



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"**

**MAESTRÍA EN**  
**ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**  
*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
ROBOT PARA FUMIGACIÓN CONTROLADO POR MANDO A DISTANCIA
<b>Línea de Investigación:</b>
<i>Automatización y control de procesos con aplicaciones en la industria</i>
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
Ingeniería, industria y construcción
<b>Autor/a:</b>
<b>Alexandra Orfelina Pazmiño Armijos</b>
<b>Tutor/a:</b>
<b>Wilmer Fabián Albarracín Guarochico</b>

Quito – Ecuador

2022

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabián Albarracín Guarochico con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: ROBOT PARA FUMIGACIÓN CONTROLADO POR MANDO A DISTANCIA.

Elaborado por: ALEXANDRA ORFELINA PAZMIÑO ARMIJOS, con C.I: 0603476029, estudiante de la Maestría: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 21 de septiembre del 2022

---

**Firma**

# Carta de declaración de autorización



Yo, ALEXANDRA ORFELINA PAZMIÑO ARMIJOS portadora de C.C: 0603476029, autora del proyecto de titulación denominado: ROBOT PARA FUMIGACIÓN CONTROLADO POR MANDO A DISTANCIA previo a la obtención del título de Magister en ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de difundir el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 21 de septiembre del 2022

Firma

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR		2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>		
INFORMACIÓN GENERAL		1
Contextualización del tema		1
Problema de investigación		2
Objetivo general		4
Objetivos específicos		4
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:		4
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		6
1.1. Contextualización general del estado del arte		6
1.2. Proceso investigativo metodológico		8
CAPÍTULO II: PROPUESTA		11
2.1 Fundamentos teóricos aplicados		11
Terreno llano		11
Robótica:		11
Robots Móviles		12
Robot móvil con locomoción mediante ruedas		12
Robot móvil con ruedas configuración Ackerman		13
Aplicación de la condición de Ackerman		13
Herramientas de diseño asistido por computador (CAD)		15
Acero ASTM A36		16
Motores de corriente continua		16
Caja reductora		17
Sabertooth 2X12 R/C Módulo controlador de motor dual		17
Servomotor Tower Pro Mg995 Engranaje Metálico 180°		19

Arduino Nano	20
BattleSwitch Radio controlled relay	21
Convertidor de Voltaje DC-DC reductor de 3A Módulo LM2596	22
Sistema de Comunicación	24
Señales analógicas	24
Señales digitales	24
Modulación FM.	25
Sistema de Radio control modelo FS-CT6B	26
Impresión 3D	27
Bomba de diafragma de agua autocebante	30
Boquilla Para Riego Nebulizador Goteo Aspersor	31
2.2 Descripción de la propuesta	31
a. Estructura general	31
Diagrama de flujo de los pasos para la construcción del robot móvil	31
Diagrama general de la implementación del robot fumigador	32
b. Explicación del aporte	33
Diseño de la Estructura del robot	35
Conexiones y configuraciones del Sabertooth	38
Programación Arduino Nano	39
Configuración sistema de comunicación	41
Diseño de la placa	41
Piezas impresas en 3D	42
Construcción del sistema de fumigación	45
Funcionamiento del robot	46
c. Estrategias y/o técnicas	49
2.3 Validación de la propuesta	49
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	52
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	54

CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58

## Índice de tablas

Tabla 1 Especificaciones acero Estructural ASTM A36.....	16
Tabla 2 Especificaciones Battle Switch Radio control relay .....	22
Tabla 3 Especificaciones Radio control FS-CT6B .....	27
Tabla 4 Propiedades de los polímeros (León et al., 2019) .....	30
Tabla 5 Especificaciones bombas de riego de diafragma .....	31

## Índice de figuras

Figura 1 Proceso cualitativo .....	8
Figura 2 Terreno Llano .....	11
Figura 3.- Robots manipulador - Robot móvil.....	12
Figura 4 Tipos de configuración robot móvil con llantas .....	13
Figura 5 Robot móvil con ruedas en configuración Ackerman .....	13
Figura 6 Paralelogramo de dirección geometría trapezoidal.....	14
Figura 7 Geometría de giro bajo la condición Ackerman.....	14
Figura 8 Software de diseño CAD.....	15
Figura 9 Motor de corriente continua .....	16
Figura 10 Caja reductora acoplada al motor.....	17
Figura 11 Sabertooth 2X12.....	18
Figura 12 Conectores terminales de Sabertooth 2x12 .....	18
Figura 13 Servo de rodamiento MG995.....	19
Figura 14 Diagrama de conexión MG995.....	19
Figura 15 Arduino Nano .....	20
Figura 16 Diagrama de pines Arduino Nano .....	20
Figura 17 Battle Switch Radio control relay.....	21
Figura 18 Módulo LM2596.....	22
Figura 19 Aplicación típica (versión de voltaje de salida ajustable) .....	23
Figura 20 Diagrama de bloques de un sistema de comunicación.....	24
Figura 21 Señal analógica.....	24
Figura 22 Señal digital .....	25
Figura 23 Modulación en frecuencia.....	25
Figura 24 Transmisor FS-CT6B.....	26
Figura 25 Receptor FS-CT6A.....	27
Figura 26 Impresora 3D.....	28
Figura 27 Tecnología de Modelado por deposición de fundido .....	29
Figura 28 Bomba de riego .....	30
Figura 29 Nebulizador para riego.....	31
Figura 30 Diagrama de flujo de los pasos para la construcción del robot móvil .....	32
Figura 31 Diagrama general .....	33
Figura 32 Preparación del robot .....	34

Figura 33 Fumigación con mando a distancia .....	34
Figura 34 Chasis del robot en CAD .....	35
Figura 35 Adaptación de las llantas al chasis .....	36
Figura 36 Cálculo de giro de la dirección Ackerman .....	37
Figura 37 Llantas del robot fumigador .....	37
Figura 38 Instalación y conexión del motor en la llanta de atrás .....	38
Figura 39 Conexiones del Sabertooth 2x12 .....	38
Figura 40 Control de la dirección del robot .....	39
Figura 41 Programación Arduino para control de los nebulizadores .....	40
Figura 42 Diseño de la placa en fibra de vidrio .....	41
Figura 43 Placa con vista en 3D.....	42
Figura 44 Base y tapa para placa.....	42
Figura 45 Tapa para el módulo Sabertooth 2x12.....	43
Figura 46 Piezas en 3D para dispositivos electrónicos.....	43
Figura 47 Soporte tubos PVC .....	44
Figura 48 Piezas en 3d para instalación de los nebulizadores .....	44
Figura 49 Piezas en 3D para instalación de nebulizadores .....	45
Figura 50 Sistema completo para etapa de fumigación .....	45
Figura 51 Encender y apagar el robot .....	46
Figura 52 Bomba de agua.....	47
Figura 53 Convertidor Voltaje DC-DC Reductor 3A LM2596.....	47
Figura 54 Arduino Nano V3.0.....	48
Figura 55 Control movimientos del robot.....	48
Figura 56 Robot fumigador en etapa de pruebas .....	55

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

En la actualidad cada vez se hace más visible el uso de la tecnología como ayuda en actividades de mano de obra y procesos agrícolas; permitiendo además ser más competitivo para la producción y comercialización a nivel nacional e internacional, así como el impacto que ha provocado la mecanización, la automatización y las TICs en la producción agrícola.

La producción de alimentos es importante para la existencia del ser humano; estar a la vanguardia de la tecnología con las múltiples herramientas existentes permite a los agricultores ser más productivos, optimizar procesos, reducir riesgos en el trabajo. Sin embargo en el Ecuador los pequeños y medianos agricultores carecen de herramientas tecnológicas y de información que le permita planificar sus procesos de producción.

Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura (FAO) la agricultura ocupa un 28% de la superficie terrestre, de los cuales el 30% son cultivos y el 70% pastos. Se estima que la población se duplique con el paso de los años y por lo tanto se deberá incrementar la producción de alimentos para satisfacción de los consumidores. (Carpio Santos, 2018)

La producción de alimentos ha incrementado de gran manera con el incremento de la población, debido a ello la agroindustria y los agricultores han incrementado también el uso de pesticidas y químicos en sus cultivos para mitigar el avance de plagas, virus y malezas en sus sembríos que pueda infestar por completo una plantación.

El tiempo y la mano de obra que se ocupa para labores de limpieza de malezas es otro factor que ocupa al sector agrícola para tratar de cuidar sus campos y productos, con tareas de deshierbe, lo que conlleva al uso continuo de estos productos sin un manejo adecuado para su control.

Estas tareas repetitivas y cada vez más tediosas han llevado a las personas que las hacen a no realizarlas de la mejor manera ya que en muchas ocasiones resultan pesadas, es por ello que se ha visto necesario en un sector tan importante como es el agrícola a automatizar ciertos procesos con el fin de reducir en un gran porcentaje ciertos problemas que se presentan al realizar estos procedimientos.

En un ambiente agrícola en donde muchas de las condiciones como las fisicoquímicas, la temperatura durante el día entre otros pueden ser potencialmente dañinas para los seres humanos ponen a los trabajadores en riesgos como la deshidratación, e inhalación de los pesticidas desencadenando en daños al tejido pulmonar y a la piel, se ha visto en manifiesto como alternativa para solucionar el problema la aplicación de la robótica.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) define a un robot como un aparato “manipulador programable en tres o más ejes, controlado automáticamente, reprogramable y de propósitos múltiples, el cual puede estar en un lugar fijo o móvil, para su uso en aplicaciones de automatización industrial”. (García et al., 2007)

Para obtener una buena producción y llegue a buen término una cosecha es importante realizar una serie de procesos y actividades entre ellas algunas críticas y peligrosas como la fumigación la cual es repetitiva y se realiza en el cultivo durante los primeros meses por lo general. Es una actividad que consiste en esparcir en las plantaciones agroquímicos, es por ello que se ha promovido el uso de la tecnología robotizada para cubrir estas actividades que ponen riesgo a los agricultores.(Poma Crisostomo, 2020)

Utilizar un robot agrícola para realizar tareas de fumigación permitirá una solución tecnológica para combatir plagas, enfermedades de las plantas, malezas con control a distancia de tal manera que se evite el contacto directo de los agricultores con estos productos que ponen en riesgo su salud, la realización de tareas repetitivas y exhaustivas bajo condiciones climáticas inadecuadas y con cargas pesadas que pueden causar daños físicos.

Su implementación en el sector agrícola genera reducción de costos en manos de obra, insumos químicos y tiempo requerido de tal manera que se tendrá una mejor rentabilidad en la producción.

### **Problema de investigación**

En los últimos años la naturaleza ha afectado el sector agrícola y los cambios climáticos que han provocado sequías, inundaciones y plagas con mayor frecuencia y magnitud. Siendo lo más efectivo para las plantas para evitar plagas y enfermedades las fumigaciones por operarios con muy poca protección.

Fumigar radica en esparcir productos químicos hacia las hojas de las plantas para eliminar plagas o enfermedades, sin embargo esta actividad provoca efectos ergonómicas por la carga de la bomba de fumigación que afectan a los agricultores su salud. (Poma, 2020)

Investigaciones en este tema indican que cualquier trabajador que se expone a muchos productos químicos por largos periodos de tiempo y el uso prolongados puede ser perjudicial, la ropa de seguridad que es de látex disminuye la cantidad de exposición a los pesticidas, pero no la elimina, se ha determinado que la parte del cuerpo en los trabajadores es el área genital que más absorbe con una tasa de absorción dérmica de 11.8, y de 1.0 comparada con el antebrazo. Penetran los guantes de goma ya que muchos pesticidas son demasiado intensos en un lapso de media hora de trabajo; y una rociadura manual de plantas toma varias horas. (García et al., 2007)

La población demanda una mayor producción agrícola, el cuidado del ecosistema y el cuidado de su salud. Sin embargo debido a este incremento en la demanda los agricultores y agroindustrias optan por mantener sus cultivos con el uso excesivo de productos químicos que están causando daño en la salud de los consumidores.

La expansión de los cultivos para cubrir la demanda de la población trae como consecuencia el manejo inadecuado y control de las plagas, aumentando el uso de plaguicidas y de estas tareas en el campo. El uso de robots para fumigación mejora la salud, los costos de producción, el daño climático con la aplicación correcta de los herbicidas para el crecimiento de los cultivos en las etapas críticas y el crecimiento de malezas que llegan a resistirse a químicos. (Cornejo Orosco & Delgado Luna, 2021)

La robótica agrícola específicamente en la actualidad no es muy usada, pese a que se realizan tareas repetitivas y peligrosas. Agricultores y empresarios agrícolas buscan formas para facilitar el trabajo, incrementar la producción y cuidar la salud.

La robótica en la actualidad es una alternativa que se tiene a la mano para diversas labores agrícolas con la finalidad de minimizar el impacto que produce largas horas de trabajo, exposición a químicos entre otros. El aumento en la producción agrícola debido a la crecida de la demanda por la población condujo también a la automatización y mecanización de procesos que permiten mejorar la eficiencia, la precisión y la confiabilidad. (Solaque et al., 2019)

Empresas agrícolas reconocen la necesidad de utilizar robótica para fumigar sus plantaciones y cuidar a sus operarios tanto física y biológicamente frente a productos tóxicos, para reducir el tiempo de trabajo y desgaste físico en estas tareas que se realizan incluso a diario. Automatizar

procesos como la fumigación permite mejorar la calidad de sus productos, la eficiencia de la mano de obra y producción que implica en mayores ingresos y mejor calidad de los productos. (Jonatan & Tapia, s. f.)

Con el robot fumigador se busca manejar de mejor manera las sustancias químicas, a una altura conveniente entre la planta la cual no debe superar 1 metro de altura y el líquido aspersionador con dosis permisibles, a pequeña escala y de gran efectividad sobre el área, disminuyendo la afectación de los sembríos, afectaciones en el medio ambiente y daños de la tierra y de los recursos no renovables que afectan directamente a la producción agrícola.(Figueroa Sarcos, 2015)

### **Objetivo general**

Diseñar un robot para fumigación controlado por mando a distancia.

### **Objetivos específicos**

- Revisar la literatura y tecnologías disponibles actualmente para el diseño de un robot fumigador.
- Implementar el robot fumigador con la tecnología apropiada que permita realizar tareas de fumigación controlada a distancia.
- Validar el uso del robot controlado a distancia para actividades de fumigación en el sector agrícola.

### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

Los beneficiarios directos de este proyecto son los agricultores o personas que ejecutan las actividades de fumigación en las plantaciones con la finalidad de controlar y mantener a salvo sus sembríos, de tal manera que se pueda realizar estas tareas a distancia sin necesidad de exponerse al contacto directo con los químicos y pesticidas que puedan perjudicar su salud como dermatitis de contacto, alteraciones visuales, edemas pulmonares, enfermedades crónicas en la piel entre otras, se disminuye el tiempo y esfuerzo del agricultor y se espera mejorar la productividad.

