autónomos en el sector agrícola.

JUSTIFICACIÓN

El sector agrícola es uno de los más descuidados en el Ecuador y en América con respecto al uso de la tecnología, los cambios que vienen generando a nivel del país obligan a los agricultores a implementar las nuevas tecnologías y así mejorar la producción de sus productos y la calidad de los mismos.

La Corporación Cosecha ha implementado desde sus inicios métodos tradicionales del control fitosanitario en sus plantaciones de arándanos estos han sido y son muy costosos para la corporación, además el manejo equivocado de sustancias agroquímicas que innecesariamente son emitidas debido al desconocimiento por parte de los fumigadores ha llevado a la empresa a perder dinero y parte de su plantación.

La Corporación Cosecha vio la necesidad de fusionar la tecnología con la agricultura y con el objetivo planteado de crear un robot autónomo que permita realizar un control fitosanitario en sus plantaciones de arándanos busca economizar la mala utilización de los recursos que la empresa ofrece para estos procesos de fumigación, a su vez ayudar a las personas encargadas en estos procesos.

Este proyecto busca proteger al fumigador y al cultivo, utilizando un robot autónomo móvil capaz de suministrar el herbicida básico a la planta sin necesidad

de tener un operario cerca, con esto ayudaremos a salvaguardar la integridad física y la salud del fumigador.

En el contexto social en el área agrícola el proyecto contribuirá con la mejora de los procesos de fumigación además se busca incentivar a las empresas a invertir en estas tecnologías, con una herramienta que pueda ayudar y reforzar las actividades que realizan los fumigadores. Además de que se necesita que las universidades se involucren más con la robótica y la vean como una herramienta de ayuda que puede ser explotada en gran manera para la sociedad.

En el campo de la tecnología, tiene como objetivo brindar nuevas oportunidades para utilizar la tecnología como una herramienta de investigación y apoyo para comprender las nuevas tendencias que la globalización nos muestra a diario y generar nuevos productos tecnológicos que han contribuido al desarrollo social e incluso económico de los desarrollados.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un robot móvil mediante un sistema embebido para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corporación Cosecha.

Específicos

- Analizar los requerimientos de la información acerca de la plantación de Arándano (*Vaccinium corymbosum*) de la corporación Cosecha de la ciudad de Ambato.
- Implementar un sistema programable para el control y desplazamiento del robot autónomo en el manejo fitosanitario en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en la corporación Cosecha de la ciudad de Ambato.
- Evaluar el funcionamiento de la propuesta al utilizar un robot autónomo para el control fitosanitario en el cultivo de Arándano (*Vaccinium corymbosum*) en la corporación Cosecha de la ciudad de Ambato.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

DISEÑO DEL TRABAJO

El presente robot agrícola que se propone desarrollar tiene como alcance:

- Una entrevista para la recolección de información acerca de los conocimientos y procesos de control fitosanitario que se llevan en la Corp. Cosecha.
- Mediante un operario de fumigación de la Corp. Cosecha se analizará las mediciones del terreno y dosis de implementación en las plantaciones.
- Soldadura en acero de las partes que conforman el robot.
- Elaboración del Circuito electrónico controlador del robot agrícola.
- Ensamblaje de partes del robot con todos sus componentes.
- Pruebas con el robot se desarrollarán a vista del operario de fumigación.

ÁREA DE ESTUDIO

En el presente proyecto se ven involucradas áreas de estudio como:

Los principales acreedores del presente proyecto serán los operarios de fumigación de la Corp. Cosecha de la provincia de Tungurahua, con esto buscamos un ahorro sustancial en los diferentes productos que se dispersan en las plantaciones, Con el apoyo de las asignaturas recibidas durante la carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación se logró realizar el proyecto:

Electrónica: Se utilizará los principios de Electrónica para conocer la estructura del microcontrolador que será parte del robot, la arquitectura y funcionamiento de los sensores, el diseño del circuito, sus conexiones con todos sus componentes.

Robótica: Se usará para la construcción y manipulación del robot basándonos en sus principios fundamentales al que hacemos referencia que es robótica.

Control Fitosanitario: Con este concepto podremos observar cómo es la técnica de fumigación siempre con el objetivo de cuidar al operario y al agroecosistema.

MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

La metodología considerada para realizar este proyecto es la Investigación Cualitativa, esta investigación es de carácter objetivo, pues se dedica a recopilar, y evaluar datos de información adquiridas por las fuentes de conocimiento de las empresas. En la mayoría de los casos se utiliza una muestra para comprender los criterios de decisión que se debe hacer en el proyecto. En la investigación de mercado, los métodos de investigación cualitativa suelen incluir entrevistas, es por ello que se decidió por esta metodología con el motivo de incluir una entrevista al gerente de la Corp. Cosecha y los resultados de esta no será cuantitativamente ya que no se podrá medir directamente, se hará un análisis de esta información obtenida.

Bibliográfica o documental

La modalidad de investigación documental será utilizar la búsqueda de las fuentes bibliográficas, técnicas, ensayos, trabajos de titulación, publicaciones y libros relacionados y así también como fuentes electrónicas y todo el contenido que se encuentre en la web, con el marco teórico con la temática del proyecto en ejecución que sustenten y respalden la implementación de este, siempre enfocado desde el contexto teórico científico.

De campo

La investigación de campo permitirá dialogar e interactuar con las personas de la Corp. Cosecha esto nos facilitará el conocimiento del proceso de control fitosanitario y así desarrollar el robot.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se detalla las técnicas que se utilizan para la obtención de la información necesaria que será usada como base a la toma de decisiones:

Como primer paso se realizará una reunión preliminar con las autoridades de una Corp. Cosecha para solicitar los permisos correspondientes para la aprobación del tema de proyecto así mismo para tener un punto de vista como se formará el grupo de trabajo.

Entrevista

Estará dirigida al Ingeniero Agrónomo y gerente de la Corp. Cosecha Roberto Cevallos para conocer las necesidades, los tiempos de fumigación, costos, rendimientos en el proceso de control fitosanitario.

ENTREVISTA DIRIJIDA AL INGENIERO ROBERTO CEVALLOS

1. ¿Qué función desempeña usted en la Corp. Cosecha?
Gerente general de la Corp. Cosecha.
2. ¿Cómo considera el proceso de fumigación que esta implementado en las plantaciones de su empresa?
El método que se está implementado en la Corp. Cosecha en plantaciones es tradicional el cual lo realiza una persona con materiales y equipos tradicionales, han venido utilizando esta técnica por no contar con un sistema autónomo.
3. ¿En qué pieza usted que le beneficiaría al tener un robot autónomo?
En la potencialización del control fitosanitario y la reducción de costos de mantenimiento cuidado de la salud del personal en cargado en estos procesos.
4. ¿Cuáles son los riesgos de la salud al manejar un sistema de control fitosanitario tradicional?
Los procesos tradicionales afectan principalmente a sistema pulmonar y al respiratorio y la piel porque están expuesto a productos químicos y son dañinos para las personas.
Con la creación de un sistema autónomo brindara mayores beneficios y calidad en los productos.
5. ¿Porque implementar un sistema autónomo para el control?
Uno de las causas principales es la migración de la mano de obra que ya no se encuentra en el campo y los altos costos de pago del personal y afectaciones a la salud de los trabajadores.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La Corp. Cosecha con su gerente general Roberto Cevallos y el departamento de producción y ventas se enfoca en suplantar los procesos tradicionales del control fitosanitario que vienen implementando desde muchos años atrás por un sistema autónomo que permita reducir costos y tiempos de ejecución en estos procesos, además busca solucionar el problema de salud de los operarios causantes por los químicos que ellos suministran a las plantaciones.

La empresa busca con esta propuesta producir sus productos de buena calidad y tener un producto apto para la exportación, siempre preocupándose por el agroecosistema que refiere a cuidar el medio ambiente.

Los robots agrícolas permitirán que las empresas ecuatorianas pueden exportan sus productos en cantidad, calidad, y así tener un realce en el mercado mundial Corp. Cosecha apunta a la utilización de estas nuevas tecnologías.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Selección de la Metodología de desarrollo

Este capítulo se centraliza en el análisis, desarrollo y el funcionamiento del producto, así también los parámetros que se necesitan para el desarrollo. Se tiene una metodología la cual dará el impulso y las guías necesarias, todo esto para garantizar el funcionamiento correcto del producto y su funcionalidad. Utilizar una metodología de desarrollo permite que el producto se elabore de una forma correcta, es importante para que los desarrolladores se adapten al proceso de elaboración del proyecto.

Los métodos ágiles son los más utilizados en la actualidad porque permite adaptar los estilos de trabajo de distintos proyectos a las condiciones de la empresa, adecuando la flexibilidad y la inmediatez de respuesta para adaptar el proyecto y su desarrollo a las circunstancias específicas del entorno.

La gestión ágil, es cada vez más popular como una alternativa a las metodologías tradicionales de gestión de proyectos, especialmente entre los equipos de desarrollo de software y TI. Es una metodología de gestión de proyectos importantes, la gestión de proyectos tradicional se centra en el enfoque lineal siendo la más usada, y es el modelo en cascada el método más manejado.

Hay una delgada diferencia entre usar una metodología en cascada con una metodología ágil, las agiles impulsan a las organizaciones a gestionar los proyectos con rapidez y flexibilidad.

Por ello la metodología XP (Xtreme Programming) sirve para realizar proyectos en equipo, acordando la entrega continua, evitando así que los cambios del cliente nos obliguen a empezar de cero. Este es un enfoque en constante cambio que facilita y fomenta la retroalimentación, por lo que debe estar preparado para aplicar cambios

constantes. Además, nos permite recopilar la información necesaria de la empresa y poder llenar los conocimientos faltantes entre el equipo de desarrollo y el cliente.

Planificación

En esta fase se analiza la información obtenida y bases de datos de la empresa, toda esta información es necesaria para el desarrollo del producto, aquí también vemos que características tendrá el producto sus componentes su funcionalidad y sobre todo que equipos podemos utilizar para el desarrollo.

