



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ROBOT SEMIAUTÓNOMO DESINFECTANTE MEDIANTE

SEGUIMIENTO DE LÍNEA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21711313 WILFREDO LONTERO CASTILLO

21411114 EDUARDO DANIEL GARCÍA VILLANUEVA

ASESOR: JOSÉ LUIS ORDOÑEZ

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; JULIO, 2021

DEDICATORIA

WILFREDO LONTERO:

Dedico este proyecto de investigación primeramente a Dios, creador del universo, por ser mi todo y estar presente en el transcurso de mi vida, brindándome salud, sabiduría y una hermosa familia.

A la memoria de mi amada abuela Dia García, por darme todo su amor y atención incondicionales, siendo una segunda madre y un ángel.

A mis padres, Wilfredo Lontero y Daisy Castillo, por sus grandes esfuerzos y apoyo, siendo ellos los pilares de mi formación espiritual y educativa.

EDUARDO GARCÍA:

A mis padres Wilfredo García y Leticia Villanueva por siempre apoyarme en todo momento y ayudarme siempre, a mi hermano Wilfredo García por explicarme algunas cosas que en su momento me ayudaron a lo largo de mi carrera y a mi novia Joseline Márquez por siempre animarme a seguir adelante y ayudarme en todo lo que podía.

AGRADECIMIENTOS

WILFREDO LONTERO:

Agradezco a Dios por su amor y misericordia, por darme más de lo que merezco, por darme salud y sabiduría para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi abuela que fue una mujer digna de admirar por su gran amor y grandes cualidades, le agradezco por estar siempre pendiente de mí, por cuidarme y darme todo lo que estaba a su alcance.

A mi madre, Daisy Castillo, por ser una madre excepcional, por su gran amor y apoyo, por estar siempre presente y por su confianza.

A mi padre, Wilfredo Lontero, por sus grandes esfuerzos y demostrándome como ser un buen hombre, por estar presente y darme todo su apoyo.

A mis hermanas, Belkis, Samanta, Melissa, Diana y Andrea, al igual que mi sobrina Valeria que considero como otra hermana, que cada una de ellas han sido muy especiales, brindándome consejos, tiempo y mucha ayuda, sin ellas no sería quien soy.

A mis amistades que no son muchas, pero las valoro de gran manera, por darme su confianza y muchos buenos momentos.

A mis compañeros de universidad que han sido excelentes compañeros, ayudándonos mutuamente en esta vida universitaria, entre ellos se destacan Pamela Almendares y Nohelia Cruz que han sido de gran motivación y soporte en toda la carrera.

Al Ing. José Luis Ordoñez por ser un excelente catedrático, retándonos y motivándonos cada día a hacer un buen trabajo. También a los coordinadores de la carrera de Mecatrónica por su gran trabajo y dedicación por formar grandes profesionales.

EDUARDO GARCÍA:

A mi padre, que siempre fue un modelo a seguir sobre lo que significa luchar por alcanzar lo que uno desea siempre me enseñó todo lo que podía y me dedicaba tiempo siempre para poder explicarme las cosas que no entendía.

A mi madre, ella siempre me apoyaba a poder seguir adelante me daba palabras de ánimo siempre al tiempo apropiado.

A mi hermano, que me explicaba y ayudaba a entender algunas cosas que me fueron de mucha ayuda a lo largo de mi carrera universitaria

A mi novia, ella siempre me ayudada en todo lo que podía y cuando estaba preocupado ella me calmaba y me ayudaba a poder enfocarme en lo que debía de hacer.

Es gracias a ellos que soy quien soy y llegado hasta este punto, siempre me ayudaron sin dudar y sin exigir nada a cambio les estoy eternamente agradecido por todo lo que han hecho por mí.

A mis amigos que siempre me ayudaron a lo largo de la carrera.

A mi asesor metodológico, el Ing. José Luis Ordoñez gracias por su contribución y sus consejos se logró desarrollar la presente investigación.

EPÍGRAFE

“La ciencia no sólo es una disciplina de la razón, sino también del romance y de la pasión”

-Stephen Hawking

RESUMEN EJECUTIVO

La implementación de la robótica ha brindado diversas soluciones ante la problemática causada por el covid-19 con el fin de reducir la exposición de las personas al alternar el trabajo, por ello el presente proyecto se diseñó y fabricó un robot autónomo desinfectante el cual se hace por medio de un aspersor y una bomba, para darle autonomía se incorporó el seguimiento de línea que funciona por medio de sensores infrarrojos y ultrasónicos. Para el desarrollo del proyecto fue utilizada la metodología en V, en el cual se integran las 3 ramas de la mecatrónica. Como resultado el robot puede ser aplicado en zonas comerciales e industriales para la desinfección de los pisos y superficies con el fin de reducir la exposición al virus.

Palabras claves: Seguimiento de línea, autonomía, desinfectantes, área.

ABSTRACT

The implementation of robotics has provided various solutions to the problem caused by covid-19 in order to reduce the exposure of people by alternating work, therefore this project was designed and manufactured an autonomous disinfectant robot which is made by means of a sprinkler and a pump, to give it autonomy, line tracking was incorporated, which works by means of infrared and ultrasonic sensors. For the development of the project, the V methodology was used, in which the 3 branches of mechatronics are integrated. As a result, the robot can be applied in commercial and industrial areas to disinfect floors and surfaces in order to reduce exposure to the virus.

Keywords: Line monitoring, autonomy, disinfectants, area.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción.....	1
Capítulo II. Planteamiento del problema	2
2.1 Precedentes del problema	2
2.2 Definición del problema.....	2
2.3 Justificación.....	3
2.4 Preguntas de investigación.....	3
2.5 Objetivos	3
2.5.1 Objetivo general.....	3
2.5.2 Objetivos específicos	3
Capítulo III. Marco teórico	4
3.1 Algoritmos	4
3.1.1 Algoritmos con IoT	4
3.1.2 Algoritmos en Robots.....	7
3.2 Autonomía	13
3.2.1 Autonomía en robots	14
3.2.2 Autonomía energética.....	18
3.3 Locomoción	20
3.4 Raspberry Pi.....	21
3.5 Visión Artificial.....	24
3.6 Desinfectantes	24
3.6.1 Tipos de desinfectante.	25
3.6.2 Elementos terminales de desinfección.....	28
3.7 Aplicaciones.....	29
Capítulo IV. Metodología.....	33
4.1 Enfoque	33
4.2 Variables de la investigación	33
4.2.1 Variable dependiente	33
4.2.2 Variables independientes.....	34
4.3 Técnicas e instrumentos utilizados.....	34
4.4 Materiales.....	35