Utilizar robots para realizar tareas de fumigación no solo permitirá cuidar la salud de los agricultores, reduce costos al aplicar los fungicidas en las plantaciones con la misma velocidad y

proporción incluso disminuir las repercusiones ambientales que ocasiona utilizarlos. Obtener productos con menor cantidad de químicos los cuales son peligrosos para la salud utilizados solamente para controlar plagas, hongos, virus que se desarrolle en la planta.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

Solucionar la disminución de la producción de los alimentos que ha generado problemas debido a la mayor demanda de productos para satisfacer a la población con tecnología robótica, que permita realizar tareas repetitivas, peligrosas y tediosas como es la fumigación es el principal objetivo de este proyecto, de tal manera que se puede mejorar la producción e incrementarla al contar con un robot fumigador que realice esta actividad sin poner en peligro a los humanos quienes pueden adquirir enfermedades severas al estar en contacto directo con sustancias peligrosas y venenosas que muchas veces se utilizan para controlar el crecimiento de plagas, virus y malezas que se presentan en los cultivos.

Para la realización del proyecto se realizará una investigación de tecnología que se ha desarrollado con este propósito a nivel internacional y nacional en artículos científicos, tesis de grado, enmarcado en la robótica, agricultura robotizada, sistemas de control. Determinando la tecnología que mejor se ajuste al diseño y desarrollo de un robot fumigador a distancia.

Algunos de los proyectos relacionados que se han desarrollado en el país y en otros países se mencionan a continuación:

Reducir el tiempo de fumigación, el contacto de los agricultores a los químicos con menor tiempo de exposición fueron las funciones por las cuales el autor del proyecto propone el “Diseño de un robot móvil de servicio para aplicaciones de fumigación del cultivo de maíz” en el cual se realizó simulaciones en el software CAD y se obtuvo un robot con sistema de amortiguamiento capaz de poder moverse y mantener el equilibrio hasta una inclinación de 30°, para la aspersión se manejó un tanque con capacidad de 50 L. con 5 aspersores regulables la altura de 13 cm a 110 cm. El diseño electrónico para el control de motores, controladores, cámara, sensores, bomba y demás señales, con una interfaz intuitiva en la que se observa en tiempo real las tareas del robot en el terreno por medio de las cámaras.(Poma Crisostomo, 2020)

Diseñar una plataforma robótica que permita dosificar de forma adecuada los herbicidas en una plantación de tomates cherry fue el principal objetivo del proyecto denominado “Desarrollo de sistema autónomo y prototipado robótico para fumigación de cultivos de tomate” en el cual se consideró la edad y la dimensión de los sembríos. Mantener controlada las plagas que pueden atacar a los cultivos en ciertas temporadas es de vital importancia para los agricultores ya que pueden afectar su crecimiento y calidad y por ende producir pérdidas económicas.

El uso de los insecticidas en las proporciones adecuadas evita producir daños en los frutos, además al ser estos productos peligrosos para la salud de las personas que lo utilizan optan por utilizar trajes especializados para evitar el contacto lo cual produce dificultad para moverse o enfermedades a largo plazo por parte de los operadores directos.

Con el mencionado proyecto se logró un sistema para fumigación en las tres etapas de crecimiento de la planta mediante rieles de inyectores con boquillas tipo cono a una altura deseada se aplicó los herbicidas en donde se consideró también el tipo de terreno para su desplazamiento y se logró una navegación semiautónoma por diversos factores que afectó al mismo. (RODRÍGUEZ & ZABALA, 2017)

El proyecto denominado “Implementación de un prototipo de robot bípedo con tecnología Xbee para la detección de obstáculos predeterminados” desarrollado por un estudiante de la Universidad Israel aborda temas relacionados con el diseño de un robot bípedo que interactúa con el entorno a través de sensores en el que se incluye un instructivo que permite conocer todas las etapas de su construcción permitiendo a cualquier persona interesada hacer uso de este material para futuros trabajos en beneficio de la sociedad.

Para el diseño del robot el autor determinó en su investigación realizarlo con el Arduino Mega, servomotores y con módulos de comunicación Xbee para manejo inalámbrico por medio de una interfaz gráfica, garantizado su estabilidad y desplazamiento en superficies planas sin ángulos de inclinación. (Xavier Carlos Paucar Toapanta, 2019)

Se han desarrollado en los últimos años investigaciones que han permitido reducir esfuerzos en personal que trabaja constantemente para beneficio de la sociedad como es el caso del proyecto de tesis denominado “Prototipo robótico para la desinfección de ambientes cerrados COVID” en el cual se implementó un prototipo robótico tipo oruga para la fumigación con un tanque de 1.5 litros de compuesto químico para la desinfección de ambientes con COVID. El robot puede desplazarse por zonas regulares e irregulares no muy pronunciadas, una batería con una duración de 2 horas y controlado por internet o radio frecuencia.

Se logró como producto final un robot fumigador que se lo puede escalar y utilizar para labores de fumigación en espacios cerrados, permitiendo con el mismo proteger a las personas a la exposición de químicos, reduciendo tiempo de trabajo y brindando mayor seguridad. Además se combatió el virus en los ambientes aprovechando de gran forma la implementación de tecnología en ciertos procesos con un prototipo que se adaptó a los requerimientos solicitados. (Frías Moyón, 2022)

## 1.2. Proceso investigativo metodológico

La metodología que se utilice constituye en la parte más importante para el desarrollo de la investigación ya que nos permitirá saber el camino y pasos para realizarla. Por la tanto se siguió una secuencia lógica metodológica para el proceso de la investigación que son: el Diseño del plan de trabajo, la selección y el análisis del material y finalmente la muestra de los resultados.

Para la investigación se utiliza un enfoque cualitativo mediante la recolección y análisis de datos, que permitirá una inmersión inicial en el campo de estudio a través de la revisión del estado del arte de tal manera que se encuentre el camino para desarrollar la investigación, seguidamente un planteamiento del diseño que resuelva el caso con la información recolectada y analizada, finalmente se puede obtener los resultados e interpretarlos para determinar si se consiguió cumplir con los objetivos planteados. (Hernández et al., 2014)

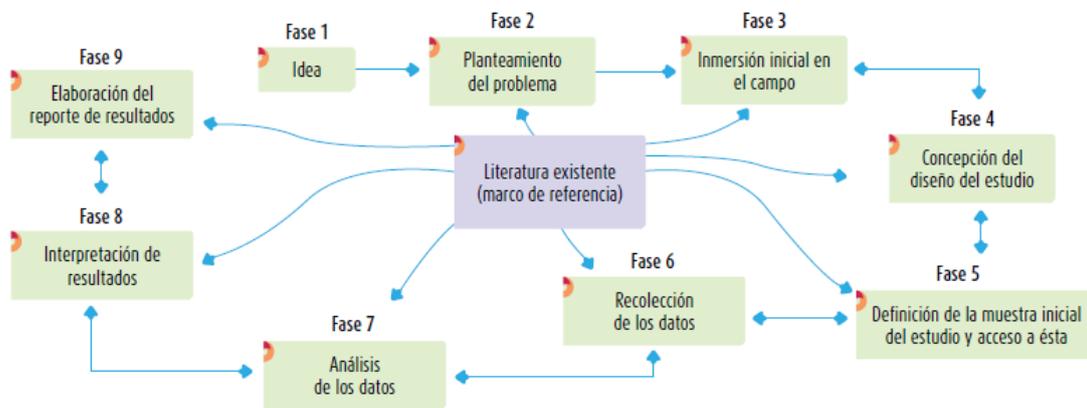


Figura 1 Proceso cualitativo

En este tipo de investigación si es necesario se puede regresar a etapas anteriores por ello se muestra en la imagen las flechas en doble sentido, de manera que si es necesario se puede modificar el diseño con nuevos componentes o la eliminación de los mismos si es necesario analizando etapas anteriores.

Como técnica para el método aplicado en la investigación se utiliza la Observación directa con la recopilación de información referente al tema sin recurrir a los involucrados. Existiendo información que está disponible en investigaciones anteriores

Como instrumentos se utilizó una investigación documental que permitió recopilar datos provenientes de revistas, artículos, libros, informes, trabajos de campo relacionados con la construcción de robots utilizados para la fumigación. Esta investigación bibliográfica con información general y particular al tema permite realizar una busca de las contribuciones e investigaciones científicas realizadas en el pasado.(Baena Paz, 2017)

La población objetivo es el sector agrícola para el estudio específicamente los agricultores que realizan tareas de fumigación en las diferentes etapas de crecimiento de los cultivos y que se encuentran expuestos a químicos que se utilizan y ponen en peligro su salud. En esta búsqueda de la solución que mejore el nivel de vida a partir de la problemática planteada se realiza una Investigación Participativa.

En esta investigación para la presentación de los resultados se utiliza el robot fumigador y su funcionamiento en los procesos para el cual fue diseñado, se evidencia con fotografías, videos, texto que se describirán en la sección correspondiente.

Para obtener el resultado final que es la construcción del robot fumigador se desarrolla una serie de análisis y diseños de los subsistemas que forma parte del mismo, y que se mencionan a continuación:

- **Diseño Mecánico:** en el cual se considera el diseño de las secciones mecánicas del robot el cual debe soportar el líquido para la fumigación, baterías, sistema de aspersión, bomba, componentes electrónicos, etc., además se debe considerar medidas y resistencias adecuadas para el desplazamiento del robot en los cultivos para fumigar.
- **Diseño del sistema de fumigación:** el robot debe contar con una bomba que bombee el líquido necesario a los nebulizadores para la fumigación, a través de mangueras y uniones.
- **Diseño de partes y piezas impresas en 3D:** se realizara el diseño e impresión de piezas en 3D para la colocación de los nebulizadores, soportes para los tubos por los cuales pasan las mangueras, soporte para el motor y soportes de protección para los dispositivos electrónicos
- **Configuración de sistema de comunicación:** para lo cual se debe establecer la conexión entre el transmisor y receptor y la configuración de los canales que se utilizan en la transmisión. El robot debe ser tele operado a una distancia máxima aproximada de 50 metros para recibir señal y que sea visible por el operador de la fumigación.
- **Diseño electrónico:** Debe contener convertidores de voltaje que maneje los diferentes voltajes de los dispositivos utilizados como la bomba, receptor, Arduino, relay, controlador del motor etc. Componentes para el sistema de comunicación por radiofrecuencia y dispositivos que permitan el manejo del robot y su desplazamiento así como el control del sistema de fumigación.

Luego del diseño de cada uno de los subsistemas mencionados se los integra para obtener el diseño completo del robot fumigador.

Al concluir el trabajo de investigación se debe contar con todos los diseños de los sistemas que componen el robot para actividades de fumigación, diagramas de conexiones de las placas electrónicas y diagramas de bloques y flujo para el manejo del robot teniendo en cuenta las consideraciones y restricciones que presenta el modelo.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El presente trabajo incluye la información relevante como bases teóricas, conceptos y especificaciones de componentes que fueron utilizados en el diseño del robot fumigador.

Lo primero que se debe mencionar es el terreno por el cual se va a desplazar el robot entendiéndose que existen muchos factores para su análisis como las piedras, el tiempo, el relieve, tiempo y microorganismo, esto debido hace que existan formas y relieves diferentes que según la topografía se clasifican en depresiones, montañas y explanadas. En este caso el robot se lo considero para realizar las actividades de fumigación en un terreno llano que se describe a continuación:

#### **Terreno llano**

Se la considera un relieve de tierra sin pendientes o con inclinaciones no mayor a un 2%, se lo considera ideal para trabajos agrícolas debido a que sus sedimentos facilitan el crecimiento de los cultivos además que permiten su mecanización y riego. (Cornejo Orosco & Delgado Luna, 2021)



*Figura 2 Terreno Llano*

#### **Robótica:**

Es un área del conocimiento con mayor auge en la actualidad, dentro de la cual los Robots se los definen como: “un sistema electromecánico, dotado de sensores y actuadores para realizar actividades similares a las realizadas por seres vivos, con un sistema de control y capacidad de decisión que le permite realizar tareas automáticas o autónomas, dependiendo de su grado de versatilidad y complejidad”. Se destaca dos campos en los cuales se enfoca la

robótica y es el área industrial con robots manipuladores y la segunda con los robots móviles o de servicio. (Ortiz Arroyave et al., 2018)



*Figura 3.- Robots manipulador - Robot móvil*

### **Robots Móviles**

Son diseñados para desplazarse en distintos ambientes, cuya locomoción puede ser mediante patas, ruedas u oruga o híbrido

#### **Robot móvil con locomoción mediante ruedas**

Son sistemas con capacidad de desplazamiento de un sitio a otro de forma tele controlada o autónoma para realizar una tarea específica. Es una parte muy importante la locomoción en el diseño del robot ya que permite el desplazamiento dinámico.

Son robots muy utilizados debido a que las ruedas no se desgastan, son fáciles de diseñar, construir y controlar, estos presentan una buena estabilidad frente a los otros tipos e ideales para terrenos planos siendo su desventaja desplazarse en otros terrenos con mayor relieve e inclinación.

Se los clasifica de acuerdo al tipo de transmisión ya que ese permite la maniobrabilidad y la optimización del control en los siguientes tipos: Configuración Ackerman, configuración triciclo clásico, configuración diferencial, configuración síncrona y configuración omnidireccional

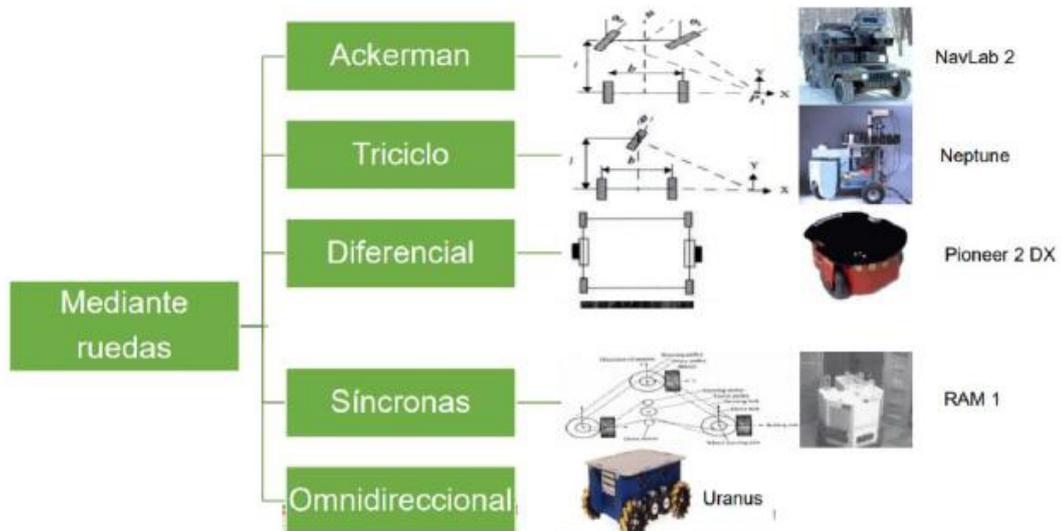


Figura 4 Tipos de configuración robot móvil con llantas

A continuación se detalle la configuración tipo Ackerman utilizada para el diseño del robot.