Diseño

En esta fase, la metodología XP hace especial énfasis en los diseños simples y claros, busca optimizar el código de programación para que pueda funcionar siempre teniendo en cuenta las necesidades que tiene el usuario además de considerar siempre su experiencia. El diseño muestra una programación amigable que pueda ser adaptado a las necesidades de la empresa.

Codificar

En esta fase comienza la etapa de programación del proyecto siempre teniendo en cuenta las historias del usuario, que nos permitirán tener un código universal para que cualquier programador pueda entender el código realizado. La metodología de programación extrema está pensada para tipos de proyectos que van de la mano del usuario, es por eso que en esta fase el código para que el robot estará siempre a criterios del usuario para que haga sus funciones correctamente.

Pruebas

Una de las particularidades de la metodología XP es que está sometida a cambios constantes, luego de la fase de diseño el código está listo para realizar las pruebas correspondientes, con el objetivo de corregir fallas existentes esta es una clave importante para que el proyecto sea desarrollado de una manera muy optima y funcional.

ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

La fumigación es uno de las técnicas más efectivas para eliminar las invasiones de insectos, microbios que se hallan en las plantaciones de diferentes tipos; y se basa en el uso de fumigantes. En la Corp. Cosecha son los fumigantes las personas que propagan el químico en las plantas no siempre con la seguridad debida y establecida para realizar estas actividades, lo hacen de una manera tradicional utilizando una bomba fumigadora que la cargan en sus espaldas con 25 litros de químicos aproximadamente ellos se someten a un proceso peligroso, con consecuencias potencialmente graves, incluso mortales, para las personas que aplican estos químicos o aquellas que se hallen cerca de la zona tratada, si no la realizan correctamente.

ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

El prototipo de robot móvil capaz de realizar un control fitosanitario en las plantaciones se basa en la electrónica y robótica, permitirá que las empresas opten por esta tecnología, este robot permite una fumigación correcta, y sistematizada al momento de esparcir los herbicidas con una dosis correcta. El robot tendrá una serie de sensores que permitirán dar movimiento y simultáneamente obtener diferentes tipos de datos para su posterior análisis en aplicaciones móviles como la distancia, temperatura, posicionamiento y movimientos que se pueden analizar con estos sensores.

El Robot debe ser automático y amigable para los operarios, con un diseño ergonómico que permita la fácil manipulación y flexibilidad en el terreno que se va a operar. Además de ello impulsar el uso de las tecnologías nuevas en estos campos que permitan ayudar al agro ecosistema y no a la contaminación y a su vez a la salud de sus fumigadores.

En la parte mecánica el robot cuenta con un soporte donde se ubican los sensores y demás componentes que permitan el movimiento del robot, a ello se suman dos bombas estas impulsar el químico por los tubos.

FASE I: PLANIFICACIÓN

PLAN DE DESARROLLO DEL ROBOT

Visión General del Proyecto

La empresa planea desarrollar un robot que suplante las actividades que hace un fumigador en el proceso fitosanitario. Se analiza la información recolectada por parte de los operarios de estos procesos como: el tiempo de fumigación, las dosis que se necesitan para cada finca, y el estado climatológico estas variables hacen posible este proceso. El Robot está diseñado con principios de ingeniería y electrónica y sensores para obtener todo tipo de datos y estos se puedan analizar e interpreta en app web y móvil.

Análisis del Sistema Actual

En el sistema actual de la empresa para estos procesos fitosanitarios lo hacen de manera tradicional con operarios fumigadores y una fumigadora Bomba Manual de 16 litros.

Análisis del Sistema Propuesto

En la tabla 1 se detalla las herramientas que se van a usar en el proyecto.

Tabla 1. Herramientas para el desarrollo de la propuesta

Id De Programación Electrónica	Arduino IDE
Sensores	distancia, humedad
Baterías	7 v
Motores	DC de 6 v
Servos	180°
Drivers	L298n
Bomba	7.4 v
Esp32	32pines

Elaborado por: Javier Ulpo

Historia de Usuarios

En la tabla 2 se presenta la historia del usuario que va a visualizar el funcionamiento de robot

Tabla 2. Historia de usuario Control del Robot

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Operario Fumigador
Nombre Historia: Control robot	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Media
Puntos Estimados:1	Interacción Asignada:1
Programador Responsable: Javier Ulpo	
Descripción: Las personas que podrán evaluar el funcionamiento del robot serán los operarios fumigadores, ellos analizar si el robot cumple con las necesidades requeridas.	
Observaciones: no se requieren personas capacitadas en electrónica ni robótica.	

Elaborado por: Javier Ulpo

Organización del Proyecto

La tabla 3 presenta los cargos que se deben desempeñar para que la propuesta planteada sea completada exitosamente.

Tabla 3. Roles y Responsabilidades

Cargo	Funciones
Jefe de Proyecto Javier Ulpo	Realiza la recolección de información y la adquisición de los implementos necesarios para el diseño del robot Se encarga de hacer cumplir con los plazos propuestos para el proyecto Asigna tareas específicas para cada uno de los participantes del desarrollo del proyecto Se encarga del ensamblaje de la parte electrónica del robot
Analista de Sistemas Javier Ulpo	Realiza el estudio de los requerimientos de los procesos Identifica las restricciones que presenta el sistema
Programador Javier Ulpo	Realiza la programación en el ID para la parte electrónica del sistema Conexión desde el microcontrolador hacia los componentes del robot

Elaborado por: Javier Ulpo

Plan de Fases

En la tabla 4 se muestra las fases a realizar en el proyecto.

Tabla 4. Plan de Fases

Planeación del proyecto	Cronograma de actividad Análisis de restricciones Estudio de factibilidad
-------------------------	---

Diseño	Diseño de interfaz de control para el robot Diseño del circuito electrónico Diseño de la estructura del robot
Codificación	Programación Robot Conexión hacia los componentes electrónicos.
Pruebas e implementación	Pruebas de desarrollo Pruebas de codificación Pruebas de validación

Elaborado por: Javier Ulpo

PLANEACIÓN DEL PROYECTO

Se muestra el calendario de actividades para la ejecución del proyecto en la tabla 5.

Tabla 5. Calendario de Actividades

Actividades	Periodo 2021															
	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Recolección de información e historias de usuario		■														
Elaboración del plan de actividades a desarrollar en el proyecto			■													
Compra de materias necesarios			■	■												
Definición de requerimientos funcionales				■												
Definición de requerimientos No funcionales				■												
Modelamiento de base de datos				■												
Elección de la metodología					■											
Desarrollo de los diagramas de funcionalidad					■											
Desarrollo de la primera fase de la metodología						■										
Desarrollo de la segunda fase de la metodología							■									

desarrollo de sus proyectos, además se analiza si están disponibles los equipos y software necesarios para la realización del proyecto y si tienen la capacidad para llevar a cabo todas las opciones del diseño.

Recursos Tecnológicos Disponibles

En la tabla 6 se muestra los recursos tecnológicos disponibles en la empresa.

Tabla 6. Herramientas existentes

Proyector	Equipos portátiles (PC)
Conexión a internet	Teléfonos móviles
Conexiones eléctricas	

Elaborado por: Javier Ulpo

Recurso Tecnológico Necesario

En la tabla 7 se listan los recursos tecnológicos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema propuesto.

Tabla 7. Recursos tecnológicos requeridos

Componentes que se requiere para el funcionamiento del sistema	
Hardware	Software
Se requiere una computadora <ul style="list-style-type: none"> • Funcionabilidad completa 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Operativo Windows • Conexión a Internet • ID Arduino • sketchup
Se requiere tarjetas ESP32 <ul style="list-style-type: none"> • Programación 	

Elaborado por: Javier Ulpo

Factibilidad Económica

La empresa cuenta con la posibilidad económica de apoyar al desarrollo de este proyecto, se listo todos los componentes que se requieren para el desarrollo, además se trabajara con software de licencia libres y al sumar el total de los costos directos

e indirectos se concluye que el beneficio al implementar este proyecto favorece de una manera viable para los procesos que realiza la empresa y se dice que es económicamente factible de desarrollarse.

Tabla 8. Recursos

Material	Recursos
Hardware	Computador
Software	Herramientas de programación, diseño
Humano	Tutor, Estudiante
Otros	Papelería, copias, impresiones, Transporte

Elaborado por: Javier Ulpo

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Se toma como referencia el robot XAG R150 un robot que permite la fumigación potente de los químicos con escalabilidad y múltiples modos de operación, esta es la primera plataforma robótica agrícola producida en masa de su tipo, permite la carga de 150 kg y una autonomía de trabajo de 4 horas se puede encontrar el robot en \$ 28999.00 dólares. La Corp. Cosecha hace un análisis del total de la inversión que se realiza en el desarrollo del proyecto y deduce que el costo de la inversión es sumamente adecuado al desarrollo de proyecto y sobre todo beneficiara a la empresa.

ANÁLISIS ORIENTADO A OBJETOS

Diagramas de Casos de Uso

La figura 3 muestra cómo será el desarrollo del presente sistema.

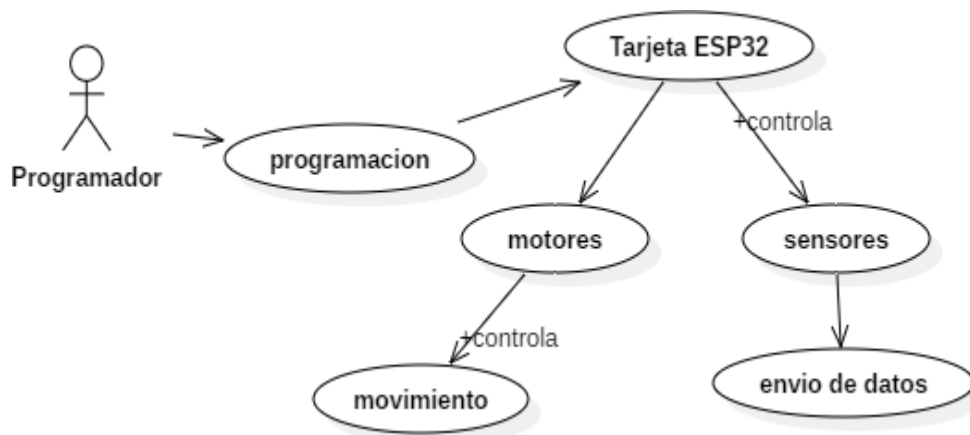


Figura 3. Diagrama de Caso de Uso

Elaborado por: Javier Ulpo

Diccionario de Procesos Diagrama de casos de Uso

En la tabla 9 se muestra los procesos que realiza el robot.