4.5	Metodología de Estudio.....	36
4.5.1	Etapa I de Metodología en V: Nivel de sistemas	36
4.5.2	Etapa II de Metodología en V: Nivel de subsistemas.....	37
4.5.3	Etapa III de Metodología en V: Realización de las partes.....	38
4.5.4	Etapa IV de Metodología en V: Integración de partes.....	38
4.5.5	Etapa V de Metodología en V: Integración de sistemas.....	39
4.5.6	Etapa VI de Metodología en VI: Integración de subsistemas	40
4.5.7	Resultados.....	40
4.6	Cronograma de actividades.....	41
Capítulo V. Resultados		42
5.1	Análisis del marco teórico.....	42
5.2	Especificación del proyecto	43
5.2.1	Sistema mecánico - Diseño de la Estructura del robot.....	43
5.2.2	Sistemas electrónicos	44
5.2.3	Sistemas informáticos.....	45
5.3	Realización de las partes	45
5.3.1	Sistema mecánico	46
5.4	Integración de sistemas	51
5.4.1	Sistema mecánico	51
5.4.2	Sistema electrónico:.....	52
5.4.3	Sistema de seguimiento de línea.....	53
5.4.4	Sistema de aspersion.....	59
5.4.5	Sistema de monitoreo	62
5.5	Pruebas y validación	63
5.6	Análisis y discusión	68
5.6.1	Robot desinfectante seguidor de línea.	68
Capítulo VI. Conclusiones		70
Capítulo VII. Recomendaciones.....		71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Flujo de control de formación basado en la plataforma IoT.....	7
Figura 2 -Modelo del sistema hTetro.....	9
Figura 3 -Diagrama de flujo del algoritmo de la colonia de hormigas.....	13
Figura 4 -Robot sembrador de semillas.....	15
Figura 5 -La arquitectura del sistema de seguimiento de personas.....	18
Figura 6 -Sistema autónomo de energía del coche patrulla de campo.....	19
Figura 7 -Procesamiento final de la imagen pulmonar.....	22
Figura 8 -Estructura del pulverizador de balancines.....	29
Figura 9 -Configuración de operación de robot Panthera.....	31
Figura 10 -Sistema mecánico del dron.....	32
Figura 11 -Variable dependiente.....	33
Figura 12 -Variables independientes.....	34
Figura 13 -Metodología en V.....	36
Figura 14 -Cronograma de actividades, Diagrama de Gantt.....	41
Figura 15 -Diseño de estructura metálica.....	44
Figura 16 -Pruebas de esfuerzos.....	47
Figura 17 -Diseño y medidas de ruedas motrices.....	48
Figura 18 -Pruebas de tensión del eje.....	48
Figura 19 -Diseño de estructura para aspersion.....	49
Figura 20 -Estructura del robot.....	50
Figura 21 -Llanta con eje mecanizado.....	51
Figura 22 -Acoplamiento de llantas.....	52
Figura 23 -Grafica de torque del motor.....	53
Figura 24 -Robot simulado en CoppeliaSIM.....	54
Figura 25 -Circuito de Prueba en simulación.....	55
Figura 26 -Circuito de Prueba en simulación.....	55
Figura 27 -Algoritmo de seguimiento de línea.....	56
Figura 28 -Distribución de sensores.....	58
Figura 29 -Instalación de sensores.....	58
Figura 30 -Esquema de seguimiento de línea.....	59
Figura 31 -Conexión de la bomba.....	60
Figura 32 -Boquilla de aspersion.....	61
Figura 33 -Vista del robot.....	62
Figura 34 -Muestra de pisos de prueba.....	63
Figura 35 -Diagrama de movimiento del Robot.....	64
Figura 36 -Angulo de la boquilla.....	65
Figura 37 -Angulo de inclinación.....	66
Figura 38 -Angulo de la boquilla.....	67
Figura 39 -Prototipo Final.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 -Descripción de los componentes	43
Tabla 2 -Resultados de simulación de materiales	46
Tabla 3 -Especificaciones de la estructura	50
Tabla 4 -Características del sensor	57
Tabla 5 -Características de la bomba	60
Tabla 6 -Resultados de comportamiento en diferentes superficies.....	63

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. –Punto de origen.....	10
Ecuación 2. –Velocidad del robot	64
Ecuación 3. –Velocidad.....	66
Ecuación 4. –Área de un rectángulo	67
Ecuación 5. –Cálculo del caudal	67

Capítulo I. Introducción

La presente investigación se refiere al tema de los procesos de desinfección realizados por un robot autónomo, siendo conscientes de la situación actual y ante la necesidad de la implementación de tecnologías en el área de la bioseguridad para asegurar la correcta aplicación de productos desinfectantes para reducir los contagios y garantizar un ambiente libre de contaminantes, para ello se diseñara y fabricara un robot seguidor de línea, el cual será capaz de seguir la ruta marcada por una línea negra y a su vez rociar la solución de desinfección. Para el desarrollo del proyecto será necesario el uso de diferentes materiales y herramientas, dado a que el equipo contará con sistemas mecánicas, electrónicos e informáticos era requerido hacer uso correcto de la metodología en V para la incorporación exitosa de los sistemas y subsistemas. Por otra parte, la realización de pruebas y simulaciones es una parte esencial para la validación del funcionamiento del prototipo. Abordando el propósito principal del proyecto, el robot responde ante el problema dando como resultado el correcto funcionamiento del dispositivo y brindando mejoras con respecto al tiempo y aplicación.

La presente investigación está conformada por diferentes capítulos los cuales serán brevemente resumidos a continuación.

Capítulo II. En esta sección se dan a conocer los antecedentes al problema, una definición clara del problema y una justificación sobre la realización del proyecto.

Capítulo III. En esta sección se hace un estudio bibliográfico de información, evidencias y temas de diversas fuentes confiables que ayudaran a enmarcar el problema de investigación.

Capítulo IV. En esta sección se definirá el uso de la metodología con la que se hizo uso para el desarrollo del proyecto, también se definen las variables dependientes e independientes de la investigación.

Capítulo V. En esta sección se muestran y detallan los resultados obtenidos mediante el desarrollo y pruebas realizadas del presente proyecto.

Capítulo VI. En esta sección se proveen las conclusiones obtenidas por los resultados y respondiendo a los objetivos de la investigación.

Capítulo II. Planteamiento del problema

En este capítulo se dan a conocer las causas, antecedentes y la definición del problema de investigación, que para ello se brinda una solución referente ante la problemática.

2.1 Precedentes del problema

El mundo ha visto afectado de gran manera por la pandemia del Covid-19, dejando grandes cantidades de muerte a nivel mundial. El coronavirus o síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2) es una colección de virus que pueden infectar el sistema respiratorio humano hasta la muerte. La propagación del virus es muy rápida y fácil con solo entrar en contacto con los enfermos hasta que ha contaminado casi todos los países. Para lugares propensos a estar expuestos a virus, especialmente en salas de aislamiento para pacientes con el virus (Ridwan et al., 2021).

Sin embargo, la exposición al virus puede darse lugar en cualquier lado donde exista la conglomeración de personas, dado a esto es que las personas han intentado alternar el trabajo humano con nuevos avances mecánicos en la autonomía, especialmente donde las personas pueden asumir riesgos en el trabajo. Los robots han surgido recientemente como electrodomésticos a medida que aumentan las demandas humanas. (Ong & Azir, 2020).

En otros casos se ha requerido la mejora de los procesos de desinfección en distintas ocasiones donde se necesita un buen control en los procesos de sanitización. Se ha demostrado que el uso de robots también puede reducir la transmisión comunitaria y consumo de equipo de protección personal (Seethalakshmi et al., 2021).

2.2 Definición del problema

El problema de la investigación se centra en los procesos de desinfección, ya que existe una gran exposición al Covid-19 en los lugares que donde se encuentra la conglomeración de las personas como ya sea en hospitales, supermercados, centros comerciales, oficinas y también dentro del área industrial ya que en muchos casos se necesita tener un control sobre los procesos de sanitización. Para evitar el contagio del personal es necesario la implementación de la tecnología para poder alternar el trabajo humano dado a que estas actividades pueden poner en riesgo la salud del personal por la fácil adquisición del virus ya

que sea demostrado que el uso de los robots ha aportado significativamente en las soluciones ante los problemas causados por la pandemia.

2.3 Justificación

Siendo consciente de la situación actual y tratando aportar ante la necesidad de la organización mundial de la salud sobre los procesos de descontaminación de superficies, del ambiente y de las personas se propone realizar un robot capaz de realizar la desinfección por medio de la aspersion de líquido desinfectante y por este medio reducir la exposición al virus, poder alternar el trabajo humano y evitar posible obtención del Covid-19 y de esta manera también realizar los proceso de desinfección de una manera mas controlada.

2.4 Preguntas de investigación

- ¿Se puede validar el diseño de la estructura y el sistema de seguimiento de línea del robot mediante simulaciones?
- ¿Se puede implementar el seguimiento de línea para dar autonomía un robot desinfectante?
- ¿Cuál es el valor del área desinfectada que cubre el robot con respecto al tiempo?

2.5 Objetivos

En esta sección se detalla el alcance del proyecto de investigación y a su vez de los describen los objetivos específicos que se consideraron para realización del proyecto.