#### Robot móvil con ruedas configuración Ackerman

Este robot se diseña con dos ruedas traseras para la tracción y dos delanteras para la dirección.

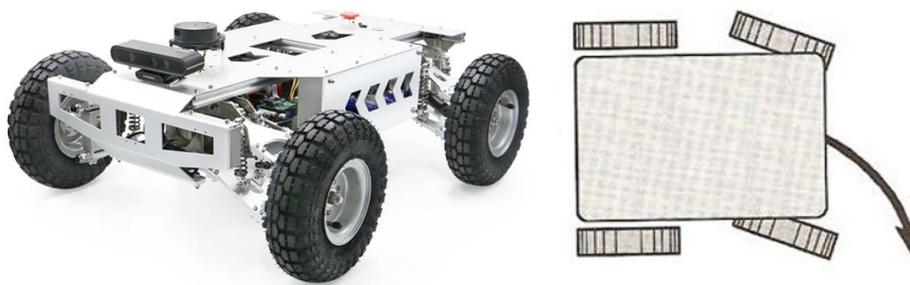


Figura 5 Robot móvil con ruedas en configuración Ackerman

#### Aplicación de la condición de Ackerman

(Velasco et al., 2017) Existen varias condiciones de Ackerman y se los define a través de los diseños de las barras, con una solución aproximada mediante el trapecoide que se forma.

Cuando las ruedas giran en dirección derecha o izquierda la rueda interior tiene un ángulo mayor que la exterior

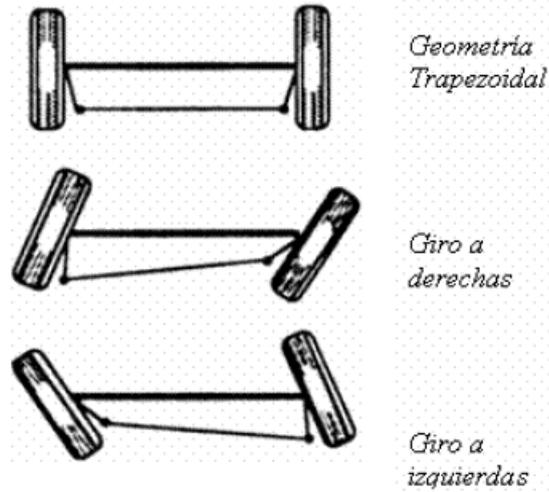


Figura 6 Paralelogramo de dirección geometría trapezoidal

El principio de funcionamiento de Ackerman se basa en la geometría que deben tener las ruedas delanteras como se muestra en la figura:

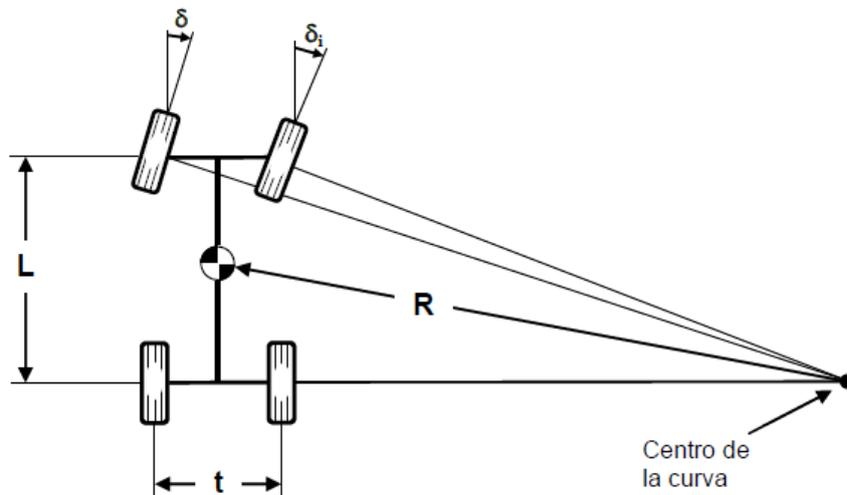


Figura 7 Geometría de giro bajo la condición Ackerman

La geometría ideal de giro está dado por:

$$\delta_o = \frac{L}{(R + t/2)}$$

$$\delta_i = \frac{L}{(R - t/2)}$$

Y el ángulo medio para las ruedas delanteras denominado ángulo de Ackerman está dado por:

$$\delta = \frac{L}{R}$$

Existen diferentes tipos de ruedas para la estructura del robot entre ellos tenemos la rueda bola o esférica, la rueda estándar, rueda castor o giratoria, la rueda sueca. Para el diseño del robot se utilizó en la dirección la rueda tipo castor con giro perpendicular y dos grados de libertad.

### **Herramientas de diseño asistido por computador (CAD)**

Existen en el mercado muchos software que permite el modelaje de geometrías en 2D y 3D por ejemplo CATIA, Siemens NX, Autodesk Inventor y SolidWorks. En el caso de Solidworks que fue el que se utilizó en el presente proyecto fue desarrollado por SolidWorks Corp. (de Dassault Systemes, S.A como filial) y trabaja en el sistema operático Microsoft Windows. (Salvador, 2018)

CAD es una tecnología que permite diseñar y realizar la documentación técnica, sustituye al dibujo manual por procesos automatizados, permite explorar ideas, visualizarlas con renderizaciones fotorrealistas y realizar simulación del rendimiento en el mundo real. (AUTODESK, s. f.)



*Figura 8 Software de diseño CAD*

Podemos mencionar algunas ventajas del diseño asistido por computador:

- Permite actualizar partes del dibujo de forma rápida sin necesidad de volver hacer todo el dibujo.
- Permite crear bloques de uso común y reutilizarlos
- Permite tener precisión para dibujos de cotas exactas

- Permite realizar detalles en los diseños desde básicos a complejos en el archivo de trabajo.

### Acero ASTM A36

Es un acero estructural especial, con componentes adecuados para la industria del automóvil e ingeniería mecánica en el diseño de ejes, bielas, cigüeñales tornillos etc. (Shanghai Bozhong Metal Group Co., s. f.)

Propiedades Mecánicas			
Resistencia a la Tensión (MPa)	Límite elástico (MPa)	Alargamiento (%)	Dureza HB
400 - 550	250	22	120
Composición Química (Valores promedio, %)			
Resistencia a la Tensión (MPa)	Límite elástico (MPa)	Límite elástico (MPa)	Dureza HB
400 - 550	250	22	120

Tabla 1 Especificaciones acero Estructural ASTM A36

### Motores de corriente continua

En los motores de corriente continua el torque generado es proporcional a la diferencia de potencial que se le aplique a sus terminales, dependiendo su giro de la polaridad de los terminales de alimentación. (Ayme et al., 2020)



Figura 9 Motor de corriente continua

Para la selección del motor se debe considerar el torque el cual se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$F_{m\acute{a}x} = u \times m \times g$$

$$\text{Torque} = F_{min} \times r$$

Donde:

$F_{min}$ : Fuerza mínima para mover la llanta

$g$ : Gravedad

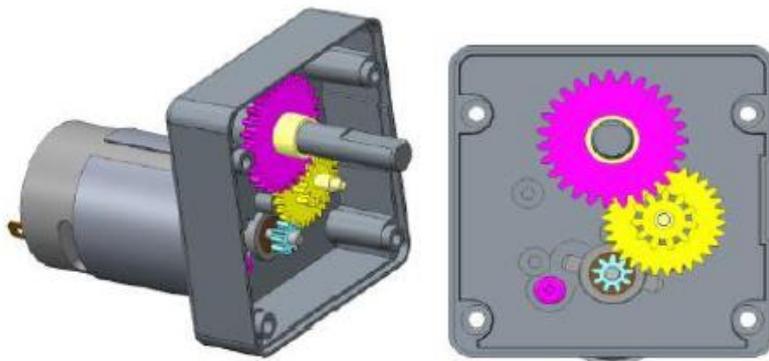
$m$ : Peso de soporte

$u$ : Coeficiente de rozamiento

$r$ : Radio de la rueda

### **Caja reductora**

Es un componente que se conecta al motor CC se encarga de aumentar la fuerza y reducir la velocidad, lo que provoca que se aumente la fuerza en el empuje y disminuya el giro del motor.



*Figura 10 Caja reductora acoplada al motor*

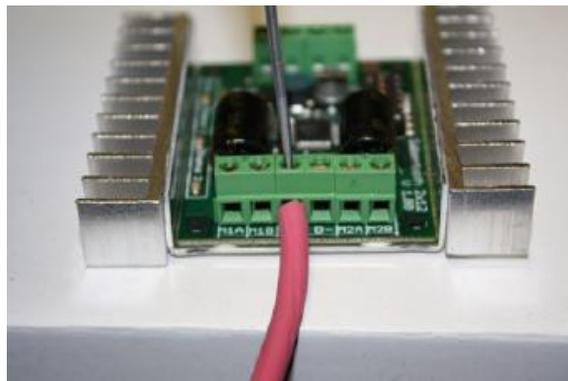
### **Sabertooth 2X12 R/C Módulo controlador de motor dual**

El Sabertooth 2X12 es uno de los controladores de motor dual más versátiles, eficientes y fáciles de usar del mercado. Puede controlar dos motores no necesariamente iguales mientras estén dentro de los límites de operación del módulo. Es adecuado para robots de potencia media: hasta 30 libras en combate o 100 libras para robótica de uso general. (Engineering, 2012)



*Figura 11 Sabertooth 2X12*

Puede alimentar dos motores DC de hasta 12 A cada uno. Se pueden alcanzar corrientes máximas de 25 A durante unos segundos, posee protección contra sobre corriente y térmica. Sabertooth tiene modos de funcionamiento independientes y de velocidad + dirección, se lo establece con los interruptores DIP incorporados, cuenta con conectores de terminales de tornillo, lo que le permite construir un robot sin siquiera soldar.



*Figura 12 Conectores terminales de Sabertooth 2x12*

A diferencia de otros controladores de motor, no es necesario que Sabertooth se detenga antes de dar marcha atrás. Puede pasar de avance total inmediatamente a retroceso total o viceversa. Sabertooth es el primer controlador de motor regenerativo síncrono de su clase significa que sus baterías se recargan cada vez que ordena a su robot que disminuya la velocidad o retroceda, tiene un BEC de 5V de conmutación de 1A incorporado que puede proporcionar energía a un microcontrolador o receptor R/C y un par de servos. Los transistores de Sabertooth se conmutan a velocidades ultrasónicas (32 kHz) para un funcionamiento silencioso.

## Servomotor Tower Pro Mg995 Engranaje Metálico 180°

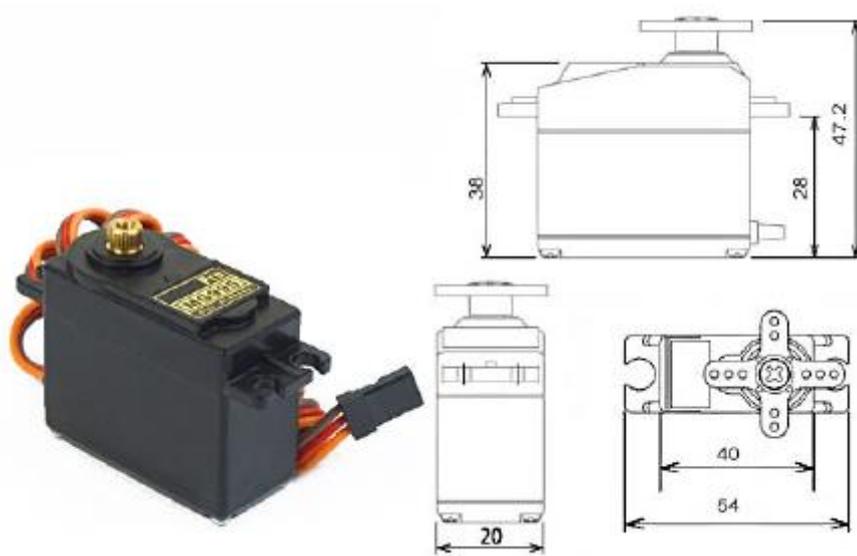


Figura 13 Servo de rodamiento MG995

MG995 Servo de cojinete de bolas doble de engranaje metálico de alta velocidad conector de 3 pines de cabezal hembra tipo 'S'. Puede girar aproximadamente 180 grados el servo estándar de alta velocidad.

Se puede usar cualquier código de servo, para controlar los servos con hardware o biblioteca, y las cosas se muevan sin construir un controlador de motor con retroalimentación. (Datasheet, 2018a)

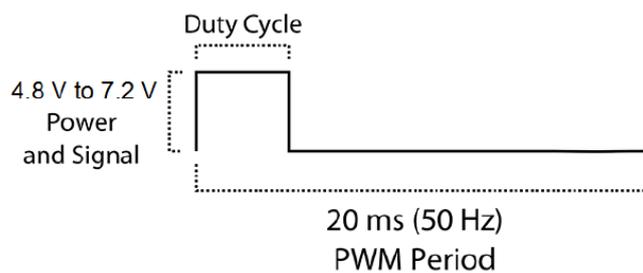
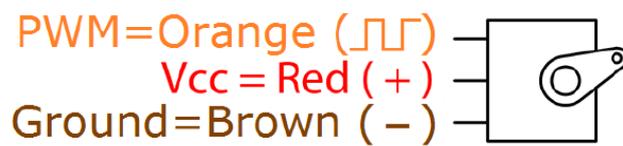


Figura 14 Diagrama de conexión MG995

## Arduino Nano

Es una placa de diseño compacto que se alimenta a través de la entrada mini USB, la cual también se la usa para cargar los programas, se basa en el microcontrolador ATmega328P, Arduino Nano a diferencia de un Arduino UNO es más barato, compatible con tableros de tamaño pequeño y tiene más pines de entrada y salida digitales y analógicos.