Tabla 9. Procesos Sistema Robot.

Conector	Origen	Proceso
Sistema	Public	Public
Sin especificar	Robot	Mover Moteres
Sistema	Public	Public
Sin especificar	Robot	Censar Datos
Sistema	Public	Public
Sin especificar	Robot	Enviar Datos
Sistema	Public	Public
Sin especificar	Robot	Mover aquilón fumigación

Elaborado por: Javier Ulpo

Fase II: DISEÑO DE LA PROPUESTA.

Diseño del robot

A continuación, se presenta el diseño del robot con todos los componentes que permiten ejecutar las acciones del robot, el diseño que se presenta tiene dos partes la parte de los sensores donde permitirá enviar datos a las aplicaciones y las bombas sumergibles estas esparcirán el agua en las plantas, la parte dos encontramos los motores sus ruedas baterías y la tarjeta controladora “ESP32” como se muestra en la figura 4.

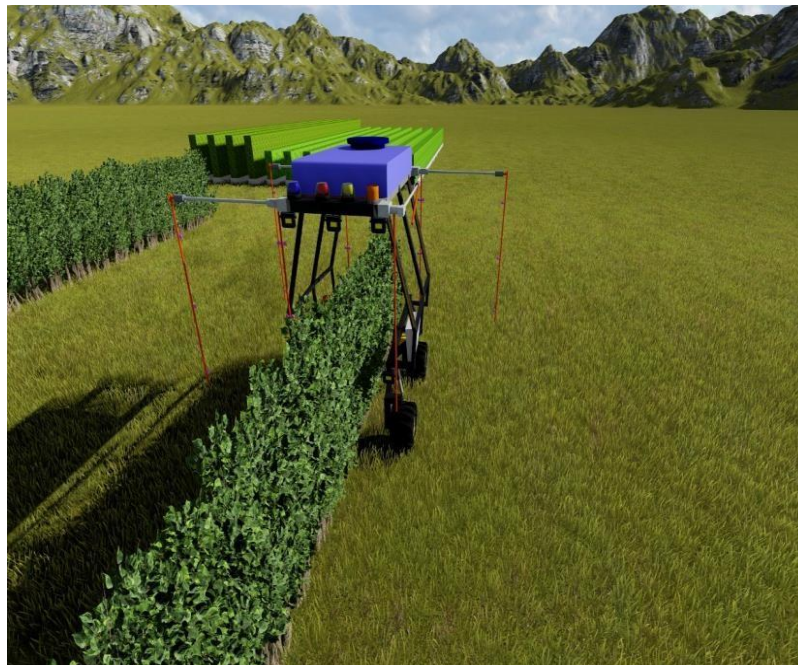


Figura 4. Diseño del robot

Elaborado por: Javier Ulpo

INTERFAZ DEL DIAGRAMA DEL ROBOT

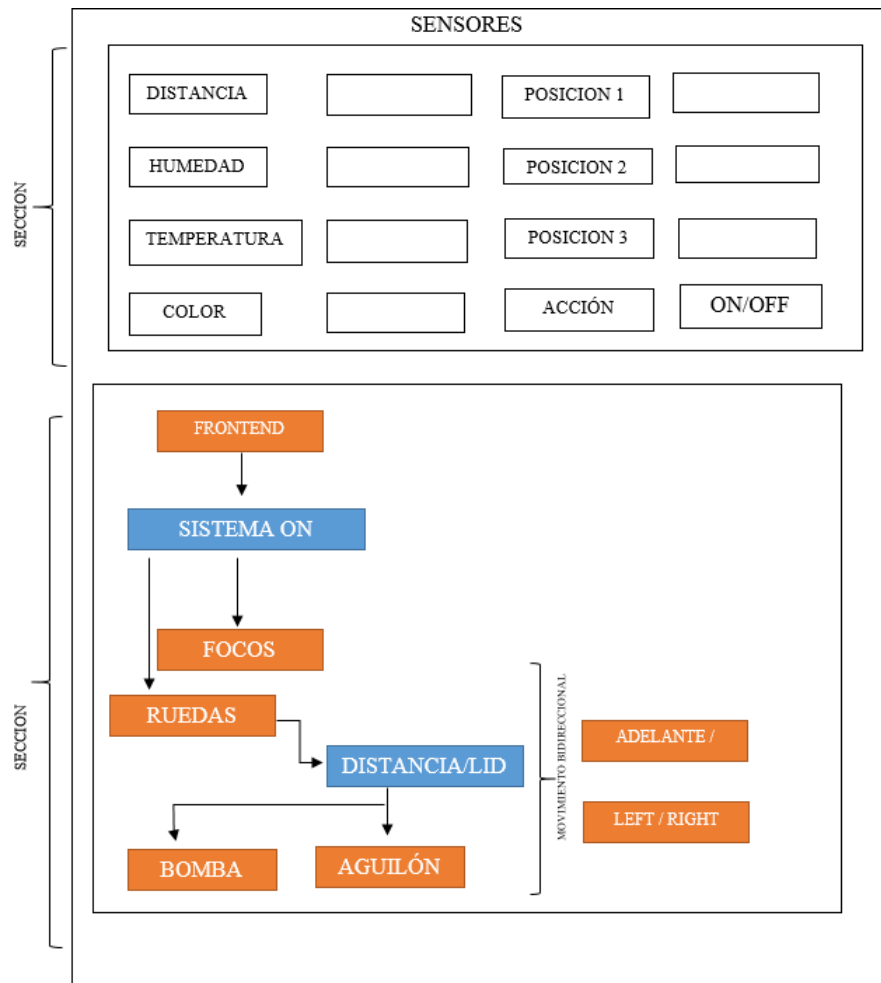


Figura 5. Interfaz Robot.

Elaborado por: Javier Ulpo

Componentes Circuito electrónico.

El circuito electrónico para el robot tiene los siguientes componentes: batería lipo 2200mah 3s 11.1v, motores DC, driver L298N, bomba 6v, sensor de distancia VL53L0X, sensor de temperatura y humedad relativa DHT22, servomotor, regulador de voltaje 7805, ESP32, MOSFET IRF520N.

Placa ESP32

La placa esp32 de código abierto permite la elaboración de aplicaciones IoT, es una placa de bajo costo y bajo consumo de energía, su principal característica que cuenta con conexión wifi y bluetooth, además tiene una memoria de programa de 4 MiB, como se muestra en la figura 6 la placa ESP32.



Figura 6. Esp32 junto a Esp32 Cam

Fuente: La web

Tabla 10. Especificaciones Técnicas ESP32

Especificaciones Técnicas ESP32	
Voltaje de Operación	3V mínimo máximo 5V DC
Voltaje de salida	3.3 voltios DC
Modo de operación	Programación
Procesador	32bits
ID de asignación permitidos	Arduino
Wifi	2.4 GHZ
Bluetooth	V4.2
Memoria	448kbyte Rom
SDRAM	520KByte

Elaborado por: Javier Ulpo

Batería lipo

La Batería LiPo 11.1v es una pila de polímero de litio con una capacidad de 11.1V constituida por 3 celdas y con una capacidad de 2200mAh con conectores es útil para fuente de poder para distintos tipos de robots, drones y proyectos donde requieran ahorro de espacio. También suelen llamarse lipos, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Batería Lipo

Fuente: La web

Motores DC

Los Motorreductor de 281 rpm/min 3v-9v permiten tener un torque de 0.5kg en un pequeño tamaño tienen un mecanismo que regulan las velocidades y es ideal para trabajos electrónicos que incluya un torque mayor a lo ideal habitual, la rueda de goma posee una excelente tracción y agarre en la figura 8 se muestra su representación con su rueda.



Figura 8. Motor y rueda

Fuente: La web

La tabla 11 muestra las especificaciones básicas de uso de los motores

Tabla 11. Especificaciones Técnicas Motores

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Operación	3v mínimo máximo 12v DC
Torque	0.5 kg
Torque detenido	1.7 kg-cm
Corriente máxima	1.3 A

Elaborado por: Javier Ulpo

VL530X Sensor de Distancia

VL53L0X es un sensor de distancia infrarrojo de última generación, que podemos emplear para varios trabajos de electrónica junto con un procesador como Arduino o la misma ESP32, mide distancias de 5 cm hasta 2 metros con un rango de error del 0.8. El VL53L0X es capaz de operar incluso cuando esté sometido a mucha luz, se representa como se muestra la figura 9.



Figura 9. Sensor de distancia VL53L0X

Fuente: La web

La tabla 12 muestra los valores generales de uso del sensor VL53L0X

Tabla 12. Especificaciones Técnicas VL53L0X

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Operación	3V a 5V
Rango de Distancia	50 A 1200 mm
Laser	Clase 1 IEC 60825
Dirección I2C	Programable

Elaborado por: Javier Ulpo

Mini Bomba de Agua Sumergible

La mini bomba de agua sumergible para Arduino nos permitirá tener un caudal de agua para la fumigación, estas bombas usan un motor eléctrico, su característica o potencia es para controlar un equipo de bombeo mediante un procesador para ello usaremos la ESP32 y un mosfet como el IRF520N, se representa como se muestra la figura 10.



Figura 10. Sensor magnético.