2.5.1 Objetivo general

- Diseñar y Fabricar un robot semiautónomo desinfectante mediante seguimiento de línea

2.5.2 Objetivos específicos

- Validar el diseño de la estructura y funcionamiento del sistema de seguimiento mediante simulaciones
- Realizar un sistema seguimiento de línea y detección de obstáculos mediante sensores para un robot móvil desinfectante.
- Calcular el área de desinfección que cubre el robot para la validación de su funcionamiento.

Capítulo III. Marco teórico

3.1 Algoritmos

En esta sección se habla y ejemplifica sobre uso de algoritmos en los robots y como tiene gran importancia esta área de estudios, desde algoritmos con base a el internet de las cosas, como planificación de rutas hasta algoritmo inspirados biológicamente.

3.1.1 Algoritmos con IoT

Con el propósito de comprender la información de forma detallada, el Internet de las cosas o IoT, por sus siglas en inglés, es una integración de las tecnologías de sensores, integradas, informática y comunicación y tiene como propósito brindar servicios integrales a cualquier cosa, en cualquier momento y en cualquier lugar. (Swamy & Kota, 2020)

Por otro lado, (Said et al., 2021) menciona que las aplicaciones para Internet de las cosas (IoT) han evolucionado en cantidades excesivas, produciendo una gran cantidad de datos necesarios para el procesamiento inteligente. Las diversas infraestructuras de IoT, como la nube y las limitaciones del protocolo de la capa de aplicación de IoT en la transmisión / recepción de mensajes, se convierten en barreras en la implementación de aplicaciones inteligentes de IoT.

Uso de algoritmos IoT

De acuerdo con lo reportado en la literatura de (Manaf et al., 2021), la aplicación de IoT se puede realizar en diversos campos, tanto en el ámbito científico, industrial, sanitario y geográfico. De lo anterior, un claro ejemplo del uso de algoritmos con IoT es la aplicación de IoT en el estudio de un sistema de monitoreo de limpieza del agua es para la clasificación de IA neta, de acuerdo con el Reglamento Gubernamental No. 82 de 2001, la clasificación de la calidad del agua se divide en 4 clases, a saber, clases uno, dos, tres y cuatro.

Al utilizar IoT e implementar el algoritmo Naïve Bayes como base para la clasificación, puede facilitar el monitoreo del agua en sí, ya sea que sea factible o no para su uso en la vida cotidiana. Además de aplicar el algoritmo Naïve Bayes como algoritmo de clasificación, también permite diseñar y construir herramientas para recolectar datos de agua, usando temperatura, pH, y sensores de turbidez. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se

reporta una precisión del 99,16% para el sensor de temperatura, 96,89% para el sensor de pH y 100% para el sensor de turbidez del agua. (Manaf et al., 2021).

Con base en los resultados de investigaciones, la planificación de ruta es una de las claves para un mejor rendimiento robot de limpieza. En esta era ciber física, el limpiador autónomo se puede mejorar mediante la implementación de Internet de las cosas (IoT) con una serie de sensores, con algunos cálculos, para desarrollar un nuevo algoritmo para resolver el problema en la planificación de rutas o navegación robótica. Cabe destacar que a medida que las tecnologías robóticas han evolucionado y se han vuelto imperativas, la gente ha intentado alternar el trabajo humano con nuevos avances mecánicos en la autonomía, especialmente donde las personas pueden asumir riesgos en el trabajo. Robots han surgido recientemente como electrodomésticos a medida que aumentan las demandas humanas. Investigación robótica para Los electrodomésticos se vuelven más activos que nunca. Se espera que el mercado de robots de limpieza crece de USD 1,83 mil millones en 2017 a USD 4,34 mil millones en 2023, con CAGR (compuesto anual Tasa de crecimiento) en 16,21% entre 2018 y 2023, según el mercado de semiconductores y electrónica. investigar. Además, la planificación científica y tecnológica a mediano y largo plazo de China (2006 a 2020) se han establecido claramente que lo autónomo será una mejora de la primacía de la tecnología en el futuro. (Ong & Azir, 2020).

Referente a lo anteriormente mencionado, la aplicación de IoT es amplia podemos encontrar también en la parte del comercio como es en la Fabricación de un robot articulado para un sistema de embalaje.

Dado a que la información para almacenar, gestionar y el proceso de información en el servidor local se limitan hasta cierto punto, al aplicar la computación en la nube que hace que el sistema conectarse con la red, gestiona la información del producto, repone el algoritmo y la parte principal es el sistema inalámbrico que mejoran el proceso. Aquí se aplica el IOT para el sistema de empaque de comercio electrónico, este término conecta entre los dispositivos físicos, el robot, el sensor, los clientes y el algoritmo propuesto. Datos recopilados de dispositivos mencionados controlados por Internet de las cosas, esta información se manipula en la computación en la nube para un mejor resultado, una solución mejorada en términos económicos para una producción flexible y para eliminar recursos. (Nagappan & Dommeti, 2018).

Algoritmo de patrón de ataque de detección de vulnerabilidades para IoT

En este siguiente ejemplo el propósito es el uso de algoritmo inteligente de detección de vulnerabilidades de advertencia de comunicación basado en tecnología IoT y para ello estudia el método de evaluación de la seguridad de la red basado en el análisis de asociación de gráficos de ataque del entorno de IoT, y analiza el algoritmo de generación de gráficos de ataque. El algoritmo de búsqueda hacia adelante comienza desde el nodo de estado inicial y busca el siguiente nodo de estado que puede ser atacado. Cuando no hay ningún nodo nuevo disponible, la búsqueda se detiene y finaliza la dirección de búsqueda actual. El algoritmo de búsqueda directa no tiene un determinado estado de destino desde la perspectiva del atacante, por lo que el rango de búsqueda es relativamente amplio y el tamaño del gráfico de ataque generado también es grande. Desde la perspectiva de proteger recursos específicos, el algoritmo de búsqueda hacia atrás determina primero los objetivos que pueden ser atacados en el sistema de red, es decir, buscando hacia atrás desde el estado objetivo para encontrar el estado anterior que conduce al estado objetivo, buscando a su vez hacia arriba, y finalmente alcanza el nodo de estado inicial o Termina más allá del número máximo de saltos de ataque. El algoritmo de búsqueda hacia atrás tiene un objetivo claro, y se excluyen los nodos de estado que no están relacionados con el estado de destino. Por lo tanto, el gráfico de ataque generado es de pequeña escala y solo muestra la secuencia del gráfico de ataque que ataca al objetivo especificado, lo que puede ayudar a los gerentes de seguridad a concentrarse en estas rutas de ataque (M. Yi et al., 2019).

Control de formación de robots basado en la plataforma tecnológica de Internet de las cosas

El método tradicional de aprendizaje automático ya no es adecuado para escenas de múltiples robots. En este escenario, las estrategias de cada robot son diferentes. Desde la perspectiva de cada robot, otros robots están cambiando y el entorno es inestable. Presenta un estado de incomprendibilidad e imprevisibilidad con su propia estrategia. Algunos algoritmos son difíciles de converger debido a la influencia, pero cuando aumenta el número de robots, la varianza del algoritmo de gradiente de estrategia aumentará. El estudio utiliza el método de aprendizaje profundo distribuido, que solo considera a otros agentes como obstáculos dinámicos, y cada agente solo se preocupa por su propio estado. Las entradas de aprendizaje por refuerzo de grupo combinaron el estado y la acción combinada a la red de

evaluación durante el entrenamiento, y solo los datos de observación y el estado del agente en sí son necesarios para la prueba. De esta forma, se puede capacitar una estrategia de cooperación más razonable y no se necesita comunicación durante la ejecución, que está más en línea con las expectativas. Basado en la construcción de la plataforma de Internet de las cosas, se utilizará el método de aprendizaje profundo para resolver el problema de navegación y control cooperativo de los robots múltiples. El proceso específico se muestra en la Figura. 1. (Guan et al., 2020).