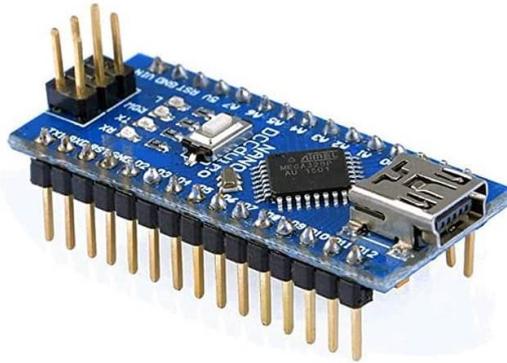


Figura 15 Arduino Nano

A continuación se muestra en el diagrama los pines que forma parte del Arduino Nano en el cual se puede destacar que de los 30 pines disponibles, 22 pines están asociados con la entrada y la salida. Tiene 14 pines de E/S digitales que se pueden usar como entrada o salida digital funcionan con un voltaje de 5V como máximo, es decir, el alto digital es de 5V y el bajo digital es de 0V. También hay 8 pines de entrada analógica (A0 a A7). (Electronics hub, 2021)

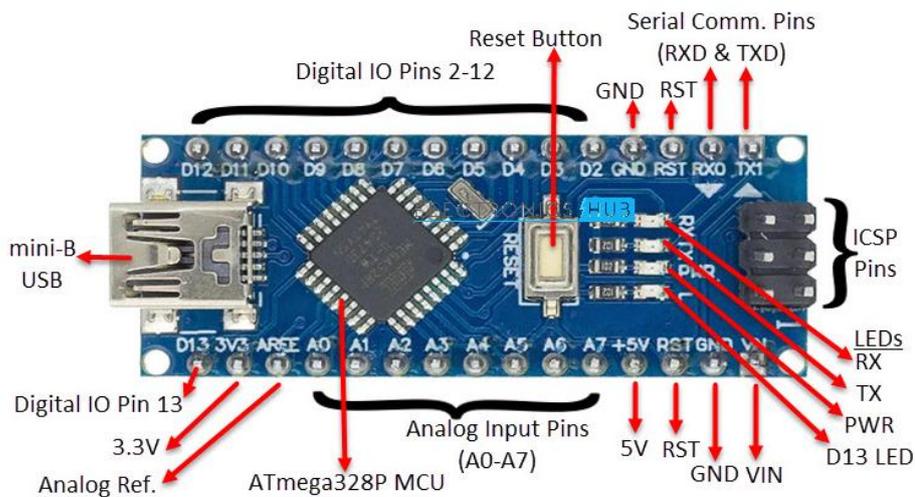


Figura 16 Diagrama de pines Arduino Nano

## BattleSwitch Radio controlled relay

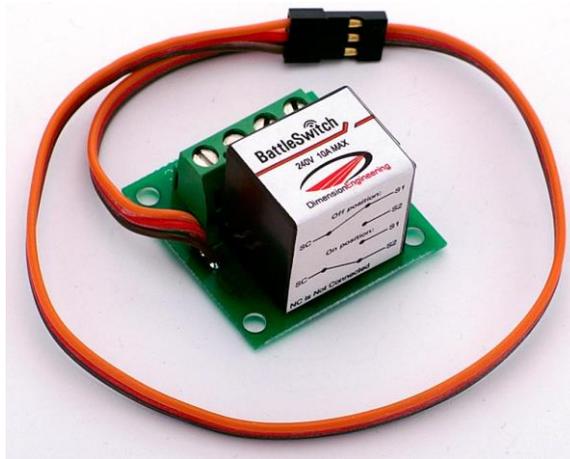
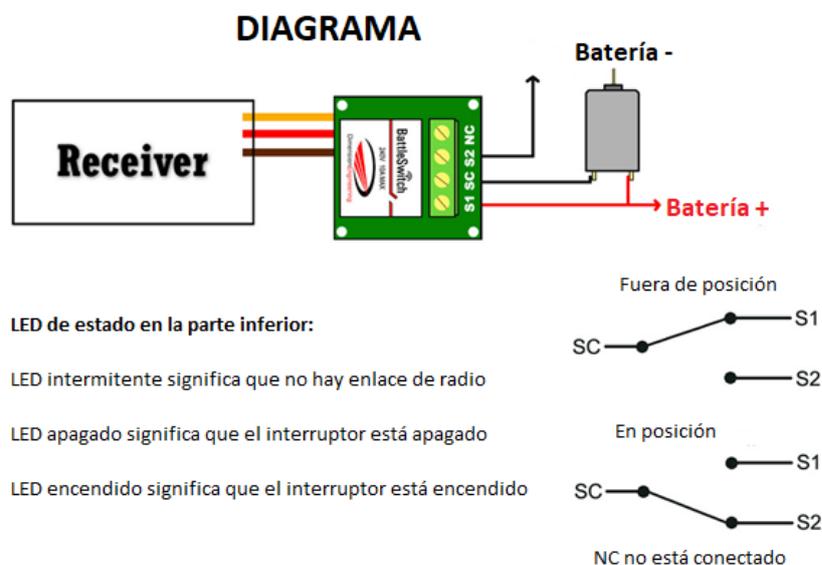


Figura 17 Battle Switch Radio control relay

BattleSwitch es un interruptor de relé que se alterna a través de un equipo de control de radio. Puede activar aplicaciones con niveles de voltaje de hasta 240 V CA sin tener que saber nada sobre los niveles lógicos del microcontrolador o los transistores porque el relé ofrece un aislamiento eléctrico total de la electrónica del receptor.

BattleSwitch se conecta a un receptor de control de radio tan fácilmente como lo hace un servo. Conecta la carga que desea alternar utilizando los terminales de tornillo, dependiendo del canal que utilice, podrá controlar el relé moviendo la palanca de control de su radio hacia arriba o hacia abajo, hacia la izquierda o hacia la derecha.

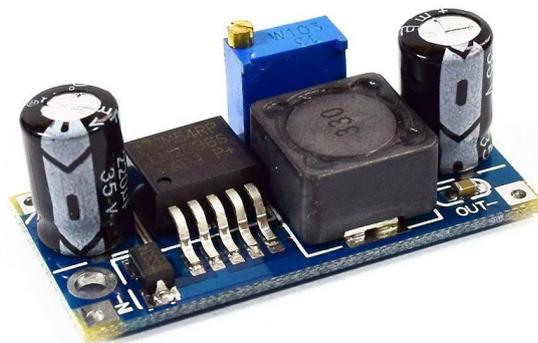


El relé es un interruptor unipolar de doble tiro. Su vida útil típica es de 100.000 ciclos de conmutación, dependiendo de la carga que esté utilizando, no suministra energía en los terminales de tornillo.

Voltaje máximo de relé	240 V CA.
Corriente máxima de relé	10A @ 28VDC, 12A @ 120VAC, 10A @ 240VAC.
Resistencia del relé	100 mΩ máx.
Voltaje de funcionamiento	3,5 V a 5,5 V
Consumo típico	30 mA del receptor
Dimensiones	32 mm x 32 mm x 23 mm
Aplicaciones:	Control de potentes armas auxiliares en combate RC. Control de bujías incandescentes en vehículos nitro RC. Control de sistemas de iluminación de alta potencia en grandes aviones RC, barcos, automóviles. Control de electrodomésticos y domótica. Control de componentes electrónicos automotrices no críticos, como el hilo incandescente. Control de casi cualquier aplicación que se pueda alternar con un interruptor.
Peso	21 g / 0,72 oz

*Tabla 2 Especificaciones Battle Switch Radio control relay*

### **Convertidor de Voltaje DC-DC reductor de 3A Módulo LM2596**



*Figura 18 Módulo LM2596*

El convertidor de voltaje DC-DC Step-Down 3A LM2596 tiene como función entregar un voltaje de salida constante inferior al voltaje de entrada frente a variaciones del voltaje de entrada o de carga. Soporta corrientes de salida de hasta 3A, voltaje de entrada entre 4.5V a 40V y voltaje de salida entre 1.23V a 37V. El voltaje de salida se selecciona mediante un potenciómetro multivuelta. (Datasheet, 2018b)

Los reguladores de tipo conmutado presentan altos niveles de eficiencia energética poseen únicamente componentes que no presentan pérdidas, es decir, que no absorben energía. (Superior al 80%). Los convertidores conmutados convierten el voltaje mediante el almacenamiento periódico de energía de entrada y la posterior liberación de esa energía en la salida de forma que el nivel de voltaje de final es el deseado.

El convertidor DC-DC LM2596 es un regulador de tipo conmutado reductor (Step-Down o Buck) con una alta eficiencia de conversión, excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. El módulo reduce al mínimo el uso de componentes externos para simplificar el diseño de fuentes de alimentación.

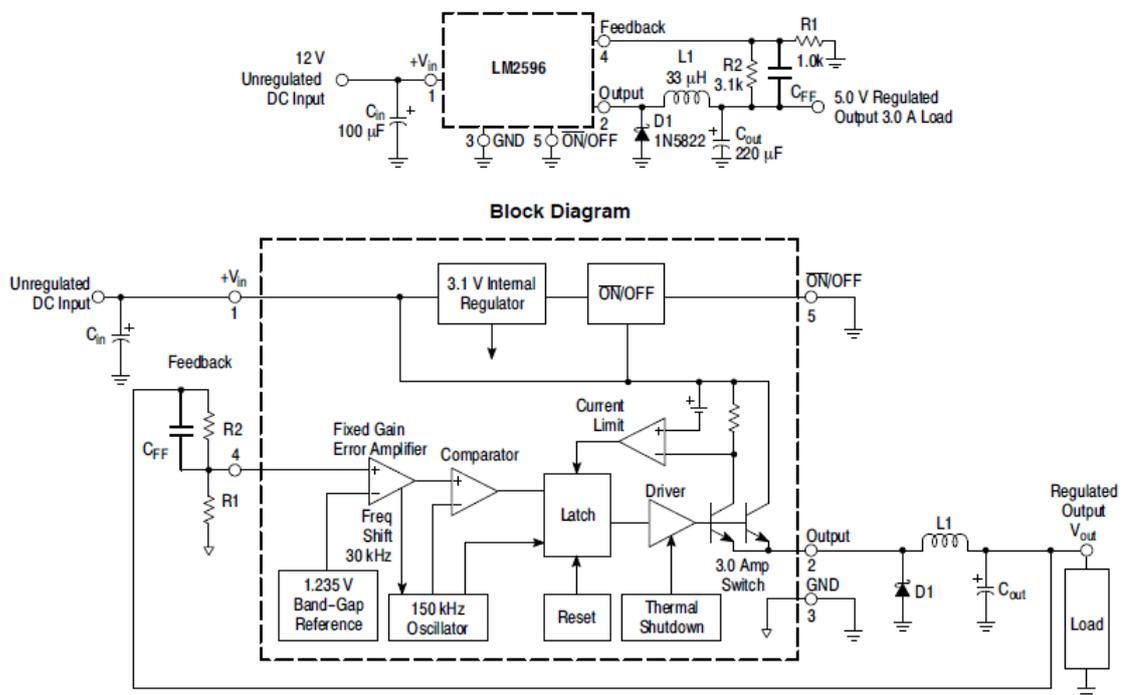


Figura 19 Aplicación típica (versión de voltaje de salida ajustable)

## Sistema de Comunicación

Son aquellos que permiten enviar y recibir una señal con un mensaje o información a través de un medio de transmisión conectando el transmisor, receptor y viceversa.

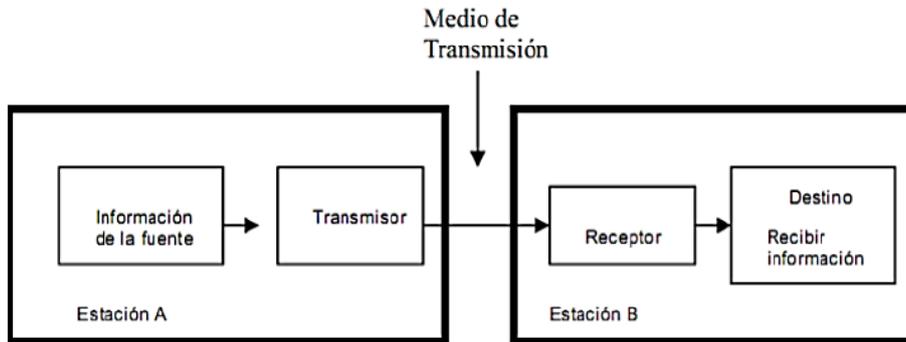


Figura 20 Diagrama de bloques de un sistema de comunicación

Se puede transportar dos tipos de señales analógicas o digitales:

### Señales analógicas

Toman valores infinitos en un intervalo de tiempo.

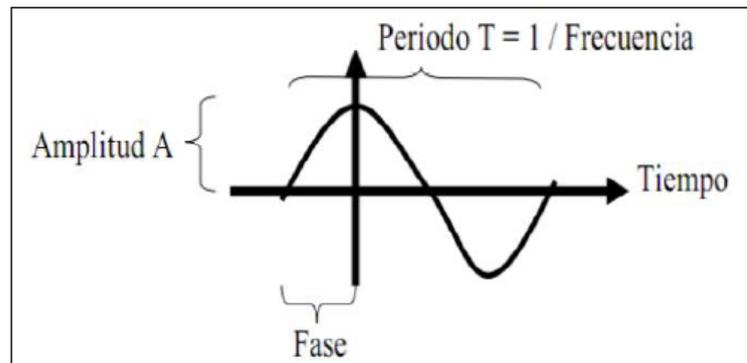
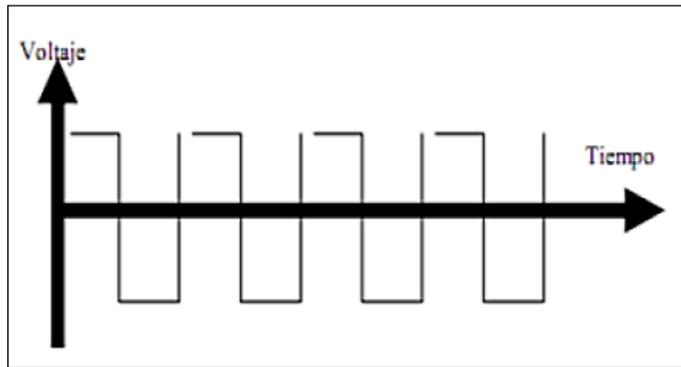


Figura 21 Señal analógica

### Señales digitales

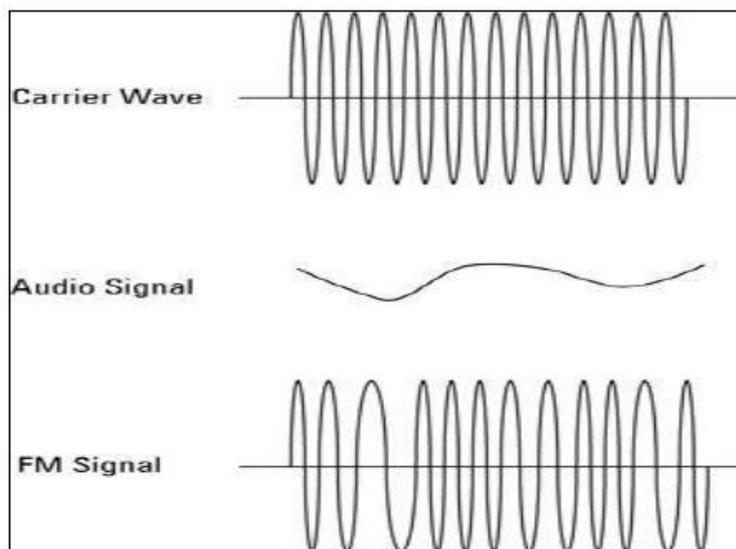
Toman valores finitos en un intervalo de tiempo.