Fuente: La web

La tabla 13 muestra los valores generales de uso de la bomba

Tabla 13. Especificaciones Técnicas bomba

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Operación	5.5 a 12V

Corriente	350 mA
Caudal	200l/h
Potencia	4.8 W
Altura	46cm -150cm
Diámetro exterior de salida de agua	8mm
Dimensiones	36mm * 25mm

Elaborado por: Javier Ulpo

Sensor de Temperatura y Humedad relativa DHT22

Es un sensor digital donde no depende de dos sensores sino de unos solo, está montado en una placa de pbc y es bajo costo. Para su conexión se usa tres pines el uno va a 5v y el otro a tierra el ultimo pin es señal digital que va directamente a la ESP32, el rango de medición de la temperatura es de -40°C a 80 °C, se representa en la figura 11.

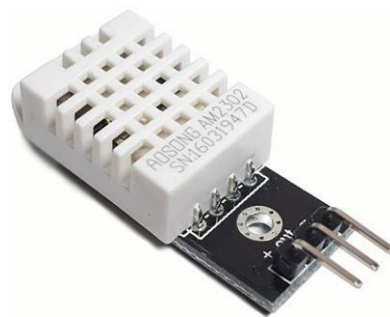


Figura 11.Sensor de T y H DHT22.

Fuente: La web

La tabla 14 muestra los valores generales de uso del DTH22

Tabla 14. Especificaciones Técnicas DTH22

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Operación	3V a 6V

Rango	-40°C a 80 °C
Precisión de medición de temperatura	<±0.5 °C
Tiempo censado	2S

Elaborado por: Javier Ulpo

Servomotor

Estos motores permiten mantener una posición y controlar la velocidad de giro, trabajan con una señal PWM, y permite tener un giro de 180° trabaja entre 1 milisegundo y 2 milisegundos y con un periodo de 10 segundos (50 Hz), la conexión de este servo es sencillo un pin a VCC y otro a GND y el tercero a un pin de salida de la ESP32, se representa como se muestra la figura 12.



Figura 12.Servomotor

Fuente: La web

Regulador de Voltaje LM2596

Es un dispositivo que nos permite modificar la señal de tensión basado en el regulador LM2596. Puede suministrar una tensión ajustable entre 1,25v y 30v DC a partir de una tensión de entrada superior, comprendida entre 4,5v y 35v DC, además soporta tensiones de hasta 3ª, como se muestra en la figura 13.



Figura 13.Regulador de voltaje LM2596

Fuente: La web

Driver Motor L298N

Este dispositivo electrónico driver controlador L298N brinda la capacidad de controlar dos motores de corriente, tiene todos los componentes necesarios para funcionar en cualquier tipo de proyectos electrónicos con un rango de voltaje de 5v hasta los 35 v, se muestra en la figura 14.

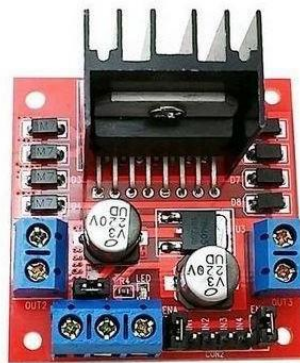


Figura 14.Driver de motor L298N

Fuente: La web

La tabla 15 muestra los valores generales de uso del L298N

Tabla 15. Especificaciones Técnicas L298N

Especificaciones Técnicas	
Voltaje lógico	5V
Canales	4
Voltaje de Potencia	5V-35V DC
Potencia máxima	25w

Elaborado por: Javier Ulpo

Mosfet IRF250N

Este es un transistor MOSFET que podemos emplear para alimentar cargas a tensión e intensidad superiores a las normales que usamos en Arduino, además que permite tener un pin de señal, esta placa trae incluido resistencias que permite tener una tensión de alimentación de 24V y una intensidad máxima de 4^a, como se muestra su diagrama en la figura 15 y 16.

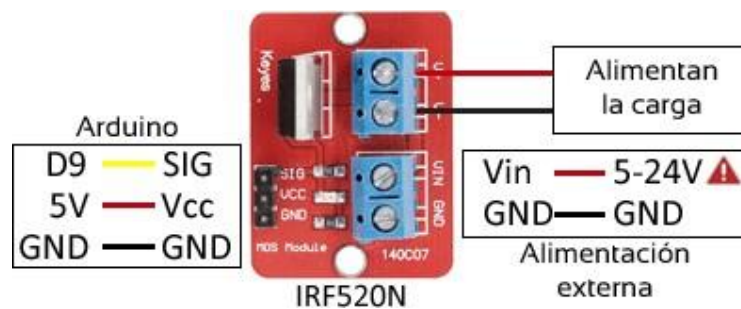


Figura 15.Esquema de montaje

Fuente: La web



Figura 16. Mosfet IRF250N

Fuente: La web

Diseño en SketchUp 3D

En SketchUp se diseñó el modelo del robot en tres dimensiones basado en caras, en este programa se logró visualizar de una manera completa el robot y dimensionar las piezas necesarias para la estructura mecánica además de sus acotaciones, como se muestra en la figura 17 acompañado de su estructura completa como se muestra en la figura 18.

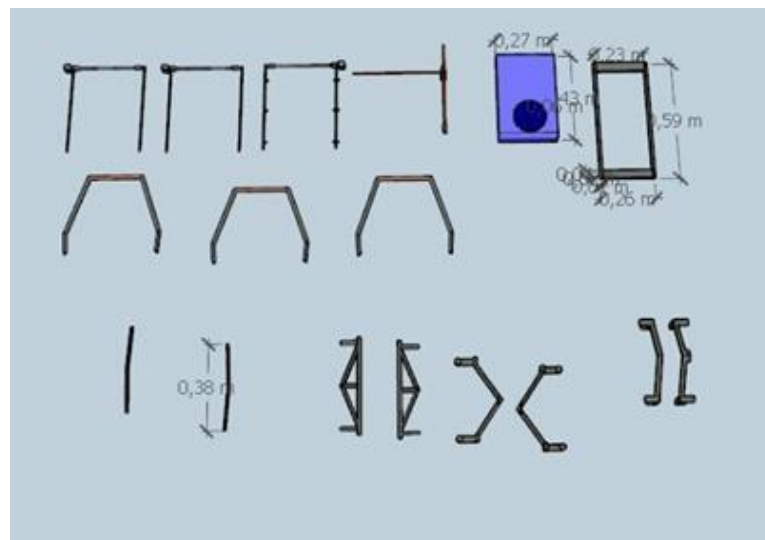


Figura 17. Partes a soldar medidas

Elaborado por: Javier Ulpo

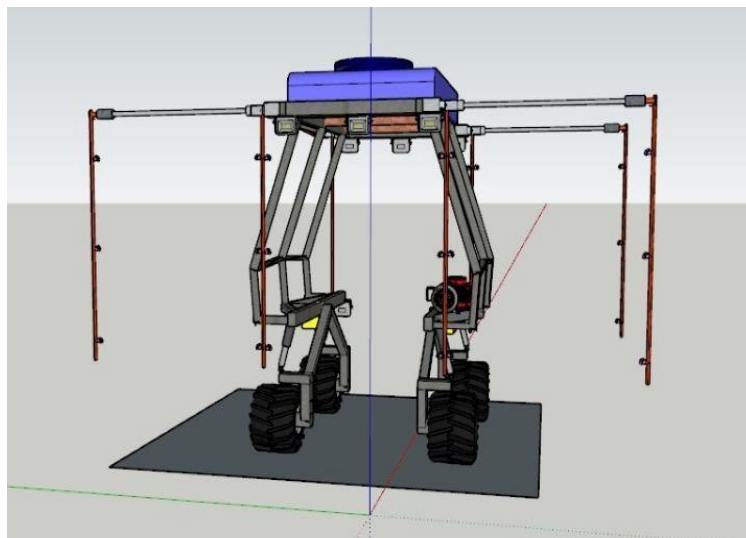


Figura 18. Diseño en SketchUp robot completo

Elaborador por: Javier Ulpo

Diseño estructura mecánica del robot

El robot consta de varias partes de acero con las medidas que se va a realizar el robot a escala, este diseño permitirá armar el diseño propuesto por el gerente de la empresa este diseño permite tener todos sus componentes en su sitio ya que se usará en terrenos con desnivel, cuando se realicen las pruebas este no presente ningún tipo de desperfecto, como se muestra en la figura 19 y 20.



Figura 19.Estructura mecánica Chasis

Elaborado por: Javier Ulpo

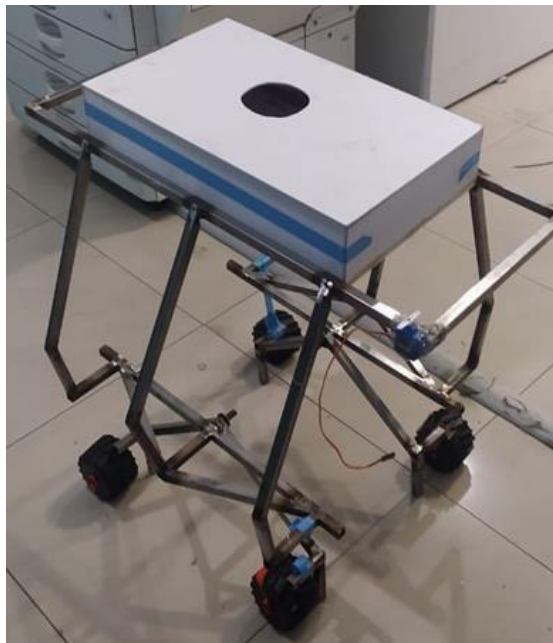


Figura 20.Estructura Robot

Elaborado por: Javier Ulpo

FASE III: CODIFICACIÓN

En esta fase de codificación tenemos varios pasos que cumplir, la codificación se realiza en arduino IDE con la tarjeta ESP32. Los primeros parámetros a realizar es la codificación de los motores que permitirán la movilización del robot, inicializaremos variables enteras declaradas en los pines de la esp32 y conectado con los drivers L298N como se muestra en la figura 21

```
// Declaracion de pines motores
int motor1A = 12;
int motor1B = 13;
int motor2C = 27;
int motor2D = 14;
int distancia = 300;
int pos = 32;
```

Figura 21.Código de asignación de pines para los motores

Elaborado por: Javier Ulpo

Se codifico los giros del robot en diferentes sentidos haciendo la codificación optimizada y fácil para entender para cualquier programador como se muestra en la figura 22.

```
//MOTOR MOVIMINETO CODIGO
void mover(int tipo) {
  if (tipo == 0) { //detener
    analogWrite (motor1B, 0);
    analogWrite (motor1A, 0);
    analogWrite (motor2D, 0);
    analogWrite (motor2C, 0);
  }
  if (tipo == 1) { //adelante
    analogWrite (motor1B, 120);
    digitalWrite (motor1A, LOW);
    analogWrite (motor2D, 120);
    digitalWrite (motor2C, LOW);
  }
  if (tipo == 2) { //atras
    analogWrite (motor1A, 120);
    digitalWrite (motor1B, LOW);
    analogWrite (motor2C, 120);
    digitalWrite (motor2D, LOW);
  }
}
```

Figura 22.Código de giros

Elaborado por: Javier Ulpo

A continuación, se muestra la conexión de los motores con los drivers ya conectados y la función mover creada para los motores esto permitirá llamar a cada instrucción para que el robot realice los giros necesarios que debe hacer en el recorrido de la finca, como se muestra en la figura 23.