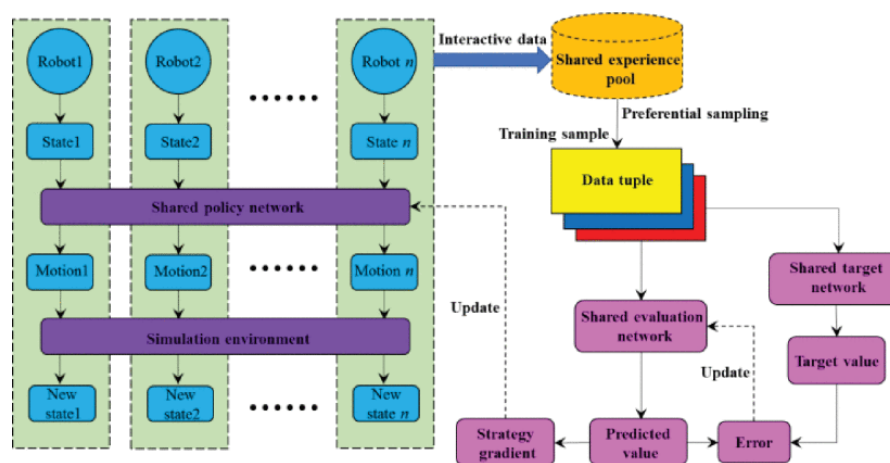


Figura 1 -Flujo de control de formación basado en la plataforma IoT.

Fuente: (Guan et al., 2020)

3.1.2 Algoritmos en Robots

Algoritmos de trayectorias

Unos de los campos de estudio fundamental para los robots móvil ha sido la planificación de ruta. Como es el ejemplo de los vehículos submarinos autónomos y los vehículos autónomos de superficie se sumergen en aguas peligrosas para realizar un seguimiento o cartografía medioambiental y algunos robots de vigilancia autónomos están diseñados y desplegados en operaciones militares para ser sometido a la realización de investigaciones y rescates. tareas en espacios reducidos o áreas de difícil acceso. Dado a que la naturaleza autónoma de los robots y los entornos de trabajo peligrosos en los que se implementan, los algoritmos de planificación de rutas precisos y adaptables son cruciales para que funcionen correctamente. (Cheng et al., 2020).

En el módulo de navegación del robot, la planificación autónoma de la ruta es el núcleo y la estrategia de control de la planificación de la ruta es el factor clave. Los algoritmos tradicionales de planificación de rutas de robots generalmente tienen algunos defectos inherentes y no pueden integrar a la perfección los métodos de planificación de rutas locales y globales, lo que resulta en una baja eficiencia. (Shi et al., 2021)

Los robots reconfigurables son máquinas cinemáticas con morfologías variables, y el desarrollo de la re-configurabilidad en robótica ha recibido una atención creciente desde la década de 1980. Las plataformas de robots reconfigurables se pueden clasificar en dos clases principales: robots intra-reconfigurables e inter-reconfigurables. Un robot intra-reconfigurables cambia su morfología interna sin el requisito de montaje o desmontaje externo. Un robot inter-reconfigurable consiste en una congregación de módulos homogéneos o heterogéneos y forma una variedad de morfologías a través del proceso de montaje y desmontaje (Cheng et al., 2020).

Algoritmos genéticos multiobjetivo

HTetro es un robot de mosaico inter-reconfigurable de tipo cadena, como se muestra en la Fig.2. Los módulos de robot se denominan "bloques" que comparten estructuras mecánicas idénticas. Los bloques se pueden desmontar libremente y se pueden agregar bloques adicionales para aumentar el grado de libertad de toda la arquitectura. El robot consta de cuatro bloques conectados por tres bisagras. Las bisagras permiten que la plataforma del robot realice cambios de forma y se vuelva a ensamblar en múltiples configuraciones. El componente de percepción de hTetro es un *RPLidar* fijado en el bloque 2 (B2). Cada bloque está montado con cuatro motores de CC de 7,4 V con engranajes para equilibrar la locomoción. Los servomotores montados en las bisagras podrían girar los bloques en sentido horario o antihorario para realizar la reconfiguración. Los servomotores operan a 14,8V y con un alto par de 77 kg.cm, que es suficiente para transportar las masas de los bloques del robot durante la transformación y para bloquear la posición de los bloques durante la locomoción. Se colocan dos servomotores en el bloque 2 y uno en el bloque 4. El dispositivo de cómputo Intel con sistema basado en ROS instalado controla todas las operaciones de hTetro. (Cheng, 2020).

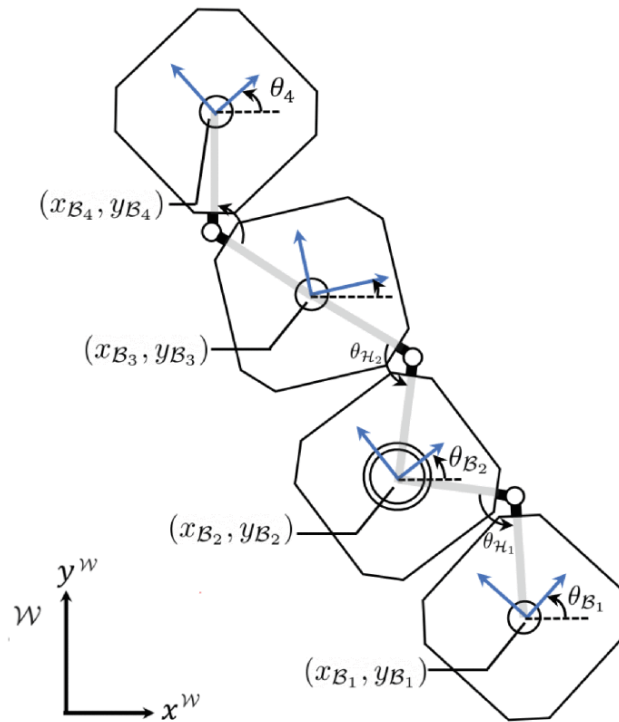


Figura 2 -Modelo del sistema hTetro.

Fuente: (Cheng, 2020).

Algoritmo de árbol tangente

Debido a las aplicaciones efectivas de los sistemas de múltiples agentes, es importante desarrollar métodos eficientes para administrar estos sistemas. Uno de los métodos más importantes es la planificación de rutas. A continuación, se propone un nuevo algoritmo para la planificación de rutas de múltiples robots móviles en un entorno 3D llamado Algoritmo de árbol tangente. Se basa en la suposición de que los robots tienen formas esféricas y pueden moverse en un espacio 3D como drones, otros robots en movimiento considerados obstáculos para el robot. (Albaghdadi & Ali, 2020).

La planificación de rutas en un entorno 3D es muy importante para proporcionar una ruta libre de colisiones y hacerlo más breve posible. En este algoritmo, se supone que cada robot tiene forma esférica y otra información como radio, punto de origen y punto de destino. Este algoritmo produce un camino suave para cada el robot el cual consta de arcos y líneas rectas. Estas dos partes de cada camino se utilizan varias veces para evitar cada obstáculo u otro robot. Un número de arcos y líneas rectas es proporcional al número de obstáculo enfrente del robot. Este algoritmo se basa en el comportamiento del ser humano. Si se imagina un humano comportamiento cuando quiere evitar cualquier obstáculo como la construcción.

Normalmente irá al borde más cercano de el obstáculo por camino directo, luego muévase alrededor del edificio y luego vaya directamente al objetivo cuando comience viéndolo. Para aplicar este comportamiento y aprenderlo a los robots, se necesita ecuaciones complejas. Este algoritmo puede resumirse de acuerdo con el siguiente supuesto y procedimiento (Albaghdadi & Ali, 2020).