*Figura 22 Señal digital*

**Modulación FM.**

La modulación FM o en frecuencia consiste en el cambio de variación de la frecuencia en la señal portadora con relación a la señal de la información. En esta modulación los ruidos o interferencias se eliminan y no cambian la información, ya que la misma se extrae del cambio de frecuencia mas no de la amplitud q en este caso no varía. (Alvarado Nieves, 2019)



*Figura 23 Modulación en frecuencia*

## Sistema de Radio control modelo FS-CT6B



Figura 24 Transmisor FS-CT6B

Es un sistema de radio de nivel de entrada de 2.4 GHz que ofrece la confiabilidad de la tecnología de señal de 2.4 GHz y un receptor con 6 canales. La radio CT6B 2.4GHZ 6CH TRANSMITTER es un transmisor de 6 canales de nivel de entrada económico, ideal para quadcopters y multicopters que requieren una operación de 6 canales.

Esta radio tiene un diseño muy liviano y práctico con dos interruptores de retracción y diales de aleta proporcional de fácil acceso para los canales 5 y 6. Puede alimentarse con 8 pilas AA o una fuente de alimentación de 12V. Este control remoto viene con el receptor FS-R6B, que es uno de los mejores receptores a un costo muy razonable.

Se puede configurar conectándolo a la computadora con el software de configuración T6 para configurar radio en una computadora. (Flysky RC model technology Cp. Ltd, s. f.)

Parámetros del transmisor	Parámetros del receptor
<ul style="list-style-type: none"><li>• Canales: 6</li><li>• Puerto de carga: Sí</li><li>• Banda de frecuencia: 2,4 GHz</li><li>• Puerto del simulador: PS-2</li><li>• Recurso de energía: batería de 1,5 V * 8 "AA"</li><li>• Tipo de programa: GFSK</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Canal: 6</li><li>• Banda de frecuencia: 2,4 GHz</li><li>• Recurso de energía: batería de 1,5 V * 4 "AA"</li><li>• Tipo de programa: GFSK</li><li>• Tipo de modulación: FM</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de modulación: FM</li> <li>• Potencia RF: 19 db</li> <li>• Corriente estática: 250mA</li> <li>• Tipo de visualización de voltaje. LED</li> <li>• Tamaño: 189*97*218mm</li> <li>• Peso: 575g</li> <li>• De color negro</li> <li>• Longitud de la antena: 26 mm</li> <li>• Heli-140/Heli-120/Heli-90/ Acro</li> <li>• Recorte secundario: Sí</li> <li>• Pasante Cuv: Programable</li> <li>• Medula Cuv: Programable</li> <li>• Admite modelo de usuario múltiple</li> <li>• Admite movimiento de recorte</li> <li>• Soporte de ángulo de timón volcado</li> <li>• Soporte de ajuste del ángulo del timón</li> <li>• Admite ajuste de software de ambas manos</li> <li>• Soporte de ajuste del plato cíclico</li> <li>• Admite salida de canal programable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad del receptor RF: -76db</li> <li>• Corriente estática: 85mA</li> <li>• Tamaño: 45*23*13.5 mm</li> <li>• Tamaño: 25* 16.8* 6.5mm</li> <li>• Peso: 12g</li> <li>• Color: Gris semitransparente</li> <li>• Longitud de la antena: 26 mm</li> </ul>
--	--

*Tabla 3 Especificaciones Radio control FS-CT6B*

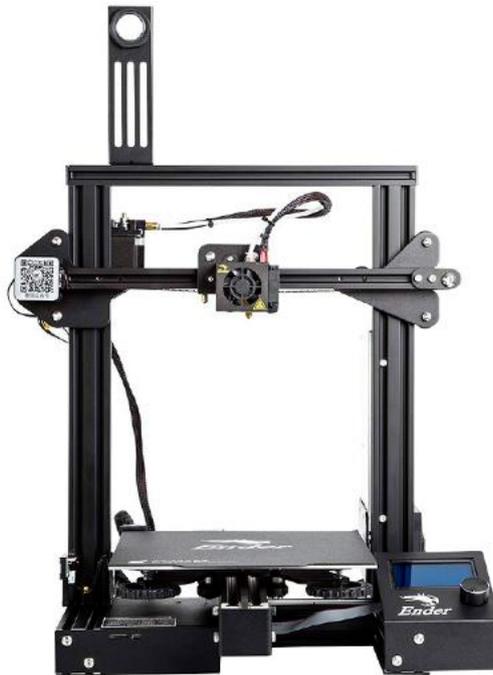


*Figura 25 Receptor FS-CT6A*

### **Impresión 3D**

Permite fabricar objetos personalizados y diseñados de acuerdo a las preferencias de los usuarios, esto permite reducir costos y tiempo de fabricación, es conocida también como

Manufactura aditiva. Se utiliza polímeros como materiales en muchas aplicaciones, los cuales son versátiles y con una gran adaptabilidad sintética.



*Figura 26 Impresora 3D*

Para la impresión 3D se utiliza polímero en forma de filamento expuesto a calor a través de una boquilla (extrusor) a presión constante que funde el material y lo expulsa sobre una superficie de vidrio de la impresora a una velocidad constante para luego solidificarse. Las capas que se van añadiendo se unen y forman el objeto de acuerdo a las especificaciones de los parámetros de impresión que se especifican al elaborar la pieza de impresión como la temperatura, la velocidad del extrusor, la velocidad de impresión, etc. A esa técnica de impresión 3D se le conoce como tecnología de Modelado por deposición de fundido (FDM). (León et al., 2019)

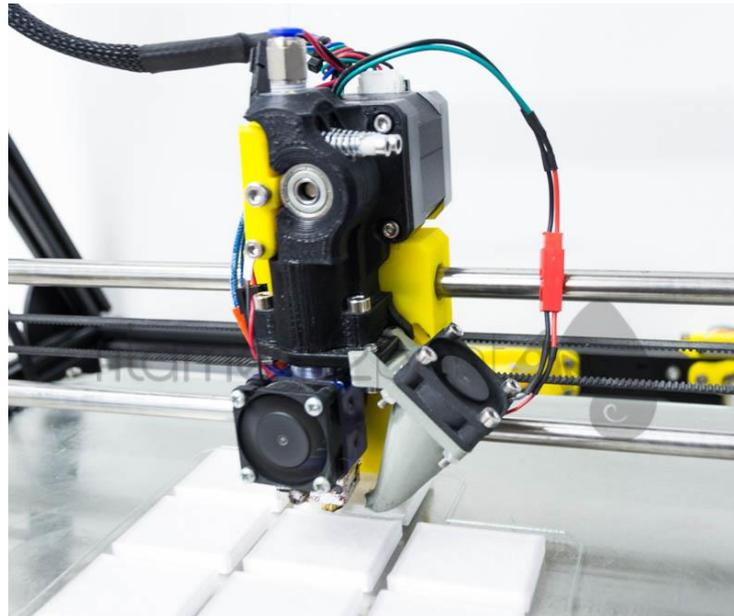


Figura 27 Tecnología de Modelado por deposición de fundido

Existen muchos materiales que se pueden utilizar en manufactura aditiva dependiendo la pieza final también de la densidad del material, propiedades mecánicas (como elongación hasta fractura, fuerza modulo elástico etc.) se puede variar la geometría de la pieza de impresión para mejora el diseño flexibilidad o robustez. (Vicente Oliva, 2018)

LA tecnología en 3D en la que utiliza materiales polímeros es la FDM, de acuerdo a la aplicación o servicio se selecciona el material en la siguiente tabla se describe algunas de las propiedades.

Material	Propiedades	Aplicaciones
ABS	Fuerte y resistente	Dispositivos médicos, automoción, aeroespacial
Nylon 12	Resistencia química buena, resistencia a impacto, resistencia a la fatiga	Aplicaciones con componentes de protección contra impactos, ajustes de fricción y presión en industrias como la automotriz y aeroespacial.
PLA	Buena resistencia a la tracción	Ideal para prototipos con detalles estéticos, respetuosos con el medio ambiente.
PEI o ULTEM	Resistencia mecánica y química, estabilidad térmica.	La relación resistencia/peso lo hace ideal para para la industria automotriz,

		aeroespacial, médica y para la producción de alimentos.
TPU	Resistente al desgaste, alto impacto, dureza y fuerza	Es flexible para alargamiento, es corrosible, versátil con propiedades de plástico o caucho útil para varias aplicaciones industriales.

*Tabla 4 Propiedades de los polímeros (León et al., 2019)*

### **Bomba de diafragma de agua autocebante**

Las bombas de riego son aparatos que proporcionan fuerza para que el agua fluya hacia la dirección deseada, se puede precisar la presión con la que se quiere que circule por lo que se tiene buen control. Para ejercer esta fuerza utilizan un motor que es la que da la energía por lo tanto existen diferentes tipos de bombas como las motobombas, electrobombas.

Las bombas de diafragma son recomendadas para trabajo agrícolas en lo que respecta a la fertilización, sus partes son de aluminio recubierto de plástico nylon y polipropileno que son los que están en contacto con los líquidos y químicos.



*Figura 28 Bomba de riego*

A continuación se muestran algunas de las especificaciones de este producto:

Voltaje:	12V / 24V
Potencia máxima:	120W
Flujo abierto:	10L / Min
Presión máxima:	1.3Mpa

Cabeza de succión:	1,5 m
Cabezal de descarga:	130m

*Tabla 5 Especificaciones bombas de riego de diafragma*

Se las puede utilizar para equipos industriales, vehículos turísticos, limpieza de vehículos, equipos médicos, limpieza de suelos, equipos químicos, equipo de purificación de agua, agricultura (césped y jardín), barcos, tratamiento de agua, bebidas, o limpieza de alfombras.

### **Boquilla Para Riego Nebulizador Goteo Aspersor**

Para la fumigación se utiliza nebulizadores los cuales expulsan agua en forma de neblina de tal manera que se esparce el fertilizante en los cultivos, el chorro de líquido sale a presión por el pequeño orificio que al estrellarse en la pared cóncava se distribuye en forma de niebla. (iAgua, s. f.)



*Figura 29 Nebulizador para riego*

## **2.2 Descripción de la propuesta**

### **a. Estructura general**

#### **Diagrama de flujo de los pasos para la construcción del robot móvil**

A continuación se describe los pasos y metodología utilizada para la implementación y construcción del robot móvil:

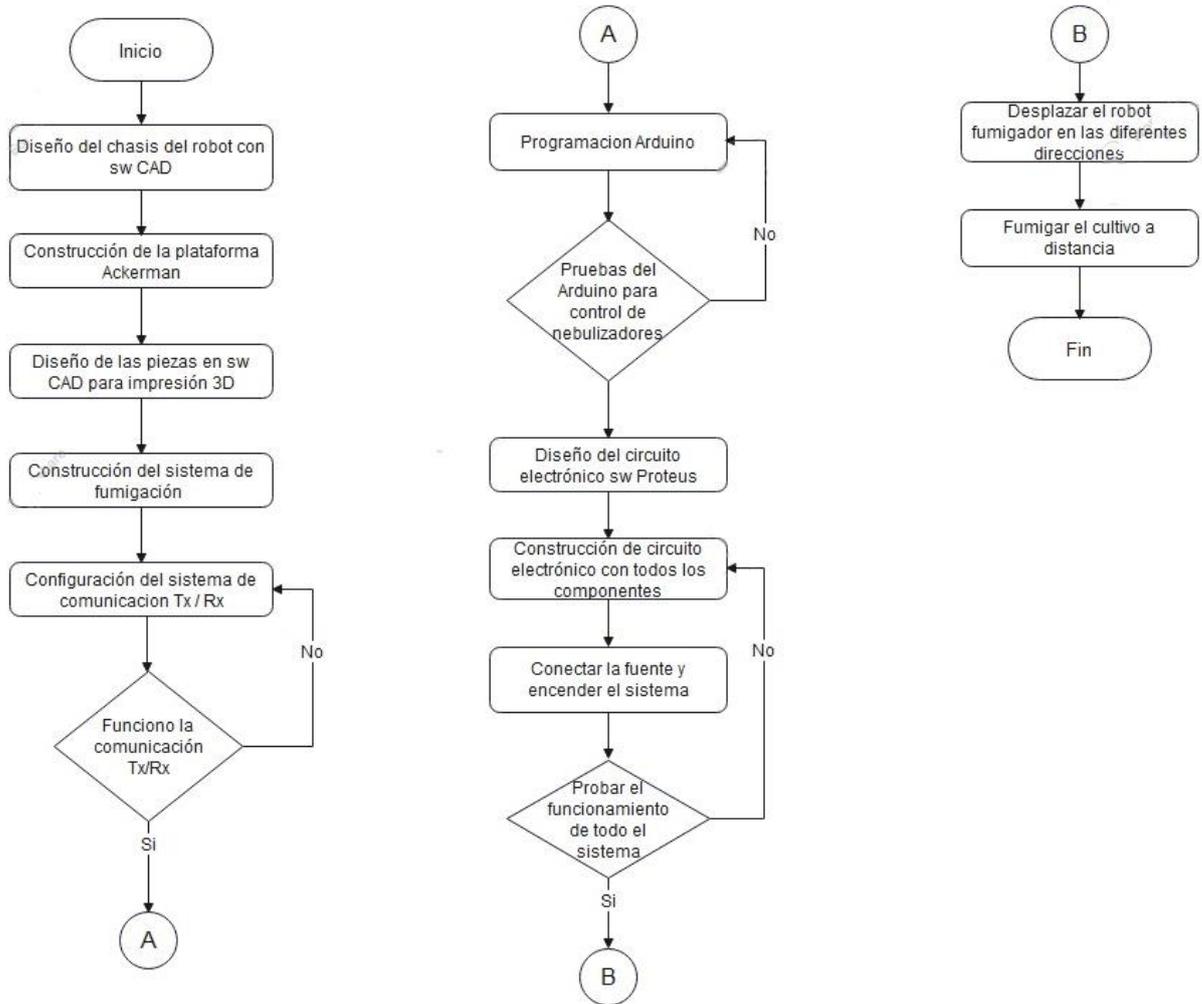


Figura 30 Diagrama de flujo de los pasos para la construcción del robot móvil

En el siguiente diagrama se visualiza cada uno de los bloques y componentes que forman parte del robot fumigador, circuito electrónico, sistema de transmisión y el sistema de comunicación así como las conexiones que se establecen cuando el robot se encuentra en funcionamiento.