Figura 23.Código de la función mover

Elaborado por: Javier Ulpo

Funcionamiento de la bomba sumergible

En nuestro proyecto empleamos una bomba de agua para montar un sistema de fumigación automático el cual tiene la función de activarse cuando el robot se encienda, así empezara con el control fitosanitario, El código empleado es optimizado para el funcionamiento, para controlar la bomba de agua únicamente necesitamos emplear una salida digital al pin 32 de la ESP32, como se muestra en la figura 24.

```

void Robot()
{
    digitalWrite(bomba, HIGH);
    mover(sequencia[ordenR-1]);
    if (millis()-_time>times[ordenR-1])
        {ordenR = ordenR+1;_time=millis();}
    if (ordenR==(sizeof(sequencia)/sizeof(int))-1)
        {digitalWrite(bomba, LOW);
        ordenR=0;
        mover(0);
        }
    delay(10);
}

```

Figura 24.Código de la función de la bomba

Elaborado por: Javier Ulpo

Funcionamiento de servomotores y sensor

En ese paso se realiza la programación para el control del servo y del sensor de distancia, se realizó una función llamada servo en Arduino, se utilizó la librería servo.h que incluye Arduino, el servo permite que el alerón de la fumigación se oculte durante un obstáculo cuando el sensor lo detecte el alerón se pone a una posición de 0 grados, el código se muestra en la figura 25 y el diagrama en la figura 26.

```

void servo () {
  VL53L0X_RangingMeasurementData_t measure;

  Serial.print("Leyendo sensor... ");
  lox.rangingTest(&measure, false); // si se pasa true c

  if (measure.RangeStatus != 4)
  {
    Serial.print("Distancia (mm): ");
    Serial.println(measure.RangeMilliMeter);
  }

  if (measure.RangeMilliMeter >= distancia) {
    // digitalWrite(led2, LOW);
    myservo.write(90);
  }
  if (measure.RangeMilliMeter <= distancia) {
    // digitalWrite(led2, HIGH);
    myservo.write(0);
  }
  else

```

Figura 25.Código del servo y sensor en Arduino

Elaborado por: Javier Ulpo

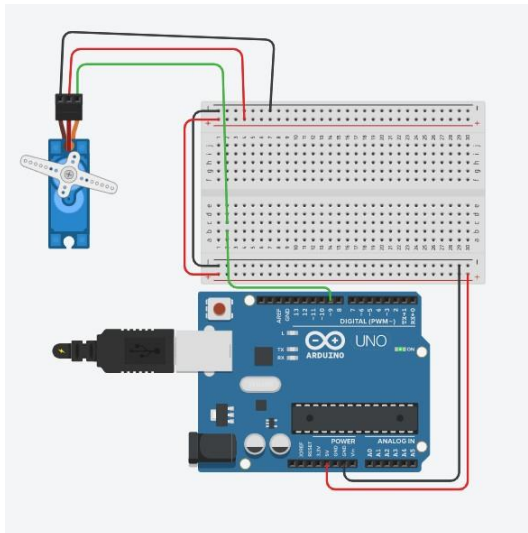


Figura 26.Diagrama de conexión de los servos

Fuente: La web

Funcionamiento de Sensores T-H

Para la lectura de los datos de humedad y temperatura colocamos el sensor DHT22 este nos permite tener un rango de medición de temperatura de -40°C a 80°C y un rango de humedad de 0 a 100%, La conexión del sensor es sencillo, simplemente lo alimentamos desde Arduino a través de los pines de 5v y GND, el código se muestra en la figura 27.

```
#include "DHT.h"
#define DHTTYPE DHT22
const int DHTPin = 5; // pin digital conectado
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("DHTxx test!");

  dht.begin();
}

void loop() {
  //Espere unos segundos entre mediciones.
  delay(2000);

  // Leer la temperatura o la humedad toma alrededor de 250 milisegundos
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();

  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  }

  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperature: ");
```

Figura 27.Código del sensor DHT22

Elaborado por: Javier Ulpo

Para conexión del sensor de humedad y temperatura DHT22 Usaremos la librería de adafruit, la encontramos en las librerías de arduino, con esta librería podemos realizar fácilmente la lectura de ambos sensores y no preocuparnos por el protocolo de comunicación entre Arduino y los sensores, como se muestra en la figura 28.



Figura 28.Diagrama de conexión del sensor DHT22

Fuente: La web

A continuación, se realiza la definición de los SSID y el PASSWORD que admitirán que se conecte nuestro controlador a la red y por ende tenga acceso a internet y a la nube que utilizaremos para hacer las peticiones de fumigaciones como se muestra en la figura 29.

```
|  
char nombrered[] = "EXTREME-JAVISCRIP"; // nombre de la red wifi  
char clave[] = "axda2021ja"; // contraseña  
const char* host = "192.168.0.115"; // ip del servidor
```

Figura 29.Definición de Ssid, Password y variables

Elaborado por: Javier Ulpo

Cuando ya está inicializado la primera ejecución que debe hacer la placa, lo segundo es realizar la conexión a la red Wifi local y al servidor que está alojado en la nube lo hacemos mediante MySQL, como se muestra en la figura 30.

```

void mysql() {
// coneccion al servidor
  WiFiClient client;
  const int httpPort = 80;
  if (!client.connect(host, httpPort)) {
    Serial.println("coneccion field");
    return;
  }

  client.print(String ("GET http://localhost:8080/robot/s2.php?" +
    "HTTP/1.1\r\n" +
    "Host: " + host + "\r\n" +
    "connection: close\r\n\r\n");
  unsigned long timeout2 = millis();

  while (client.available() == 0) {
    if (millis () - timeout2 > 10000) {
      Serial.println(">>>Client Timeout !");
      client.stop();
      return;
    }
  }
}

```

Figura 30.Conexión de ESP32 a la red Wifi

Elaborado por: Javier Ulpo

FASE IV: PRUEBAS

Pruebas de Unidad

En la fase de pruebas se realizó la prueba de unidad donde se verificó todos los componentes electrónicos instalados en el robot, uno a uno comprobando su funcionamiento, como el de los motores si estos cumplen con los requerimientos que se plantea a en el proyecto, los sensores si estos envían datos correctos alas app, y el funcionamiento de las bombas esto se realizó en el IDE de Arduino (Anexo 6).

Pruebas de Integración

En esta prueba de integración se realiza todas las conexiones electrónicas que el robot tiene, basándose en los diagramas electrónicos de cada uno, con esto se construyó el circuito electrónico del robot, el mismo que se realizó con el cable

UTP y conectado a una placa ESP32 alimentado de una batería de 7 voltios como lo muestra en el (Anexo 7)

Pruebas de Validación

La prueba de validación se dio ya terminada la fase de integración con su circuito electrónico establecido y todos sus componentes ensamblados en el robot respectivamente. Se comprueba las conexiones de los sensores a la placa ESP32 y los movimientos de los motores, se hace la prueba respectiva en un área acorde al tamaño del robot y con una conectividad adecuada de internet para que él envíe del dato a las aplicaciones sean correctos (Anexo 11).

Puesta En Marcha

En esta parte se explica cómo se llevó la puesta en marcha del robot a escala y las partes de la programación, con la ayuda y el soporte del técnico de fumigación de la Corp. Cosecha, se realizó el alza de información más importante para que el robot pueda hacer el proceso de control fitosanitario, y sobre todo que las limitaciones que se tuvo y las restricciones que se presentó al momento de desarrollar el proyecto estén concertadas. El primer paso a realizar antes del montaje del robot, era saber con exactitud cuál era el peso exacto que el robot iba a soportar así tener claro que motores podrán soportar el peso, datos que el robot exige para optimizar al máximo su funcionamiento, en la figura 31 se muestra como el robot se ensamblado en su totalidad.

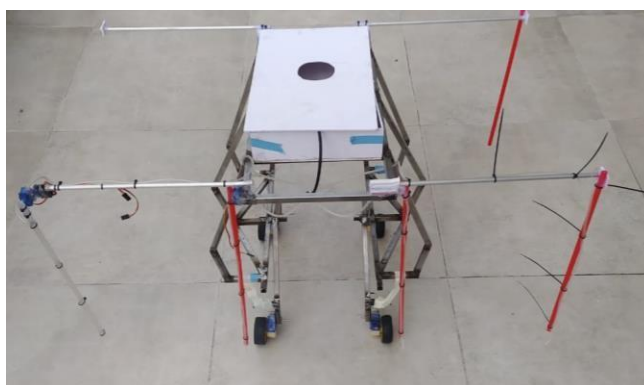


Figura 31.Robot Agrícola ensamblado

Elaborado por: Javier Ulpo

TEST DE ACEPTACIÓN

El test de aceptación del producto se lo hizo al Ing. Roberto Cevallos Gerente de la Corp. Cosecha para demostrar si el producto es viable, ver si cumple con las necesidades de la empresa, ya sobre todo lo que se planteó en la propuesta a desarrollar, con esto ver si su éxito en el mercado puede ser aceptado.