Los supuestos son: Todo robot tiene forma esférica Se da el radio de cada robot Se dan los puntos de origen y destino en el espacio 3D de cada robot. El procedimiento del algoritmo de árbol tangente en entorno 3D con existencia de otros robots es:

Primer paso esta la obtención de información. El radio y la posición 3D de cada robot están representados por r , p_x , p_y y p_z , respectivamente, mientras que la posición de destino está representada por $(f_x, f_y$ y $f_z)$. En el segundo paso se encuentra construcción de una ruta en línea recta entre los puntos de origen y objetivo para cada robot. Esta ecuación dada como:

$$x = (f_x - p_x)t + p_x$$

$$y = (f_y - p_y)t + p_y$$

$$z = (f_z - p_z)t + p_z$$

Ecuación 1. - Punto de origen

Fuente: (Albaghdadi & Ali, 2020).

En el tercer paso se realiza la calculación de los puntos de colisión según el vector de velocidad y dirección dado para cada robot. Continuando con el cuarto paso donde se hace la construcción de un obstáculo esférico fijo centrado en cada punto de colisión con un radio proporcional al tamaño y número de robots de colisión. El centro y el radio del supuesto obstáculo son S_x , S_y , S_z y R respectivamente. En el quinto paso se prosigue con la determinación de n trayectorias alrededor del obstáculo ficticio para cada robot en colisión de acuerdo con siguientes subpasos.

Dependiendo del punto de origen y de la información del obstáculo (posición y radio), se determinan n puntos alrededor del obstáculo ficticio. Selección de n puntos del círculo. En primer lugar, un círculo determinado por la intersección de un plano 2D con el supuesto obstáculo después de aumentar su radio en r para compensar el diámetro del robot. Derivación de n ecuaciones de líneas rectas entre el punto objetivo y la tangente del obstáculo

previamente determinado. Realización de dibujos de curvas entre los puntos de los lados de cada obstáculo, de acuerdo con el segmento corto del principio del gran círculo.

El sexto paso se basa en la elección una ruta aleatoria de las rutas calculadas. La elección aleatoria para evitar la mirada muerta en algunos escenarios especiales. En el último paso, siendo este el séptimo se finaliza con la verificación de cualquier colisión. Si existe, repita desde el paso tres después de verificar los dos casos siguientes (Albaghdadi & Ali, 2020).

Algoritmo de control basado en aprendizaje de bucle cerrado

Con el fin de mejorar la capacidad de control de la estabilidad del robot exoesqueleto de miembros inferiores flexible, se propone un algoritmo de control de seguimiento de trayectoria dinámica del robot exoesqueleto de miembros inferiores flexible basado en el aprendizaje de ciclo cerrado en estado estable. El giroscopio y el telémetro se utilizan como sensores de información del robot exoesqueleto de extremidades inferiores flexible para recopilar información de posición del robot exoesqueleto de extremidades inferiores flexible, fusionar la información de posicionamiento recopilada del robot exoesqueleto de extremidades inferiores flexible, fusionar información física y medir parámetros del robot exoesqueleto de extremidades inferiores flexible mediante el uso método de medición de información dinámica, y obtener el conjunto de características de mapeo del espacio cartesiano de acuerdo con los componentes de la trayectoria del robot exoesqueleto de extremidades inferiores flexible. La información de pose del robot exoesqueleto flexible de la extremidad inferior se obtiene a través de la cinemática hacia adelante, y la información se mejora de acuerdo con la información de posición espacial.(Xiaoshengchen, 2020).

Algoritmo genético pseudobacteriano

Se crea un algoritmo de planificación de rutas híbridas basado en el campo de potencial pseudobacteriano de la membrana. Los algoritmos inspirados en membranas pueden alcanzar un comportamiento evolutivo basado en procesos bioquímicos para encontrar los mejores parámetros para generar un camino factible y seguro. El algoritmo *MemPBPF* utiliza una combinación de la estructura y las reglas de la computación de membrana. En ese sentido, el algoritmo *MemPBPF* contiene membranas dinámicas que incluyen un algoritmo genético pseudobacteriano para desarrollar los parámetros requeridos en el método de campo de potencial artificial. Esta hibridación entre la computación de membrana, el algoritmo genético

pseudobacteriano y el método de campo de potencial artificial proporciona un algoritmo de planificación de ruta de rendimiento superior para robots móviles autónomos (Orozco-Rosas et al., 2019).

Esencialmente, el algoritmo genético pseudobacteriano es un enfoque de optimización global derivado de algoritmos genéticos. Lo fundamental del algoritmo genético pseudobacteriano contiene la bacteria, que puede transmitir un duplicado de un gen desde una célula huésped e insertarlo en una célula infectada. Mediante este procedimiento, denominado mutación bacteriana, las características de una sola bacteria pueden propagarse a la población. (Orozco-Rosas et al., 2019).

Algoritmo de colonia de hormigas

En la actualidad, la planificación del camino para desarrollar robots de servicios móviles convencionales en el mercado para lograr posicionamiento y navegación mediante posicionamiento GPS, ultrasónico o láser. El GPS ofrece ciertas ventajas, pero no brinda la precisión necesaria y las ondas ultrasónicas o los láseres causarían ciertas interferencias en los datos de detección de equipos electrónicos médicos del hospital durante el proceso de trabajo. Apuntando a las deficiencias de la tecnología tradicional de navegación y planificación de trayectorias de robots en hospitales o instituciones médicas, el esquema propuesto basado en la red de sensores recopila información en el entorno hospitalario, combinado con la información de los nodos de la red de sensores y el algoritmo RSSI para realizar el posicionamiento de los robots de servicio de infusión. El robot de servicio de infusión puede garantizar una alta precisión. y reducir el costo de producción en la estrategia de planificación de rutas a través del algoritmo de colonias de hormigas. (Zhang et al., 2019).

Este algoritmo también lograr determinar la prioridad de visita para diferentes atracciones, para ello requiere el tiempo que toma de viaje y las distancias entre dos atracciones para calcular la mejor disposición de ruta para los visitantes. (Lee & Yu, 2018)

la investigación de simulación sobre la estrategia de planificación de ruta del robot de servicio de infusión fue llevada a cabo mediante la adquisición de información del sistema de red de sensores y la colonia de hormigas. Se utilizó un algoritmo para planificar la ruta. Mediante MATLAB se verificó la viabilidad de la aplicación simulación. A continuación, se

muestra el diagrama de flujo del algoritmo de la colonia de hormigas se muestra en la Fig.3. (Zhang et al., 2019).

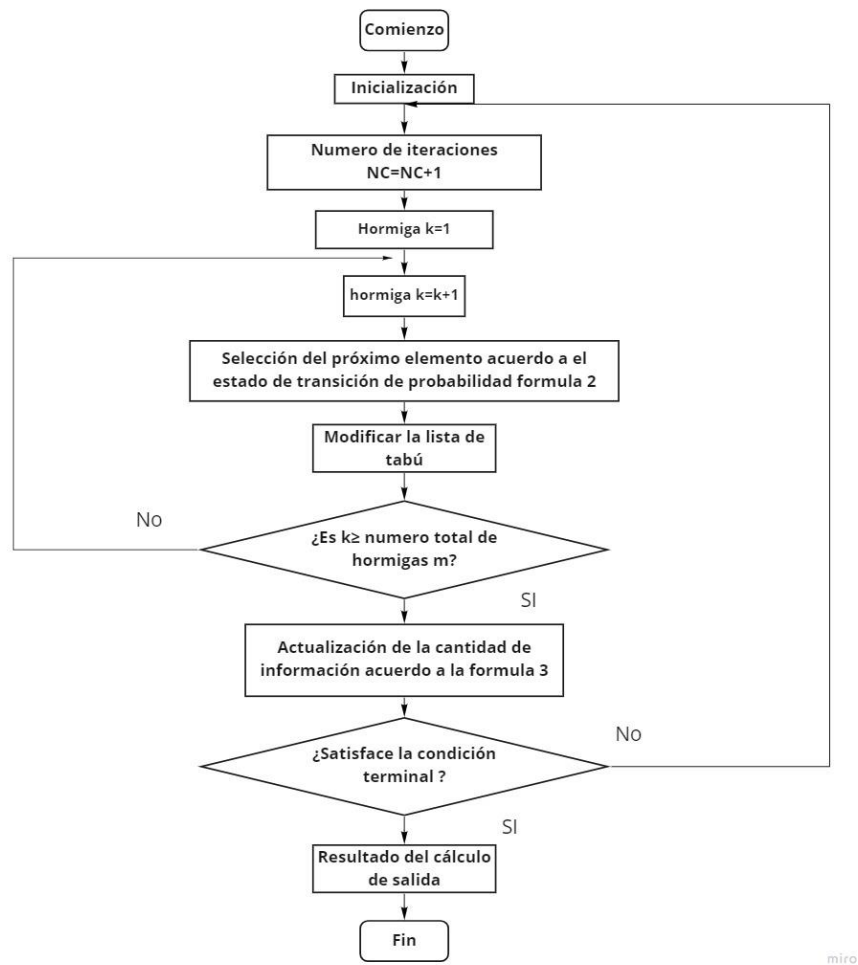


Figura 3 -Diagrama de flujo del algoritmo de la colonia de hormigas.