### Diagrama general de la implementación del robot fumigador

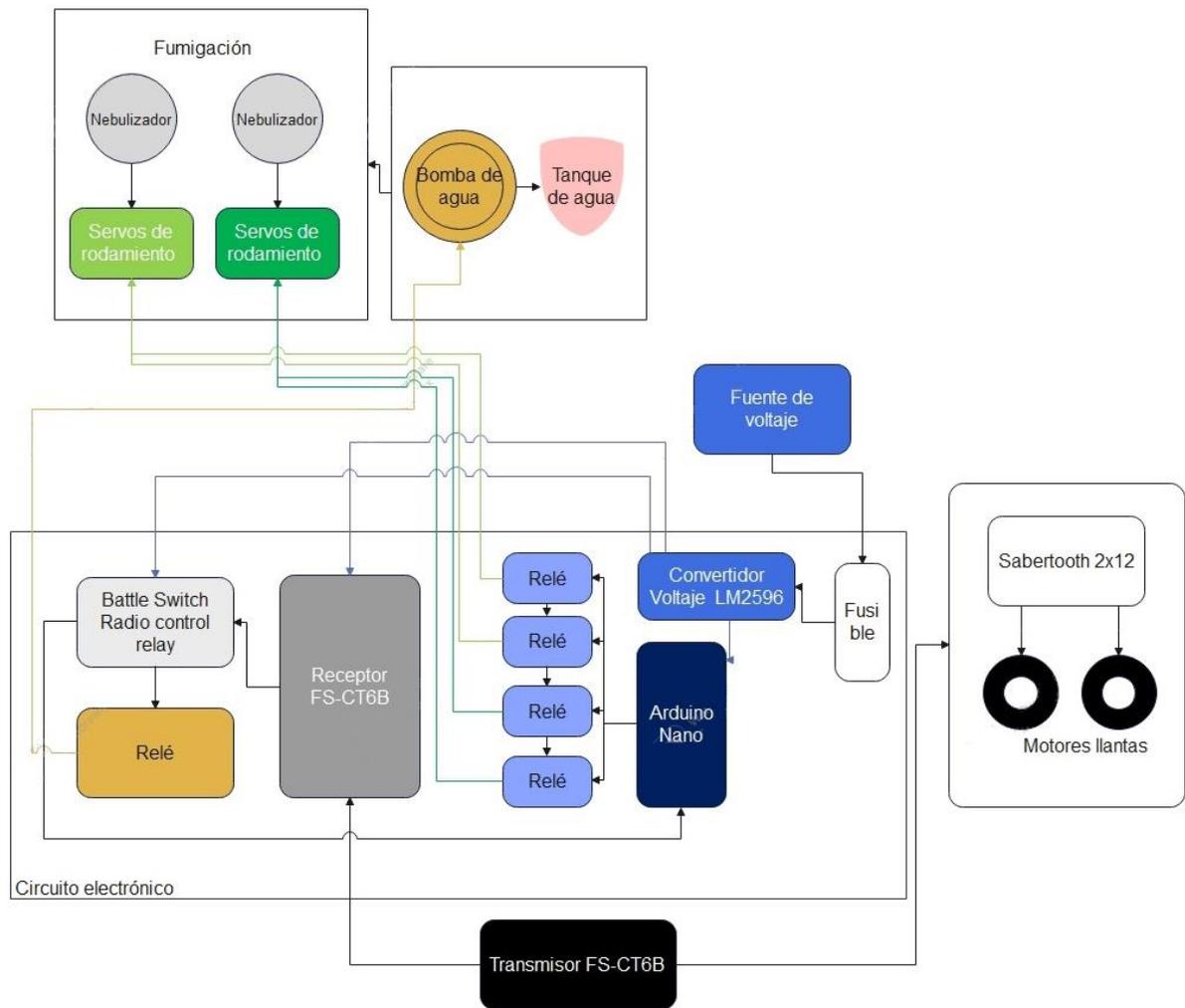


Figura 31 Diagrama general

### b. Explicación del aporte

El robot fue diseñado para permitir realizar tareas de fumigación a distancia de tal manera que las personas que realizan esta actividad no se encuentren expuestos a las sustancias químicas que se utilizan y que son perjudiciales para su salud. Para lo cual se utilizó un módulo de radio frecuencia de tal manera que se maneja el robot a una distancia prudencial y dentro del radio de alcance que especifica el transmisor y receptor que se utilizó.



*Figura 32 Preparación del robot*

Para utilizarlo se debe colocar el agua en el dispensador con los químicos necesarios, conectar la fuente y encender el robot a través del módulo transmisor y la palanca asignada para esta acción. Una vez se encienda el robot se pone en marcha la bomba y los nebulizadores empiezan a trabajar, con el transmisor se procede a mover el robot a la posición deseada para realizar la actividad de fumigación con los movimientos hacia adelante, hacia atrás, derecha e izquierda.



*Figura 33 Fumigación con mando a distancia*

Para el funcionamiento del robot fumigador se utilizó varios dispositivos electrónicos, piezas impresas en 3D, módulos de radio frecuencia, programación a continuación se detalla cada uno de ellos:

### **Diseño de la Estructura del robot**

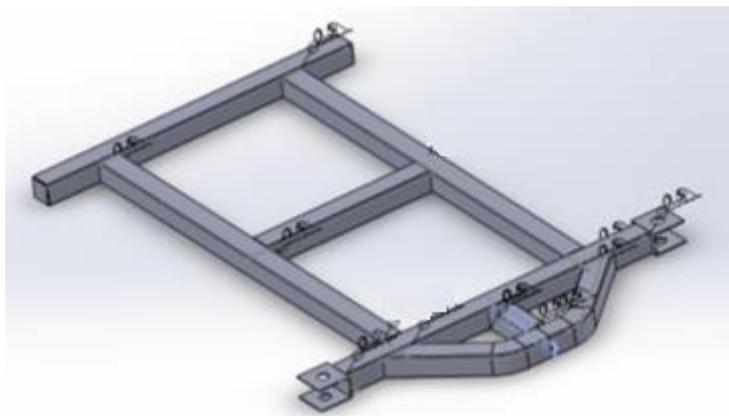
Para el diseño de la estructura se realizó una estructura sólida no muy pesada capaz de moverse, se toma en cuenta el material a utilizarse para el cual se tomó en cuenta los siguientes requerimientos:

- El material no debe oxidarse ya que estará expuesto al agua y químicos de fumigación.
- Debe ser fuerte para resistir golpes que pueda tener en el entorno
- El material no puede sufrir cambios luego de ser construido

Basado en la documentación consultada de robots agrícolas desarrollados y del terreno por donde se va a desplazar se realizó el diseño del robot. Para las dimensiones se consideró un ancho promedio de robots y el largo de acuerdo a los componentes que se colocan como dispensador de agua, bomba, componentes electrónicos, sistema de fumigación.

- Ancho del robot: 32 cm
- Largo del robot: 56 cm

Con la ayuda de Solidworks que es un software de diseño asistido por computador se realizó el diseño de las partes del chasis del robot.



*Figura 34 Chasis del robot en CAD*

Para la fabricación del chasis se utiliza acero ASTM A36 resistente a la tracción y permitió una buena soldadura.

Se descartó las demás configuraciones de la dirección debido a la inestabilidad, dificultad en el diseño de la cinta de transmisión y otras, es por ello que se seleccionó el robot móvil con sistema de locomoción por ruedas con configuración Ackerman.

Se realizó bases en forma de C para las ruedas delanteras como soporte de la dirección de configuración tipo Ackerman con ruedas tipo castor con una articulación para la rotación perpendicular al eje de la rueda.



Figura 35 Adaptación de las llantas al chasis

Para el cálculo del ángulo de giro se tomó en cuenta las dimensiones del robot con las que fueron diseñadas:

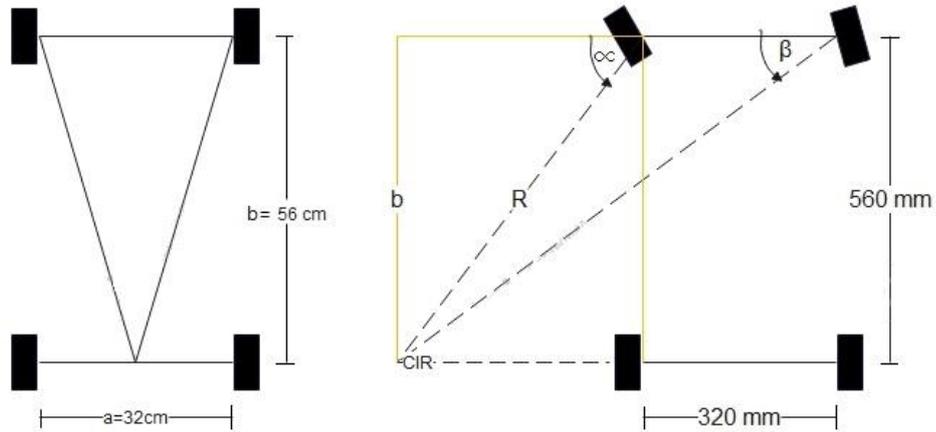
$$R = 2 * b = 2 * 560 = 1120$$

$$tg \alpha = \frac{b}{(R - a/2)} = \frac{560}{(1120 - 320/2)} = 0.58$$

$$\alpha = 30.11^\circ$$

$$tg \beta = \frac{b}{(R + a/2)} = \frac{560}{(1120 + 320/2)} = 0.44$$

$$\beta = 23.7^\circ$$



*Figura 36 Cálculo de giro de la dirección Ackerman*

Se colocó en la dirección 2 ruedas de 21 cm y en las traseras ruedas de 24 cm para el desplazamiento de adelante hacia atrás cuales giran con un motor de corriente continua con caja reductora acoplada.



*Figura 37 Llantas del robot fumigador*

Para generar el movimiento eléctrico RS390 GearBox de 6V 180000 RPM con engranaje de metal que lo hace resistente y duradero es muy utilizado en los vehículos de juguete de los niños, no es ruidoso, se lo colocó en la llanta trasera, no fue necesario control de la velocidad del motor; es un motor didáctico de fácil uso y control.



Figura 38 Instalación y conexión del motor en la llanta de atrás

### Conexiones y configuraciones del Sabertooth

Este motor se conecta al Sabertooth a través de sus terminales de tornillo a los terminales M1A y M1B.



Figura 39 Conexiones del Sabertooth 2x12

En el Sabertooth se conecta la batería a los terminales B+ al lado positivo de la batería y B- al lado negativo de la batería para la alimentación. Se debe tener cuidado el cableado para no dañar el módulo.

La ventaja de utilizar este módulo es que ya viene programado o configurado para interpretar las señales del radio control y lo que se hace es conectar el canal designado para el manejo del motor a las entradas S1 y S2, de manera que si el servo esta en 90° quiere decir que está apagado o parado el motor, si se acelera se mueve de 90° a 180° y el robot va hacia adelante y de 90° a 0° el motor va hacia atrás.

Para mover la dirección tipo Ackerman se utilizó el Servomotor MG995 que mediante la señal PWM enviada se realiza un control más preciso de las ruedas. Sin necesidad de utilizar motor bidireccional para el control que es menos preciso y brusco.

Cuando el Sabertooth no detecta la señal del transmisor se desconecta para evitar accidentes y el robot se para, son las ventajas de no utilizar programación y el Sabertooth ya viene programado.



*Figura 40 Control de la dirección del robot*

### **Programación Arduino Nano**

Mediante el Arduino Nano se realiza el control de los nebulizadores mediante programación en el cual con un ciclo de repetición estos realizan movimientos de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo al mismo tiempo y en modo alternado, considerando para ello ángulos adecuados para esparcir el líquido hacia las plantas y no hacia el mismo robot. A continuación se incluye una imagen de la programación utilizada para dicho objetivo.

```

#include <Servo.h>

int periodo = 100;
unsigned long TiempoAhora = 0;
Servo S1; // create servo object to control a servo
Servo S2;
Servo S3;
Servo S4;
int i; // analog pin used to connect the potentiometer
int tiempo=10;
int sen=0;

void setup() {
  S1.attach(12); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
  S2.attach(11);
  S3.attach(8);
  S4.attach(9);
  pinMode(2,INPUT);
  pinMode(13,OUTPUT);
}

void loop()
{
  sen=digitalRead(2);

  if(millis() > TiempoAhora + periodo){
    TiempoAhora = millis();
    digitalWrite(13, !digitalRead(13));
  }
  if(sen==1)
  {

    for(i=1;i<=180;i++)
    {
      S1.write(i);
      S2.write(i/3);
      S3.write(i);
      S4.write(180-(i/3));
      delay(tiempo);
      if(millis() > TiempoAhora + periodo){
        TiempoAhora = millis();
        digitalWrite(13, !digitalRead(13));
      }
    }

    for(i=180;i>=0;i--)
    {

      S1.write(i);
      S2.write(i/3); |
      S3.write(i);
      S4.write(180-(i/2));
      delay(tiempo);
      if(millis() > TiempoAhora + periodo){
        TiempoAhora = millis();
        digitalWrite(13, !digitalRead(13));
      }
    }
  }
}

```

*Figura 41 Programación Arduino para control de los nebulizadores*



Como se puede observar en la imagen se muestra la conexión de cada uno de los dispositivos que se utilizó en la placa entre ellos el Arduino Nano, el receptor FS-CT6B, el convertidor LM2596, Relay BattleSwitch, Sabertooth 2x12, servos, fuentes de alimentación, resistencias, leds y demás componentes electrónicos.

En la siguiente imagen se muestra una vista 3D en el software de cómo se vería la misma una vez se incluye los componentes electrónicos.

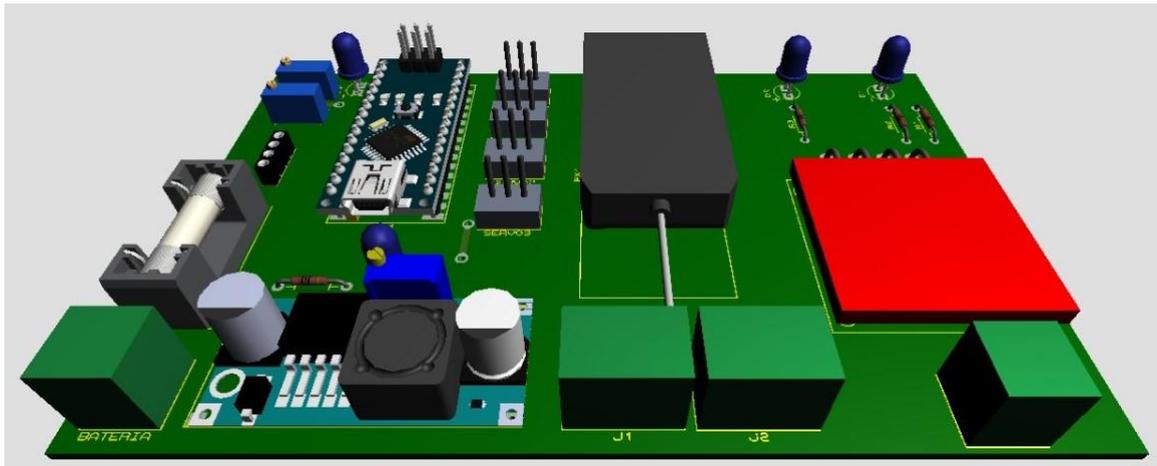


Figura 43 Placa con vista en 3D

### Piezas impresas en 3D

Se utilizó para el diseño de algunas partes del robot impresión 3D con material PLA, a continuación se muestran las imágenes de cada uno de los diseños realizados y utilizados en el ensamblaje del robot.