Para la toma de los datos el ingeniero indique un porcentaje de 0 % al 100% según el funcionamiento de todo el robot puesto en marcha y realizado las pruebas de unidad de cada componente. Con estas preguntas se llega a un porcentaje total lo que nos indicara el resultado funcional del robot.

Tabla 16. Test de aceptación

Preguntas	Porcentaje
¿Piensa usted que los movimientos y la programación de los motores esta sistematizada?	70%
¿La lectura de sensor cumple con lo establecido en la propuesta inicial del proyecto?	80 %
¿Piensa que la activación de la bomba cumplirá con la fumigación necesaria?	90%
¿En un porcentaje para la fumigación cuanto cree que abastecerá el tanque al fumigar?	80%
¿La activación de todo el sistema que porcentaje tiene?	90 %
¿En la conexión a la nube que porcentaje tiene?	100 %
¿Carga de sus baterías?	80%
Total	84.29%

Elaborado por: Javier Ulpo

CAPACITACIÓN

Plan de capacitación del uso del Robot Agrícola

Objetivos

- Realizar capacitaciones a los operarios de fumigación para que conozcan las funcionalidades que tiene el Robot.
- Responder preguntas frecuentes que se presenta luego de finalizar el proyecto.

Tiempos

Las capacitaciones se ejecutarán de acuerdo con el recurso de tiempo que puedan brindar los implicados en el proyecto, y con el consentimiento de todos. Estas capacitaciones no tardarán más de 1 semana para que los operarios estén 100 por ciento capacitados de manera correcta en el funcionamiento y su uso.

Involucrados y Responsables

Las personas que están involucradas en este proyecto serán los operarios de la fumigación quienes podrán utilizar el robot como una herramienta de trabajo permitiéndoles optimizar tiempo en sus labores de fumigación. Además de ello los operarios podrán interactuar con el programador para despejar sus dudas con lo establecido y su uso.

Para la realización de esta capacitación deben estar presentes las personas involucradas en el proyecto de titulación abordando el campo de cada uno de ellos, la primera persona estará a cargo de mostrar todo lo relacionado con el control fitosanitario que se realiza en las fincas de arándanos de la empresa, el segundo a cargo de las capacitaciones será el encargado de explicar el funcionamiento en software y su comportamiento, así como también como se realizará la toma de datos y la manipulación del robot a través de la aplicación móvil que será la controladora de esta.

PLAN DE MANTENIMIENTO

Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Robot

En la tabla 15, se presenta una tabla que permitirá llevar el control de un plan de mantenimiento para el correcto funcionamiento del robot donde observaremos daños o imperfecciones ocasionadas por el uso común, y así evitar cualquier inconveniente al momento que nuevamente se ponga en marcha el robot y sus componentes electrónicos.

Tabla 17. Plan de mantenimiento preventivo.

Mantenimiento Preventivo		
Fases de Mantenimiento	Acciones por realizar durante la Fase	Observaciones que tomar en cuenta
Primer Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de correcto funcionamiento de todos los sensores y demás componentes• Revisión de la carga correcta de las baterías de alimentación del circuito• Reabastecimiento de carga en fuentes de alimentación que requieran	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de que todas las partes del robot estén en su posición habitual y si un caso no estuvieren avisar al programador.• Reajustar tornillos de ser necesarios en inspección del robot
Segundo Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• Recarga de fuentes de alimentación para que su voltaje sea el correcto• Revisión de vida útil de cada sensor y sus baterías• Limpieza exterior para evitar que se deterioren sus componentes	<ul style="list-style-type: none">• Tener en cuenta que tiempo de duración tiene las baterías para que estas no lleguen a descargarse por completo

Elaborado por: Javier Ulpo

A partir de la tercera revisión se dará prioridad al reajuste de los motores y funcionamiento correcto tanto en software como hardware del robot. Esto se va a realizar para tener una mejora en su optimización del robot y además nos permite dar el mantenimiento necesario.

RESULTADOS ESPERADOS

Cumplido el desarrollo de esta propuesta se espera que los usuarios del presente proyecto puedan desarrollar e impulsar habilidades que les permitan ser más investigativos y busquen nuevas tendencias en la tecnología.

Como resultado de la fase de planificación se priorizó las historias del usuario y se realizó reuniones con los operarios de la Corp. Cosecha para tener una información adecuada para el inicio del proyecto, así mismo en la fase de diseño se ensambló un robot a escala que permite tener todas las funcionalidades que el usuario requería, la fase de programación se obtiene un código universal el cual será fácil entender y ser modificado para cualquier programador.

Como resultado final se presenta un Robot funcional con todos sus aspectos que se indicó a desarrollar en la propuesta, con los movimientos de los motores la programación de sus trayectorias, el censado de los sensores, medir su distancia al obstáculo, la activación de la bomba, así mismo se pudo enviar datos al servidor en la nube y hacer peticiones para que este se activara a la hora establecida por parte del operario para la fumigación.

La ingeniería está en el ensamble de cada componente del robot y los circuitos electrónicos se hizo con la base de electrónica recibida durante toda la carrera. Esta propuesta esta aplicada para que la empresa Corp. Cosecha implemente estas nuevas tecnologías en sus fincas e impulse para el desarrollo de las mismas.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se analizó la información presentada por la Corp. Cosecha con todos los procedimientos que realizan para el control fitosanitario, y así conocer las necesidades que se desea cubrir con el desarrollo de este proyecto, mediante 10 reuniones virtuales con el Gerente de la empresa y Operarios de fumigación se cubrió los vacíos de información que había.
- Se diseñó una arquitectura de programación basada en los requerimientos del sistema y de la empresa, así mismo se realizó un diseño para la estructura correcta del robot, se diseñó un circuito electrónico adecuado para la conexión de sus componentes todo esto se lo hizo con una en una tarjeta ESP32.
- Se realizó las pruebas de unidad verificando el funcionamiento de cada uno de sus componentes, y teniendo la necesidad de colocar un batería más potente para una duración de 2 horas de fumigación para un correcto funcionamiento.
- Se hizo pruebas de validaciones del código verificando que se realice los movimientos y tiempos establecidos que debe tener un control fitosanitario apropiado para las plantaciones.
- Para finalizar se concluye con un prototipo a escala con el 85 % de aceptación por parte de la Corp. Cosecha el cual realiza el trabajo de fumigación mediante una bomba y aspersores colocados en los aguilonos de su estructura; cumple con las medidas y diseño propuestos, el tiempo de trabajo se reduce considerablemente.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar la toma de información de manera presencial, por temas de pandemia se tuvo que realizar de manera virtual en donde hubo ciertos problemas de entendimiento por parte de los implicados en el desarrollo del proyecto por lo que es más factible realizar de manera presencial.
- Se debe aplicar un mantenimiento sistematizado a la programación para adaptar más utilidades al robot y también escoger una programación más normalizada para sus acciones que realiza el robot.
- Se debe tener precaución en la manipulación de componentes y conexiones, las fuentes de alimentación deben tener un correcto voltaje establecido para su funcionalidad a todo el circuito
- Se necesita una conexión a internet muy estable, sin mucha concurrencia para que la conexión con la tarjeta sea óptima y pueda tomar todos los datos de los sensores y su uso sea óptimo y eficiente.
- Se recomienda usar herramientas que estén relacionadas con el diseño y desarrollo de circuitos electrónicos en la manipulación de sensores ya que existen varias que no tienen las prestaciones necesarias y no permiten implementar procesos de manera correcta.
- Se recomienda la creación de una placa de circuito impreso para que este soporte los componentes electrónicos y eléctricos y se una manera más adecuada de hacer las conexiones requeridas.
- Se recomienda realizar varias pruebas de funcionamiento del robot porque para cada uno de sus componentes y así evitar problemas al momento de su ejecución final.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SN, «Robots en el campo,» syngenta, 12 ENERO 2018. [En línea]. Available: <https://www.syngenta.com.ec/news/noticias/robots-en-el-campo>. [Último acceso: 16 FEBRERO 2022].
- [2] «Virtual pro,» 10 OCTUBRE 2019. [En línea]. Available: <https://www.virtualpro.co/noticias/los-avances-de-la-tecnologia-robotica-en-la-agricultura>. [Último acceso: 16 02 2022].
- [3] A. Funnell, «Agricultura robótica,» ABC, 26 NOVIEMBRE 2015. [En línea]. Available: <https://www.abc.net.au/radionational/programs/futuretense/a-swarm-of-agbots/6968940>. [Último acceso: 16 FEBRERO 2022].
- [4] Graciela, «El Robot Que Cosecha Tomates Maduros,» Camara de agricultura zona. [En línea]. [Último acceso: 16 febrero 2022].
- [5] E. comercio, «Agricultura computacional llega al Ecuador,» *El comercio*, p. 1, 18 junio 2021.
- [6] C. A. Alomoto Ortiz y S. V. Jiménez Guamán , «Diseño y construcción de un prototipo de robot móvil controlado con tecnología Raspeberry PI para la inspección y fumigación focalizada de cultivos de haba,» 2015.
- [7] I. A. León Vásquez, «Diseño e implementación de un Robot Móvil Autónomo y Teleoperado para labores agrícolas. Fase 1: fumigación para plantaciones de rosas,» 2013.
- [8] J. J. C. Poma, «Diseño de un robot móvil de servicio para aplicaciones,» 2020.
- [9] M. O. Viridiana Cruz, «PROTOTIPO DE ROBOT MÓVIL TERRESTRE DE FUMIGACIÓN AUTOMÁTICA PARA HORTALIZAS,» 2015.
- [10] L. Z. Torres Vargas, «Introducción a la robótica,» *El Libro*, 2012.
- [11] A. O. Baturone, *Robotica Manipuladores y robots moviles*, Barcelona: Marcombo, 2001.
- [12] J. V. Rebaza, «Robotica agricola,» 29 diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://jc-info.blogspot.com/2009/12/robotica-agricola.html>.