Fuente: (Zhang et al., 2019).

3.2 Autonomía

Los robots móviles autónomos son cada vez más importantes en muchos entornos industriales y domésticos y el despliegue de estos robots generan desafíos debido a la dinámica de los entornos. Dado a esto se da lugar al desarrollo de nuevos métodos que podrán hacer frente a los cambios que se producen en el entorno para realizar tareas como la localización y navegación de robots de forma precisa y fiable.(Derner et al., 2019).

3.2.1 Autonomía en robots

Los robots están hechos para brindar comodidad a la vida humana. Son una culminación de la electricidad y piezas mecánicas que tienen la capacidad de trabajar de forma semi o totalmente autónoma. Ayudan en una variedad de actividades desde el día a día hasta tareas complejas.(Stephen et al., 2020).

Desde los últimos 30 años, el robot móvil autónomo es uno de los campos en auge y, en un futuro próximo, este campo será las principales áreas de investigación entre varios científicos e investigadores, ya que muchas de las tecnologías recientes han cambiado con frecuencia (Das & Kumari, 2021).

Seguimiento de línea

Uno de los requisitos básicos con respecto a la planificación del movimiento de los robots móviles son los planes de rutas, la localización y la prevención de choques. En muchos casos la planificación de rutas puede complicarse debido a entornos dinámicos y estáticos, como puede ser en centros comerciales, mercados y en fábricas o almacenes automatizados, en el cual los robots móviles autónomos pueden implementarse fácilmente para la logística interna. Cabe destacar que la navegación y localización de un vehículo automático debe estar predeterminadas y reguladas para garantizar la menor cantidad de errores (Oswal & Saravanakumar, 2021).

El seguimiento de línea puede ser utilizado para facilitar diversos problemas como problemas médicos, de transporte y problemas logísticos, problemas de exploración y cartografía, problemas de seguimiento y problemas agrícolas.

El uso de robots puede ser una solución alternativa para mejorar la eficiencia de este trabajo relacionado con la agricultura para que los agricultores puedan centrarse más en la perspectiva de la toma de decisiones que en los trabajos intensivos en mano de obra. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un prototipo de robot sembrador de semillas orientado a tareas que se pueda utilizar para ayudar a los agricultores. El robot tiene tres ruedas: dos ruedas motorizadas y una rueda libre para su estabilidad. Está equipado y programado con sensores de seguimiento de línea y algoritmo para simplificar su procedimiento de navegación,

asumiendo que el campo ya está marcado antes del proceso de plantación. (Harmanda et al., 2019)

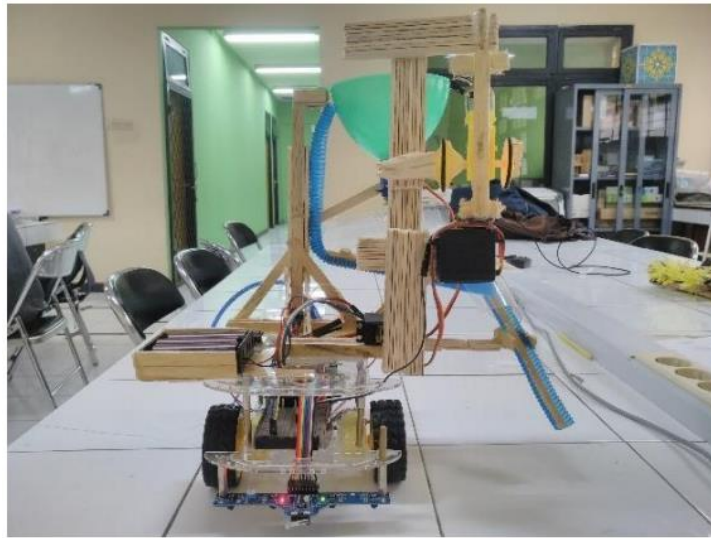


Figura 4 -Robot sembrador de semillas

Fuente: (Harmanda et al., 2019).

Autonomía mediante sensor ultrasónico

En este proyecto se analiza la construcción y aplicación de un robot trepador de escaleras autónomo. Tal robot tiene varias aplicaciones en la vida real. Se puede utilizar en regiones peligrosas para vigilancia, rescate y exploración con la ayuda de una cámara colocada sobre él o llevando recursos. Se formuló el diseño y se llevaron a cabo simulaciones. Se fabricó un prototipo con partes mecánicas y eléctricas. Es un simple robot trepador con dos cañas como soporte en la parte delantera. Se utiliza un engranaje de piñón y cremallera simple para levantar el robot mientras se sube. A pesar de numerosas desventajas de tales mecanismos, es robusto y más barato en comparación con otros. También se coloca un sensor ultrasónico en la parte delantera para detectar el ancho y la altura de las escaleras. Se han realizado varias pruebas y análisis en el prototipo para eliminar todos los inconvenientes. (Stephen et al., 2020).

Autonomía mediante LIDAR

El robot autónomo construido con un sensor ultrasónico tiene un ángulo de divergencia más amplio. Entonces, es bastante difícil predecir la ubicación exacta del obstáculo, mientras que en LIDAR el punto de divergencia es comparativamente menos, por lo que el mapa generado con datos LIDAR dará la ubicación precisa del obstáculo con respecto al mapa.

LIDAR arroja aproximadamente datos de nube de 650 puntos por cada revolución sucesiva. La ejecución línea por línea del código Python puede conducir a la pérdida de ciertos Datos LIDAR. Entonces se opta por el sistema operativo de robot (ROS) que hace multiprocesamiento. Todo el proceso se divide en subprocesos llamados nodos que se ejecutan al mismo tiempo. Codificadores adjuntos a las ruedas del robot se utilizan para calcular la distancia recorrida por el robot. Tener un dedicado robot para realizar alguna aplicación específica evita la necesidad de que una persona lleve a cabo esa tarea. (Nandakumar et al., 2020).

Hoy en día dado al amplio ancho de banda y el límite bajo de difracción de la luz, los sensores LIDAR han obtenido una gran atención debido a sus altas resoluciones angulares y de profundidad, que logran proporcionar una alta precisión y detección para el reconocimiento de objetos a las largas distancias en comparación con sensores de imagen. (Hwang & Lee, 2020)

Un telémetro láser funciona de manera similar al sensor ultrasónico. Pero en lugar de ondas de sonido ultrasónicas, utiliza pulso de luz finamente enfocado al objetivo y detecta el reflejo. LIDAR es uno de los sensores láser de búsqueda de rango. El sensor ultrasónico se reemplaza por un LIDAR 2D que tiene un solo láser telémetro girado 360° tomando muestras a intervalos iguales. La lista de distancias será recuperada después de una rotación completa que tendrá los datos de alcance de los obstáculos alrededor. Por tanto, el mapa puede generarse utilizando los datos de la gama LIDAR. Para localizar el robot dentro del mapa, se utiliza un codificador. El codificador funciona según el principio de efecto hall que da 1000 pulsos por revolución. Por lo tanto, se puede realizar el mapeo y la localización. El robot está construido con dos motores con codificadores y ruedas unidas a su eje. Una rueda giratoria es utilizada para sostener la base del robot. El robot es del tipo de accionamiento diferencial. Basado en el pulso del codificador recibida por el controlador, la distancia recorrida por el robot se puede encontrar como se muestra a continuación. (Nandakumar et al., 2020).