Base y tapa de la caja para la placa de fibra vidrio con los componentes electrónicos Receptor, Battle Switch, LM2596, Arduino, servos, etc.

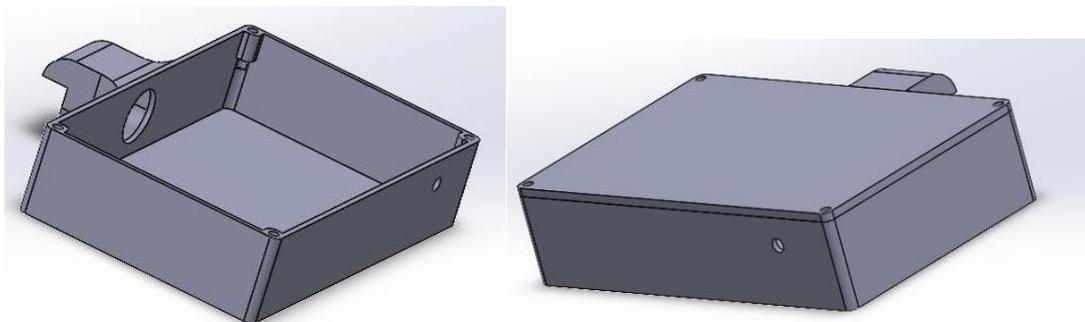
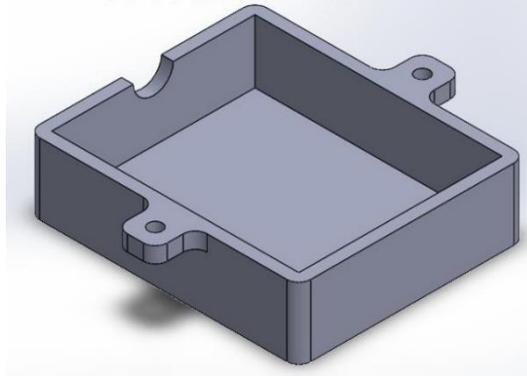


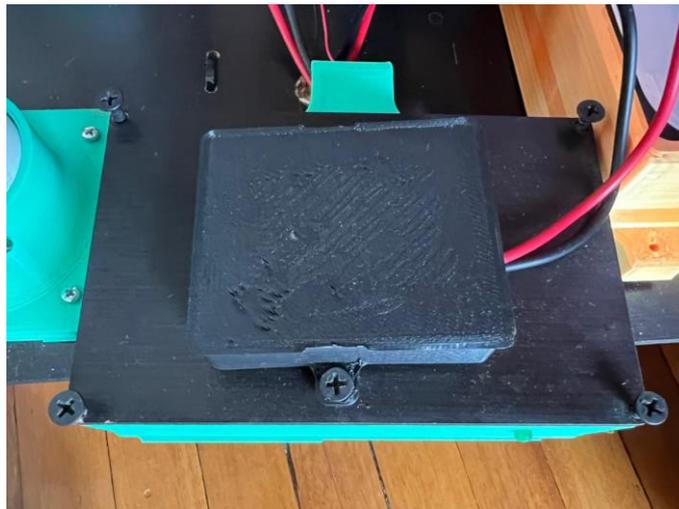
Figura 44 Base y tapa para placa

Se realizó el diseño de una tapa para el Módulo Sabertooth 2x12 que se colocó sobre la caja anterior con los demás componentes electrónicos.



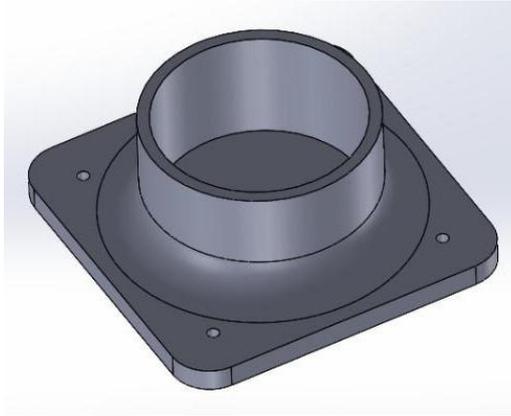
*Figura 45 Tapa para el módulo Sabertooth 2x12*

En la siguiente imagen se muestra las piezas impresas en 3D y colocadas en el robot.



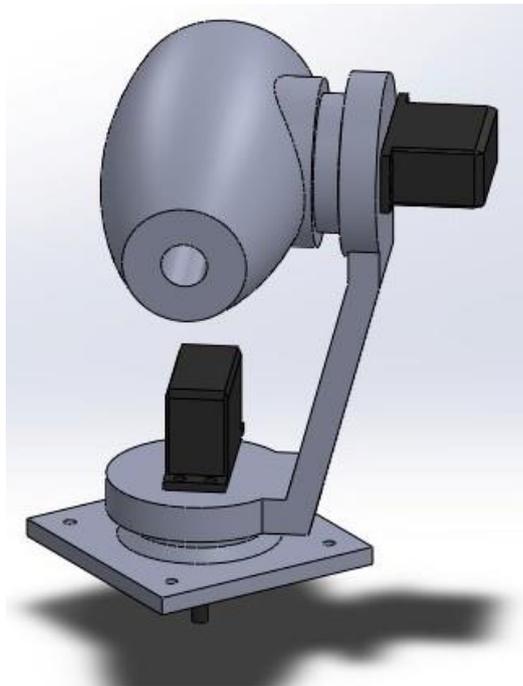
*Figura 46 Piezas en 3D para dispositivos electrónicos*

Para la base de los tubos en PVC por donde circula el agua del dispensador a los nebulizadores se utilizó el siguiente diseño



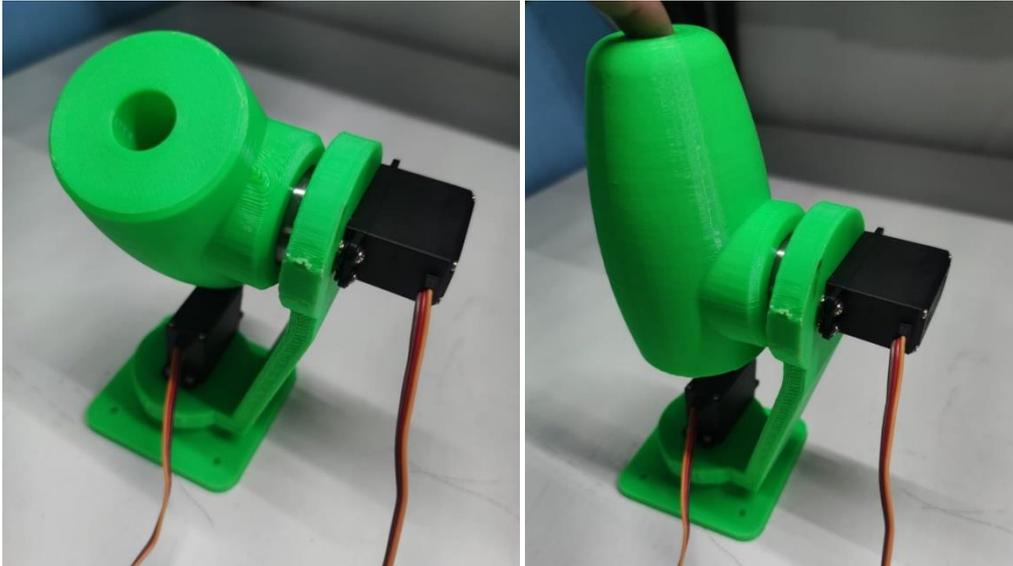
*Figura 47 Soporte tubos PVC*

Se diseñó en 3D piezas para la instalación de los nebulizadores, servos que realizan el movimiento para la fumigación.



*Figura 48 Piezas en 3d para instalación de los nebulizadores*

En las siguientes imágenes se muestran las piezas impresas en 3D armadas conjuntamente con los servos MG995



*Figura 49 Piezas en 3D para instalación de nebulizadores*

### **Construcción del sistema de fumigación**

Para el sistema de fumigación se utilizó un tanque dispensador de líquido con un material que no afecte y sea de fácil limpieza, una bomba de riego de diafragma modelo 3210 la cual ejerce fuerza en el caudal de agua para enviarlo a través de mangueras de riego que se encuentran protegidas por tubos PVC hacia los nebulizadores.

Finalmente se muestra armado todo el sistema de fumigación con las piezas impresas en 3D, canal por donde circula el agua, servos, nebulizadores, la bomba instalada y conectada al dispensador de agua.



*Figura 50 Sistema completo para etapa de fumigación*

## Funcionamiento del robot

Para encender el robot se utiliza la palanca FS-CT6B previamente configurado en la cual se estableció el canal para encender y apagar el robot



*Figura 51 Encender y apagar el robot*

Desde el cual se envía una señal desde el transmisor al receptor que se encuentra en la placa, al cual se encuentra conectado el Battle Switch Radio control relay e interpreta como una señal de relé, si se coloca la palanca hacia arriba se envía una señal de más de 90° quiere decir que se encienda (ON) el robot y se coloca la palanca hacia abajo se envía una señal de menos de 90° quiere decir que se apague el robot (OFF)

Posteriormente esta señal (ON/OFF) se realimenta y es enviado al Nano Arduino conmutando entre 5V y 0V, si está en posición de prendido en el Arduino es un 1 y si esta pagado es un 0.

Una vez se enciende el robot con la señal recibida mediante la programación se envía a encender la bomba y los motores.

En la placa también consta de una fuente tipo Buck que es mucho más eficiente que una fuente lineal y estabilizada maneja hasta 3A máximo pero para el circuito se utilizó 1A debido a que el consumo de los dispositivos es bajo. Se utilizó una bomba que trabaja con 24V sin embargo para el manejo de los nebulizadores con 7V fue suficiente para reducir la presión del agua.



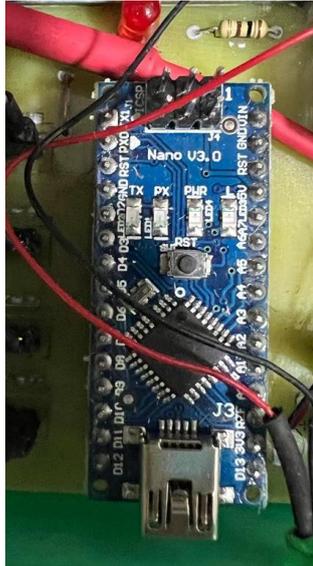
*Figura 52 Bomba de agua*

Debido a que se maneja diferentes voltajes como el de la bomba y el de los demás dispositivos se utilizó la placa Convertidor Voltaje DC-DC Reductor 3A LM2596, una vez que se conecta la fuente ingresa el voltaje a un fusible que se le coloca como medio de protección en caso de que exista cambios de corriente el circuito se abra, a través de esta fuente LM2596 se regula mediante los potenciómetros a un voltaje de 5V con el cual se alimenta el Arduino, servos, BattleSwitch, el módulo de radio control.



*Figura 53 Convertidor Voltaje DC-DC Reductor 3A LM2596*

Con la programación del Arduino que mostro anteriormente se controla el movimiento de los nebulizadores para la fumigación los cuales realizan movimientos de 90° con él un servo y el otro 45°, utilizando una estructura de repetición se controla todos los motores al mismo tiempo en secuencias establecidas dentro de la programación.



*Figura 54 Arduino Nano V3.0*

Cuando la placa y los dispositivos se encuentran correctamente alimentados y el robot puesto en marcha se enciende la bomba y los motores para el manejo de los nebulizadores.

Mediante el transmisor y los otros canales se puede poner en marcha el robot y manejarlo a distancia con movimientos hacia adelante y atrás en un canal y la dirección derecha e izquierda en otro canal.



*Figura 55 Control movimientos del robot*

Con el robot fumigador se logró el control del mismo en las diferentes direcciones y el esparcimiento del líquido en las plantas para realizar esta actividad, controlando mediante el sistema de comunicación de radio frecuencia a una distancia que no se tenga contacto con el

líquido. Se pudo establecer la transmisión a distancia de hasta 50 metros sin ningún problema en la conexión y cumplir con el objetivo de este proyecto.

### **c. Estrategias y/o técnicas**

Para el desarrollo del robot fumigador se utilizó la metodología con enfoque Cualitativo en el cual como estrategias se siguió un sistema planificado de procesos o fases sistematizadas para llegar al objetivo o propósito del presente proyecto.

Dentro de las técnicas desarrolladas lo primero que se hizo una recopilación de información que esté relacionado con trabajo realizado en el mismo contexto del proyecto en los últimos años. Para lo cual se hizo una investigación documental tomando en cuenta el entorno en el que se va a desarrollar, los actores que se ven involucrados en el manejo y uso en este caso del robot fumigador, constituyéndose los mismos en documentos primarios con información relevante para la investigación. Esta información fueron investigaciones realizadas en el diseño de robots fumigadores en documentos como artículos, científicos, tesis de maestría, fotos y videos.

Posteriormente se recopiló información que permitió dar soporte a la investigación en el cual se hizo un análisis de los posibles componentes para el desarrollo del robot y determinar los mejores componentes para ser utilizados.

Se utilizó técnica de investigación etnográfica en el cual se analiza la realidad de la conducta humana de un grupo, observando factores de riesgo, conductas, problemas de salud, aspectos de calidad.

Una vez se estableció los componentes y materiales que se van a utilizar se procedió al diseño de las partes y piezas, así como también a la configuración y conexión de los diferentes componentes electrónicos que forman parte del robot fumigador.

Para lo cual se utilizó software de programación para Arduino, software de diseño como Solidworks para la elaboración de las partes del robot como chasis, soportes de los diferentes componentes electrónicos, bomba, motores, sistema de fumigación entre otros, software de diseño electrónico como Proteus que permitió realizar una simulación de todo el esquema y de los posibles errores.

## **2.3 Validación de la propuesta**

La siguiente tabla presenta información detallada de los actores seleccionados para la validación del modelo.

### Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
José Javier Gavilanes Carrión	6 años	Master universitario en automática y robótica	Docente ESPOCH
Encalada Ruiz Patricio Germán	9 años	Master universitario en automática y robótica	Docente UTA
Mendoza Chipantasi Dario José	6 años	Master universitario en automática y robótica	Docente ESPE

### Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
José Javier Gavilanes Carrión	6 años	Master universitario en automática y robótica	Docente ESPOCH

### Criterios de valuación

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

*Escala de evaluación.* Elaborada por: *Ing. José Javier Gavilanes Carrión Mgs.*

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Encalada Ruiz Patricio German	9 años	Master universitario en automática y robótica	Docente UTA

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Mendoza Chipantasi Dario José	6 años	Master universitario en automática y robótica	Docente ESPE

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

## 2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

### *Matriz de articulación*

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
<b>1</b> Definición: de los elementos electrónicos, de control de aplicación de programación, de comunicaciones, variables de entrada a monitorear, variables de salida a controlar, partes y piezas etc.	1.1 Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios.	Programación Comunicaciones Inalámbricas Manufactura Aditiva	Técnicas de Recopilación de documentación que permitan determinar componentes, partes y piezas para ser utilizados en el robot.
<b>2</b> Diseño: de circuitos electrónicos, de control, aplicación, programación, cálculos simulaciones, etc.	2.1. Tarjeta electrónica basada en Arduino nano 2.2. Circuito electrónico de potencia 2.3. Sistema de comunicación por radio frecuencia	Programación de Arduino nano Aplicaciones de diseño de circuitos electrónicos (Proteus) Conexión entre el transmisor y receptor para la comunicación por radio frecuencia.	Software Proteus Software Arduino

		2.4 Proteus para simulación de componentes electrónicos		
3	Diseño: de partes y piezas impresas en 3D, construcción del chasis del robot, etc.	3.1. Piezas impresas en 3D 3.2. Chasis del robot fumigador construido en acero.	Diseño de las partes y piezas del robot con la ayuda de Solidwork. Impresión 3D en material PLA de las partes piezas del robot fumigador.	Software Solidworks
4	Implementación: cableado, sistemas electromecánicos, de control, de comunicaciones, programación, estructuras físicas, políticas de seguridad informáticas, etc.	4.1. Antenas, transmisores y receptores de comunicaciones 4.2. Control de motores y bomba.	Sistemas de comunicaciones Control por programación	Construcción y armado del robot con cada una de las partes siguiendo los diseños realizados en los diferentes software durante las etapas de diseño.
5	Pruebas: Transmisión y recepción de señales, movimiento del robot, fumigación	5.1 Robot fumigador	Funcionamiento del sistema de comunicación. Funcionamiento del sistema de fumigación	Observación del robot fumigador en diferentes ambientes.

## **2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.**

En la investigación se realizó una recopilación de información relacionada a la construcción de robots fumigadores determinado las ventajas y desventajas de sus aplicabilidad en el sector agrícola, en lo que se pudo deducir que el uso de la robótica en la actualidad ha permitido realizar tareas repetitivas, muchas veces que ponen en peligro la salud de las personas que realizan esta actividad, mejorar sus condiciones de vida al no estar expuesto a largas jornadas de trabajo así como también a las inclemencias del medio ambiente y a poner en riesgo su salud debido a la exposición de químicos que se utilizan para fumigar los cultivos.

De la misma manera se determinó con la información recolectada los mejores componentes en la actualidad que se pueden utilizar para el diseño y construcción de un robot fumigador, considerando beneficios, costos y tiempo para poder elaborarlo, dentro de los cuales se optó por componentes electrónicos que se adaptan de la mejor a este proyecto y que fueron descritos en las secciones correspondientes. Para la elaboración de las partes y piezas se optó por la manufactura aditiva que en la actualidad reduce costos, tiempo y se adaptan perfectamente a los requerimientos del usuario al ser diseñados a medida y según las especificaciones que se necesita.

Una vez de identificado materiales, componentes se procedió a la implementación del robot fumigador para poder controlarlo a distancia de tal manera que el usuario no se encuentre en contacto con los líquidos de fumigación, así como también se esparza el líquido en los cultivos considerando que la presión del agua impulsada por la bomba salga por los nebulizadores sin dañarlos es por ello que se consideró el uso de los nebulizadores para esta tarea.

El robot fumigador cumplió con el objetivo de desplazarse por los cultivos en las pruebas realizadas mediante el uso de las palancas del transmisor se pudo controlar su desplazamiento por el área deseada, la superficie por donde se desplace no debe tener demasiada inclinación ni con demasiados desniveles debido a que se utilizó motor y llantas de uso didáctico que no tienen demasiada fuerza ni agarre suficiente respectivamente para adaptarse a estos terrenos.



*Figura 56 Robot fumigador en etapa de pruebas*

El proceso de fumigación se realizó sin inconvenientes ya que los nebulizadores son controlados por la programación del Arduino en series repetitivas y movimientos controlados para que esparza el líquido sin interrupciones mientras el robot se desplaza por los cultivos.

## CONCLUSIONES

- Se realizó una recopilación de información referente a la construcción de robots fumigadores controlados de diferentes maneras sea con mandos a distancia o de forma autónoma, para las tareas de fumigación, con lo cual se puede concluir que el uso de la robot permite ahorro de tiempo y mejora las condiciones de trabajo de los agricultores al usarlo y no tener que exponerse a este ambiente y al clima, evitando todos los posibles problemas que conlleva hacerlo manualmente.
- Para el diseño electrónico se utilizó componentes que se seleccionó minuciosamente y que se encuentran en el mercado con muy buenas prestaciones, adecuados y que facilitan la implementación del robot móvil y el control de los demás componentes. El sistema de comunicación no presento inconvenientes en la transmisión de las señales para el manejo del desplazamiento del robot por lo tanto se lo considero adecuado. Sin embargo con la batería utilizada se puede realizar en las tareas de fumigación por un periodo de aproximadamente 30 minutos por lo tanto se podría utilizar otra batería que proporcione mayor tiempo de duración si es necesario.
- La programación utilizada en el Arduino es adecuada permite enviar órdenes para el movimiento de los servos que manejan los nebulizadores, sin interrupción esparciendo el líquido en los cultivos mientras el robot se desplaza.
- El uso de la manufactura aditiva permitió diseñar las piezas e imprimirlas con las características adecuadas y específicas para los componentes que forman parte del robot por lo que se concluye que en la actualidad es de gran utilidad, reduce tiempo y no es muy costoso. Además de que al ser utilizados en el robot permitió tener una presentación adecuada de los componentes y brinda seguridad a los mismos al estar expuesto en este caso a líquidos que podrían dañarlos.
- Finalmente podemos concluir que se logró el objetivo de construir un robot fumigador con control a distancia para tareas de fumigación que se desplaza en terrenos llanos esparciendo los líquidos o químicos en los cultivos mientras el operador lo maneja a distancia. De esta manera estas tareas repetitivas la realiza el robot y el usuario no deberá exponerse a los químicos ni pasar varias horas bajo sol o lluvia al realizar esta actividad.

## RECOMENDACIONES

Para la selección de los documentos se debe considerar los últimos años debido a que en la actualidad existen componentes electrónicos mucho mejores, más pequeños, con mejores prestaciones y que realizan más tareas que los componentes usados en años anteriores que incluso se los tenía que elaborar. Por lo tanto esta información debe ser actual para ir acorde a la tecnología.

Para la implementación de los componentes electrónicos se debe tener mucho cuidado en el manejo de los mismos y consultar la documentación respectiva (datasheet) para ser conectados y que funcionen conjunto caso contrario se puede dañarlos y por lo tanto volver a adquirir lo cual implica mayores costos.

Se recomienda el uso de software para realizar las respectivas simulaciones, diseños en el computador de esta manera se prueba todo antes de hacerlo físicamente y evitar pérdidas de material o de componentes al no ser los adecuados para el objetivo.

Para el uso del robot se recomienda seguir los pasos para ponerlo en funcionamiento caso contrario no lo hará correctamente o se puede dañar algún componente del mismo.

El robot móvil se lo diseño para ser usado en terrenos llanos, por lo tanto si se lo quiere utilizar en terrenos con mayor inclinación o desniveles considerar cambiar el motor, la fuente de alimentación y llantas por unos más adecuados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Nieves, J. G. (2019). *Implementación de un módulo de práctica FM*. 83.
- AUTODESK. (s. f.). *DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA SOFTWARE DE DISEÑO CAD*. 2022.
- Ayme, R. E., Micolini, O., Ventre, L. O., García, A. B., & Sagripanti, S. J. (2020). *Hermes II: Robot Educativo Holonómico para la Enseñanza en Ingeniería*. 7(2), 63-71.
- Baena Paz, G. (2017). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Serie integral por competencias* (3ra ed., Número 2017). Patria. <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- Carpio Santos, L. K. (2018). El uso de la tecnología en la agricultura. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(14), 25-32. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol2iss14.2018pp25-32>
- Cornejo Orosco, R. G., & Delgado Luna, A. A. (2021). *DISEÑO DE ROBOT AGRÍCOLA PARA FUMIGACIÓN AUTOMÁTICA DE MALEZAS EN TERRENOS LLANOS USANDO VISIÓN INTELIGENTE FASTER R-CNN EN PLATAFORMA PYTHON*. September, 10. [https://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/opinion\\_proy\\_leg/Informe-N-053-2020-SAAJ.pdf](https://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/opinion_proy_leg/Informe-N-053-2020-SAAJ.pdf)
- Datasheet. (2018a). *MG995 High speed metal gear dual ball bearing servo. 6 V*, 1-2. [https://components101.com/sites/default/files/component\\_datasheet/MG995-Servo-Motor-Datasheet.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/MG995-Servo-Motor-Datasheet.pdf)
- Datasheet, S.-D. S. R. (2018b). LM2596 Regulator 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator. *Europe, Middle East and Africa Technical*, 27.
- Electronics hub, R. T. (2021). *Arduino Nano Pinout, Board Layout, Specifications, Pin Description*. <https://www.electronicshub.org/arduino-nano-pinout/>
- Engineering, D. (2012). *Sabertooth 2x12 User's Guide*. September, 6-30.
- Figuroa Sarcos, J. A. (2015). *Prototipo De Robot Semiautónomo, Especializado En Fumigación Agrícola Bajo La Tecnología "Arduino"*.
- Flysky RC model technology Cp. Ltd. (s. f.). *FS-CT6Bmanual.pdf*.
- Frías Moyón, J. R. (2022). *Prototipo robótico para la desinfección de ambientes cerrados COVID*. 111.
- García, M. A., Gutiérrez, S. ;, López, H. C. ;, Rivera, S. Y., & Ruiz, A. C. (2007). Estado del arte de la tecnología de robots aplicada a invernaderos State of the art of robot technology applied to greenhouses. *Rev. AIA*, 11(3), 41-52. <http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=31189161&S=R&D=bth&EbscoContent=dGJyMNLe80Seqa44y9fwOLCmr0%2Bep7VSsq24SLGWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpsEqyr7NluePfgex44Dt6fIA>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2014). Metodología de la Investigación. En *Metodología de la Investigación* (6ta ed., Vol. 1999, Número December). Mc Graw Hill.
- iAqua. (s. f.). *Riego por nebulización*. <https://www.iagua.es/noticias/iriego/16/02/29/riego-nebulizacion>
- Jonatan, A., & Tapia, V. (s. f.). *Diseño E Implementación De Un Robot Móvil Autónomo Y Teleoperado Para Labores Agrícolas*. 1-19.

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6890/1/AC-EAC-ESPE-047263.pdf>

- León, M., Marcos-Fernández, Á., & Rodríguez-Hernández, J. (2019). Impresión 3D con materiales elastoméricos. *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, 118(747), 2.
- Ortiz Arroyave, L. F., Vásquez Carvajal, M., & Muñoz Ceballos, N. D. (2018). Navegación de robots móviles en entornos con discontinuidades: una revisión. *Revista Politécnica*, 14(27), 103-115. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n27a10>
- Poma Crisostomo, J. J. (2020). *Diseño De Un Robot Móvil De Servicio Para Aplicaciones De Fumigación Del Cultivo De Maíz En La Provincia De Concepción De La Región Junín*. 304. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8025>
- RODRÍGUEZ, E., & ZABALA, M. (2017). Desarrollo de un sistema autónomo y prototipado robótico para fumigación de cultivos de tomate. *Revista Politécnica*, 13(1), 43. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Salvador, R. M. (2018). *Comparación de dos programas CAD mediante el diseño y simulación de un sistema de transmisión*.
- Shanghai Bozhong Metal Group Co., L. (s.f.). *Acero al carbono*. <http://www.metal-sino.com/?m=home&c=Lists&a=index&tid=75>
- Solaque, L., Sanchez H, G., & Riveros G, A. (2019). Control de velocidad traslacional y orientación de un robot dedicado a agricultura de precisión. *Revista Politécnica*, 15(28), 9-19. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a1>
- Velasco, E., Oliva, M., & Sánchez, M. (2017). *El Sistema De Dirección*. 48. <https://umh1796.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/272/2013/02/sistema-de-direccion-texto1.pdf>
- Vicente Oliva, S. (2018). La Impresión 3D Como Tecnología De Uso General En El Futuro. *Economía Industrial*, 407, 123-125.
- Xavier Carlos Paucar Toapanta. (2019). *Implementación de un prototipo de robot bípedo con tecnología XBee para la detección de obstáculos predeterminados*.

ANEXOS





Yo, GAVILANES CARRIÓN JAVIER JOSÉ, con C.I 1720788445, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: ROBOT PARA FUMIGACIÓN CONTROLADO POR MANDO A DISTANCIA.

Elaborado por el Ing. Alexandra Orfelina Pazmiño Armijos, con C.I 0603476029, estudiante de la Maestría en ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 12 de septiembre de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**JAVIER JOSE**  
**GAVILANES**  
**CARRION**

GAVILANES CARRIÓN JAVIER JOSÉ

C.I 1720788445

Registro SENESCYT 7526 R-15-28326



Yo, Patricio Germán Encalada Ruiz, con C.I 1803881935, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: ROBOT PARA FUMIGACIÓN CONTROLADO POR MANDO A DISTANCIA.

Elaborado por el Ing. Alexandra Orfelina Pazmiño Armijos, con C.I 0603476029, estudiante de la Maestría en ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 12 de septiembre de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**PATRICIO  
GERMAN  
ENCALADA RUIZ**

Patricio Germán Encalada Ruiz

C.I 1803881935

Registro SENESCYT 724178062



Yo, MENDOZA CHIPANTASI DARIO JOSÉ, con C.I 0603110834, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: ROBOT PARA FUMIGACIÓN CONTROLADO POR MANDO A DISTANCIA.

Elaborado por el Ing. Alexandra Orfelina Pazmiño Armijos, con C.I 0603476029, estudiante de la Maestría en ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 12 de septiembre de 2022



Firmado electrónicamente por:

**DARIO JOSE  
MENDOZA  
CHIPANTASI**

**MENDOZA CHIPANTASI DARIO JOSÉ**

**C.I 0603110834**

**Registro SENESCYT 7526 R-15-28068**