- [13] R. R. d. I. F. F. y. V. F.-P. A. S. Fernández Rodríguez, «Robótica educativa,» *El libro*, 2015.
- [14] I. Á. CARO, «INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA. ADÉNTRATE EN ROBÓTICA CON VEX IQ Y VEX EDR,» 2017.
- [15] G. M. Smith, «DEWEsoft,» 2018. [En línea]. Available: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#what-do-sensors-do>. [Último acceso: 16 febrero 2022].
- [16] S. Kumar Saha, «Introducción a la robótica,» *El Libro*, 2011.
- [17] S. y. M. M. A. Córcoles Córcoles, «Arduino: curso práctico,» *El Libro*, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Código Arduino

```
//Constants

#include<WiFi.h>

#include <NTPClient.h>

#include <WiFiUdp.h>

#include <Arduino.h>

#include <Wire.h>

#include <ESP32Servo.h>

#include <Thread.h>

#include <analogWrite.h>

#include <Adafruit_VL53L0X.h>

Adafruit_VL53L0X lox = Adafruit_VL53L0X();

Thread Hilo = Thread();

Thread Hilo1 = Thread();

Thread Hilo2 = Thread();

Thread Hilo3 = Thread();

//servos

Servo myservo;

int distancia = 600;

//leds

int led = 2;

int led2 = 14;

int pos = 33, ordenR=0;

int times[]={4000,3000,4000,3000,1500,3000,2000,3000,1500,3000,4000,

            3000,4000,3000,1500,3000,2000,3000,1500};
```

```

int secuencia[]={1,0,2,0,3,0,1,0,4,0,1,0,2,0,3,0,1,0,4,0};

//tiempo de millis

unsigned long _time;

//pin bomba

const int bomba =32;

int chk;

float hum; //Stores humidity value

float temp; //Stores temperature value

//char nombred[] = "docentes";

//char clave[] = "do2012asd*";

//const char* host = "172.18.17.79";

//internet

char nombred[]="John";

char clave[]="john1224";

const char* host="192.168.150.182";

String codigo;

// Declaracion de pines motores

int motor1A = 12;

int motor1B = 13;

int motor2C = 27;

int motor2D = 14;

WiFiUDP ntpUDP;

NTPClient timeClient(ntpUDP);

//hora de la esp32

String formattedDate;

```

```

String dayStamp;

String timeStamp;

int currentHour = timeClient.getHours();

int currentMin = timeClient.getMinutes();

void setup() {

  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600);

  pinMode(led, OUTPUT);

  pinMode(led2, OUTPUT);

  pinMode (motor1A, OUTPUT); // salida conectada al pin 12
  pinMode (motor1B, OUTPUT); // salida conectada al pin 13
  pinMode (motor2C, OUTPUT); // salida conectada al pin 14
  pinMode (motor2D, OUTPUT); // salida conectada al pin 27
  pinMode(bomba, OUTPUT); // salida bomba

  myservo.attach(33); // servo pin
  conectar(); // conectar

  timeClient.begin();

  // GMT +1 = 3600

  // GMT +8 = 28800

  // GMT -1 = -3600

  // GMT 0 = 0

  timeClient.setTimeOffset(-18000);

  Serial.println("VL53L0X test");

  if (!lox.begin()) {

    Serial.println(F("Error al iniciar VL53L0X"));
  }
}

```

```

    while (1);
}
//hilos
Hilo1.onRun(servo);
Hilo1.setInterval(100);
Hilo2.onRun(mysql);
Hilo2.setInterval(100);
}
void loop() {
    if (Hilo1.shouldRun())
        Hilo1.run();

    delay(10);
    if (Hilo2.shouldRun())
        Hilo2.run();

    delay(10);
}
void mysql() {

    WiFiClient client;
    const int httpPort = 80;
    if (!client.connect(host, httpPort)) {
        Serial.println("conection field");
        return;
    }
}

```

```

client.print(String ("GET http://localhost/robot/h2.php?")+
"HTTP/1.1\r\n"+
"Host: "+host+"\r\n"+
"connection: close\r\n\r\n");
unsigned long timeout2 = millis();

while (client.available() == 0) {
  if (millis () - timeout2 > 10000) {
    Serial.println(">>>Client Timeout !");
    client.stop();
    return;
  }
}

while (!timeClient.update()) {
  timeClient.forceUpdate();
}

while (client.available()) {

  String line7 = client.readStringUntil('\n');
  int splitT = formattedDate.indexOf("T");
  formattedDate = timeClient.getFormattedTime();
  currentHour = timeClient.getHours();
  currentMin = timeClient.getMinutes();
}

```

```

String hora = String(currentHour) + ":" + String(currentMin);
timeStamp = formattedDate.substring(splitT + 1, formattedDate.length() - 3);
delay(850);
Serial.println(timeStamp);
//codicion para las fuciones del robot
if (line7 == timeStamp && ordenR==0) {
  Serial.println("INICIA FUMIGACIÓN");
  _time=millis();
  ordenR = 1;
}

if (ordenR>0)
{
  Robot();
}
}
}

//codigo servo y sensor
void servo () {
  VL53L0X_RangingMeasurementData_t measure;

  Serial.print("Leyendo sensor... ");

  lox.rangingTest(&measure, false); // si se pasa true como parámetro, muestra por
puerto serie datos de debug

```

```

if (measure.RangeStatus != 4)
{
    Serial.print("Distancia (mm): ");
    Serial.println(measure.RangeMilliMeter);
}

if (measure.RangeMilliMeter >= distancia) {
    // digitalWrite(led2, LOW);
    myservo.write(90);
}
if (measure.RangeMilliMeter <= distancia) {
    // digitalWrite(led2, HIGH);
    myservo.write(0);
}
else
{
    Serial.println(" Fuera de rango ");
}
delay(10);
}

//MOTOR MOVIMINETO CODIGO
void mover(int tipo) {
    if (tipo == 0) { //detener
        analogWrite (motor1B, 0);
        analogWrite (motor1A, 0);
        analogWrite (motor2D, 0);
    }
}

```

```

    analogWrite (motor2C, 0);
}
if (tipo == 1) { //adelante
    analogWrite (motor1B, 120);
    digitalWrite (motor1A, LOW);
    analogWrite (motor2D, 120);
    digitalWrite (motor2C, LOW);
}
if (tipo == 2) { //atras
    analogWrite (motor1A, 120);
    digitalWrite (motor1B, LOW);
    analogWrite (motor2C, 120);
    digitalWrite (motor2D, LOW);
}
if (tipo == 3) { //GIRO iz
    digitalWrite (motor1A, HIGH);
    digitalWrite (motor1B, LOW);
    digitalWrite (motor2D, HIGH);
    digitalWrite (motor2C, LOW);
}
if (tipo == 4) { //GIRO DER
    digitalWrite (motor1B, HIGH);
    digitalWrite (motor1A, LOW);
    digitalWrite (motor2C, HIGH);
    digitalWrite (motor2D, LOW);
}