Autonomía mediante telemetro laser 2D y AOA

Daping Jin propone un método que combina un sensor de línea de visión (un telémetro láser 2D) y un sensor sin línea de visión (una etiqueta de ángulo de llegada (AOA) de bajo costo) para identificar, rastrear y seguir a la persona objetivo en entornos dinámicos. Primero, para obtener una trayectoria de movimiento suave y continua de la persona objetivo, se usa

un filtro de Kalman para fusionar la información de seguimiento de personas de los datos AOA y los datos láser. Luego, se construye un mapa de cuadrícula rodante centrado en el robot en tiempo real utilizando los datos del láser. En la parte superior del mapa de cuadrícula rodante, se genera un campo de potencial objetivo utilizando el método de marcha rápida, y luego se crea un campo de gradiente de dirección basado en el campo de potencial objetivo. Con el mapa de cuadrícula rodante, el campo de potencial objetivo y el campo de gradiente de dirección, se propone un algoritmo de ventana dinámica mejorado, FMM-DWA, para controlar que el robot se mueva hacia el objetivo. El método propuesto considera no solo la distancia entre el robot y el objetivo, sino también la diferencia entre el rumbo del robot y la dirección de referencia proporcionada por el campo de gradiente de dirección, para evitar caer en el óptimo local. Para validar el rendimiento del método propuesto, se llevan a cabo una serie de experimentos de seguimiento de personas en entornos dinámicos complejos.(Jin et al., 2020).

El algoritmo de seguimiento de personas se prueba en un robot de accionamiento diferencial. La parte frontal del robot móvil está equipada con un telémetro láser 2D R2000 de *Pepperl + Fuchs* y un módulo de estación base AOA. El módulo de estación base AOA consta de dos estaciones base AOA, que reciben los datos de la etiqueta AOA portátil. Como se muestra en la Figura 4, el sistema de seguimiento de personas consta principalmente de tres partes, a saber, el seguimiento de la persona objetivo, la creación del mapa de cuadrícula rodante y el planificador FMM-DWA. Para obtener la información de seguimiento de la persona objetivo, el sensor láser 2D se usa para detectar y rastrear a la persona objetivo, mientras que la etiqueta AOA se usa para identificar a la persona objetivo y medir su posición relativa, y luego un Filtro Kalman se utiliza para fusionar la información de los dos sensores para obtener una pose de objetivo estable. Para el seguimiento autónomo, en primer lugar, el mapa de cuadrícula rodante se crea basándose en la información de escaneo láser y la odometría del robot. Luego, según el mapa de cuadrícula rodante y la pose del objetivo, el planificador FMM-DWA generará la instrucción de velocidad para controlar el movimiento del robot hacia el objetivo y mantener una distancia constante del objetivo. (Jin et al., 2020).

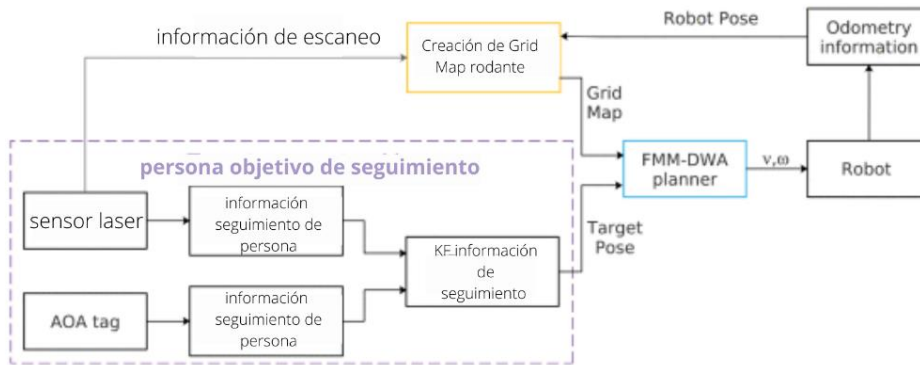


Figura 5 -La arquitectura del sistema de seguimiento de personas.

Fuente: (Jin et al., 2020).

3.2.2 Autonomía energética

Uno de los factores clave para la autonomía extendida y la resistencia de los sistemas de múltiples robots, especialmente cuando los robots operan con baterías, es su capacidad para mantener la suficiencia energética recargándose cuando sea necesario. En situaciones con acceso limitado a las instalaciones de carga, los robots deben poder compartir y coordinar las actividades de recarga. (Fouad & Beltrame, 2020).

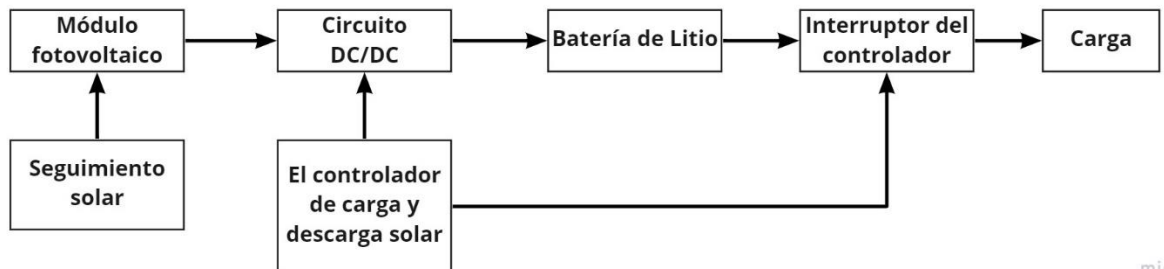
Autonomía mediante Energía solar

La energía solar tiene una gran ventaja dado a su gran huella, no obstante, las largas distancias presentan un gran problema en la transmisión de energía ya que se requiere muchas líneas y un extenso equipo de inspección. Es por eso por lo que surge la necesidad de un recurso natural que sea conveniente y no produzca contaminación. Lo más importante es un dispositivo inteligente que puede reemplazar la función de inspección humana. Para lograr este esto, se diseñó un coche patrulla de campo que funciona con energía solar. Su sistema de energía tiene funciones de carga rápida y conversión inteligente para cargar y descargar. Este documento utiliza el algoritmo de seguimiento solar para hacer que el panel solar sea perpendicular a la luz del sol para lograr máxima captación de energía. Usando el algoritmo de control de seguimiento del punto de máxima potencia para lograr máxima potencia de salida, el coche de inspección de campo puede cargar rápidamente la batería de litio en condiciones de luz solar limitada. Se utiliza un controlador de carga-descarga solar para realizar una conversión autónoma de carga-descarga y una autonomía energética completa. El coche patrulla de campo basado en energía solar no solo puede comprobar la seguridad de la línea

de transmisión, sino también inspeccionar el entorno ecológico alrededor de la línea. (Wenlan et al., 2021).