```

```

}

void Robot()
{
    digitalWrite(bomba, HIGH);
    mover(secuencia[ordenR-1]);
    if (millis()-_time>times[ordenR-1])
        {ordenR = ordenR+1;_time=millis();}
    if (ordenR==((sizeof(secuencia)/sizeof(int))-1))
        {digitalWrite(bomba, LOW);
        ordenR=0;
        mover(0);
        }
    delay(10);
}

void conectar() {
    WiFi.begin(nombred, clave);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print(".");
        delay(20);
    }
    Serial.println("conectado");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

Anexo 2. Maqueta inicial



Anexo 3. Cortes del robot en acero y medidas



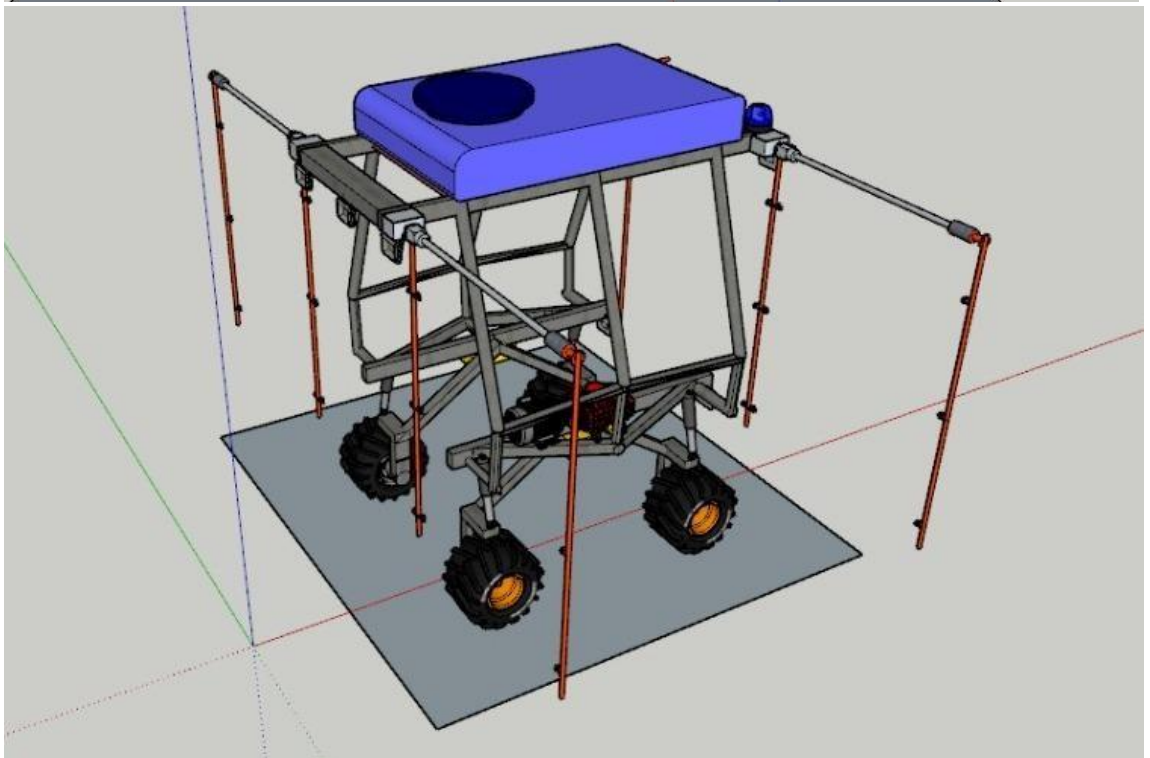
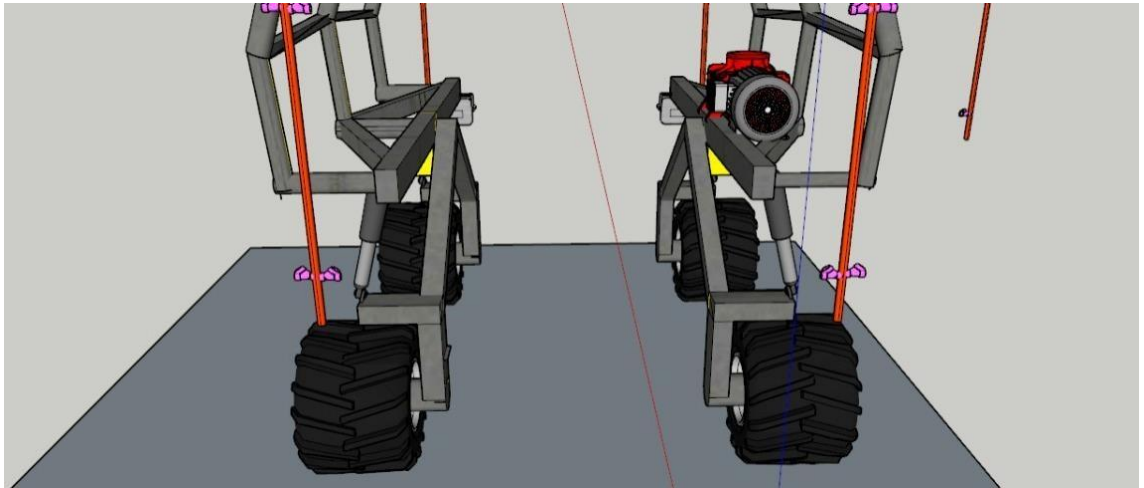
Anexo 4. Soldada de las partes del robot



Anexo 5. Simulación del robot

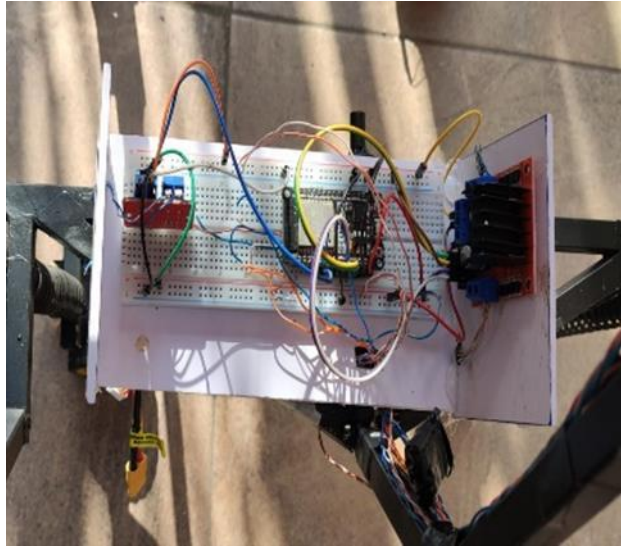






Anexo 6. Conexión a la ESP32 de drivers y sensores

Se hace las respectivas conexiones a la placa



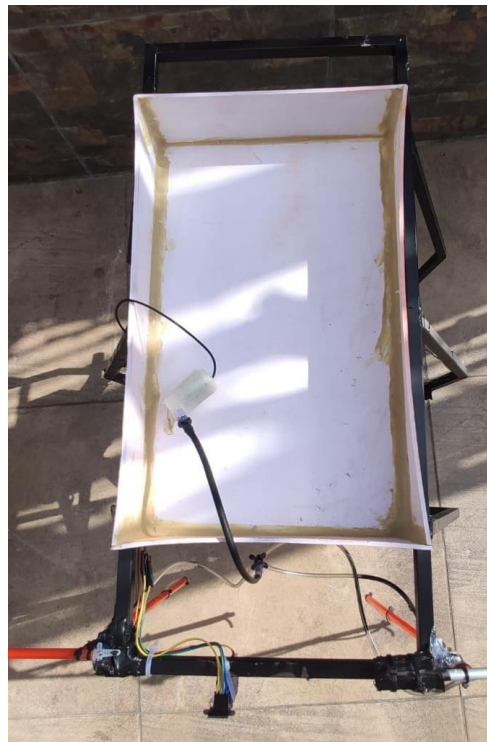
Anexo 7. Vista lateral del robot



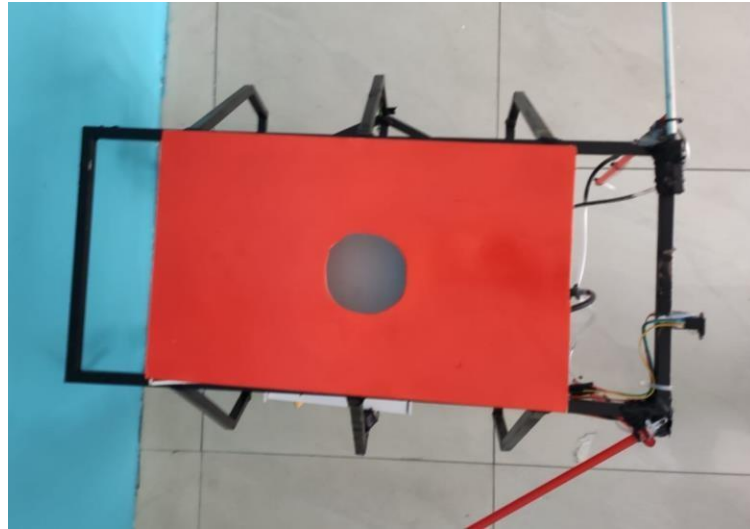
Anexo 8. Compartimiento donde se guarda las conexiones del robot



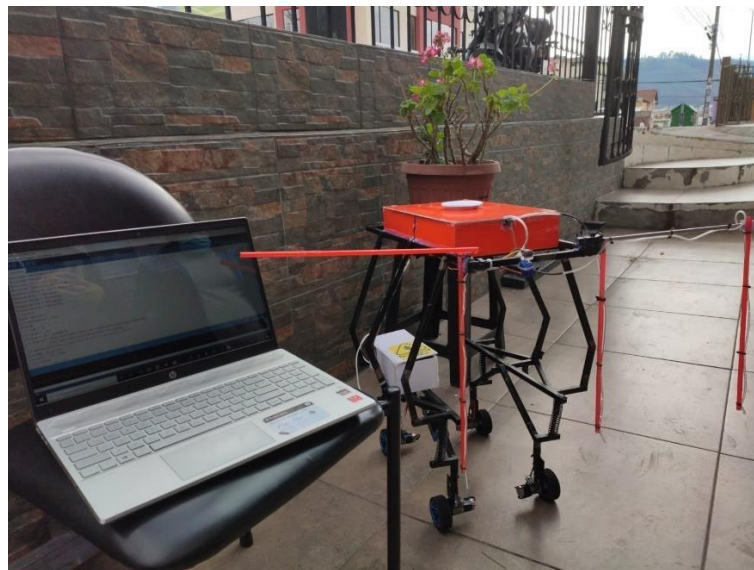
Anexo 9. Tanque de reserva para la fumigación



Anexo 10. Vista de la parte superior del robot



Anexo 11. Pruebas de unidad con el código en arduino



Anexo 12. Robot terminado y ensamblado en su totalidad



Anexo 13. Firma de conformidad Gerente Corp., Cosecha

Ciente	
Gerente de la Corporación Cosecha	
Entrega:	Construcción de un robot móvil mediante un sistema embebido para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corporación Cosecha
Fecha:	10-03-2022
Elementos entregados	
ROBOT A ESCALA PARA EL CONTROL FITOSANITARIO	
Por el cliente	Entrega por el estudiante
 Roberto Antonio Cevallos Chicaiza 180494287	 Héctor Javier Ulpo Pilamunga 1804442364

Anexo 14. Carta de conformidad por parte de la empresa

Ambato 10 de marzo, 2022

Ingeniero
Roberto Antonio Cevallos Chicaiza
Gerente de la Corporación Cosecha

De mis consideraciones

Con referencia a la petición brindada por el gerente para la adquisición e implementación de la “Construcción de un robot móvil mediante un sistema embebido para el control fitosanitario del cultivo de arándanos de la Corporación Cosecha”, por este medio, realizo la entrega del sistema el cual cumple con los requerimientos expuestos por la corporación. Dicho robot a escala cumplirá con el propósito de las nuevas tecnologías actuales, gracias a su buen desenvolvimiento en el campo.

Gracias por su atención, me despedido ante usted.

Atentamente



Hecto Javier Ulpo

1804442364

Anexo 15. Fotografía Inicio del proyecto



Ambato 19 de abril de 2022

Ing. Belén Rúaless
Decana
FITIC

Presente. -

De mi consideración:

Reciba un cordial y muy respetuoso saludo, a la vez me permito augurarle el mejor de los éxitos en tan delicadas funciones.

Por medio de la presente, informo que se ha concluido el desarrollo de un robot móvil como parte del proyecto de titulación “CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL MEDIANTE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS DE LA CORPORACIÓN COSECHA”, el mismo fue entregado a la Corp. Cosecha para seguir con la investigación.

Atentamente,



Firmado digitalmente
por JOSE LUIS
VARELA ALDAS
Fecha: 2022-04-20 09:58:05:00



Ing. José Varela
Docente FITIC

Recd
20/04/22


AMBATO:

Dirección: Bolívar 20-35 y Guayaquil
Telfs: (03) 2421 452 / 2421 713 / 2421 985

QUITO:

Dirección: Machala y Sabanilla
Telfs: (02) 3998 200/3998 201/3998 203