Se conoce que la energía solar es la más limpia e impecable y es la forma más confiable de energía, dado que las fuentes de generación eléctrica se están agotando medida pasa el tiempo, la utilización de estas genera preocupaciones naturales. Estos motivos han generado limitaciones en el avance de nuevos recursos energéticos que son sostenibles y son naturalmente seguros. La conversión de energía solar ha recuperado el centro de atención de las actividades energéticas mundiales. Un sistema de energía solar es duradero, y cuida el medio ambiente. (Joshi, 2021)

El sistema autónomo de energía del coche patrulla de campo solar incluye principalmente tres aspectos: La primera parte consiste en determinar el modelo de motor, batería y componente fotovoltaico de acuerdo con los requisitos de carga; la segunda parte es el sistema de seguimiento solar; la tercera parte es el controlador de carga y descarga de energía solar. El diagrama de bloques del sistema se muestra en la Fig.5. (Wenlan et al., 2021)



miro

Figura 6 -Sistema autónomo de energía del coche patrulla de campo.

fuelle: (Wenlan et al., 2021)

Modelo de energía mixta

Como se ha mencionado el consumo de energía es un elemento fundamental en la autonomía de los robots móviles, y esto ocurre en cualquier aplicación en la que el robot lleve una fuente de energía finita. Mediante la investigación de trabajos relacionados se concluyó que la formulación de un modelo energético puede relacionar los movimientos cinemáticos de los robots móviles y el consumo de energía. Consecuente a eso se propone un modelo energético, que tiene en cuenta los modelos cinemático y dinámico de un robot móvil de guía

diferencial, así como los motores, dado un valor energético cercano al consumo energético real. Se prueba el modelo de energía mixta con un modelo de energía de motor típico y un perfil de velocidad trapezoidal como entrada. Los valores de consumo energético obtenidos por el modelo energético mixto son superiores al modelo energético del motor, especialmente cuando el robot se encuentra en fase de aceleración. Los parámetros móviles y del motor del robot P3-DX se utilizan para configurar ambos modelos de energía. Para ello se realizó una estimación del poder y consumo energético, utilizando un modelo energético mixto que tiene en cuenta el motor de CC y los parámetros dinámica del robot móvil, incorporados en una planificación de ruta. El modelo energético se puede calcular utilizando el robot móvil. modelo cinemático, mecánico o dinámico, o el modelo dinámico modelo de motor. Un modelo energético basado en la cinemática móvil El modelo generalmente genera valores de energía usando la formulación de la energía mecánica y cinética, que depende de masa y velocidad móviles. (Morales & Mendoza, 2018).

3.3 Locomoción

Los robot cuentan con diferentes métodos para moverse ya sea por patas o ruedas pero hay algunos robot que se pueden nombrar híbridos dado a que poseen ambos sistemas de Locomoción , por ejemplo los robot de rescate que cuando se trata de ayudar a una persona encuentra en un lugar de una catástrofe o desastre y por lo general nunca el terreno sea el adecuado para poder avanzar sabemos que un robot con ruedas puede desplazarse sobre una superficie plana sin ningún problema pero ya cuando se está en un terreno inestable o con muchos obstáculos es casi imposible su uso es por eso que hay robot que cuentan con patas y así estos pueden moverme más libremente pasando con mayor facilidad dichos obstáculos este tipo de robot son algunos de los cuales se están diseñando para poder usarse en situaciones de desastres. (Fujiya et al., 2014).

Ahora bien, debido al avance en los sistemas de locomoción con patas se sabe que dichos sistemas tienen la ventaja de la adaptabilidad en terreno irregular. Para operar en un entorno real, los robots con patas requieren el conocimiento sobre los tipos de terreno y esa información es crucial para el robot que camina ajustar las características de la marcha. El robot hexápodo es una especie de robots de múltiples patas que permiten más opciones para las características de la marcha y además estos pueden llegar a clasificar el terreno que tiene de

diversas maneras como entradas y estas pueden ser mediante diferentes tipos de sensores como cámaras, sensores de profundidad, inerciales, sensores de fuerza / par.(Konthong et al., 2018).

También algo que se debe de tener en cuenta son los grados de libertad que posea el robot para poder moverse. Además, algo que se debe de tomar en cuenta sería el peso y distancia a la cual se usaría el robot, por ejemplo, según el peso que este tenga se debe de adaptar el sistema de locomoción que usara se podrá calcular que estilo de motores usara además que la cantidad de energía que este consumirá y con respecto a cómo se controlara puede ser mediante sensores o radiofrecuencia

3.4 Raspberry Pi

Procesamiento portátil de imágenes

El procesamiento de imágenes es una manera de procesamiento de señales donde el ingreso está en forma de imágenes y la salida del procesamiento de imágenes podría ser en forma de imágenes o un grupo de propiedades o fronteras asociados con imágenes. La compra de imágenes digitales principalmente experimenta sacudidas no deseadas de la cámara y gracias a movimientos inestables de la cámara. Por consiguiente, es necesario un algoritmo de optimización de la imagen para borrar este desplazamiento no esperado de la cámara. Este criterio de procesamiento de imágenes se implementa en Raspberry pi en la aplicación de imágenes médicas.(Widodo et al., 2020).

El objetivo propuesto es el uso de Raspberry Pi como controlador principal para un sistema portátil de procesamiento de imágenes médicas, para ello se realizan 4 etapas del procesamiento de imágenes que son; la determinación de la región de interés (ROI), segmentación, medición de la pendiente pleural y clasificación de si el pulmón es normal o si el pulmón sufre de derrame pleural.

En la primera etapa se realiza la determinación de ROI, en el cual se identificaron imagen torácica normal e imagen torácica derrame pleural en forma de imágenes digitales con formato JPG realizado el proceso de determinación del ROI.

En segundo la segmentación en el cual la segmentación de imágenes se realiza mediante el método de umbral. La segmentación de imágenes tiene como objetivo separar los objetos con fondo por segmento.

Tercero se realiza la determinación de la pendiente pleural, para ello se realiza calculando la distancia entre el centro de la imagen pleural y el borde de la imagen pleural cada 5 píxeles.

En la cuarta etapa se lleva a cabo la clasificación, del cálculo de la pendiente pleural utilizando 100 imágenes se muestra que el gradiente normal de la imagen pleural varía de 0,36 a 0,79, mientras que el gradiente de la imagen pleural identificado derrame varía de 0,01 a 0,26. (Widodo et al., 2020).

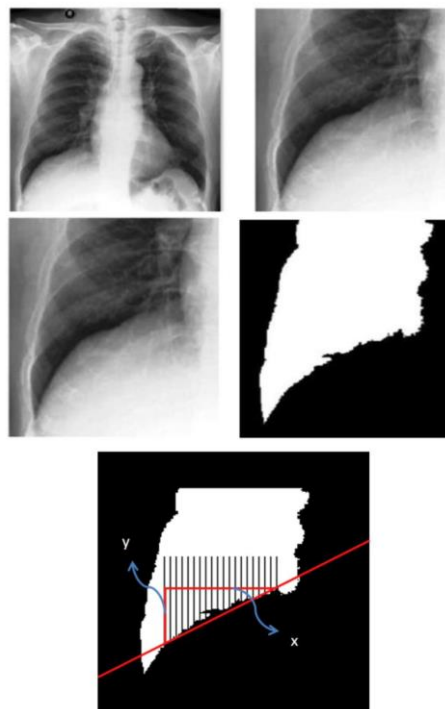


Figura 7 -Procesamiento final de la imagen pulmonar

Fuente: (Widodo et al., 2020).

Detección de objetos en el espejo para hogares inteligentes

Durante este tiempo, el espejo se usa para ver objetos que no son visibles a simple vista, pero se puede usar como una herramienta de apoyo para proporcionar información, que consiste en detectar la distancia de los objetos que se encuentran a su alrededor. Utilizando Raspberry Pi Mini PC que está equipado con módulo de cámara Raspberry Pi, altavoz y sensor de ping. Al mostrar información, la aplicación está diseñada

usando *python*, PHP, que se ejecuta en un sistema operativo de placa única, la salida es una pantalla de una cámara o una pantalla PHP. Por lo tanto, el espejo puede tener diferentes funciones aplicando el método *Fuzzy Logic* como proceso de toma de decisiones en el micro. Este algoritmo se utiliza para traducir una cantidad expresada mediante lenguaje lingüístico. En la aplicación de sistemas inteligentes en espejos inteligentes, hay tres procesos de lógica difusa, a saber, la *fuzzificación*, evaluación de reglas y *defuzzificación*. De cada uno de estos procesos afectará la respuesta del sistema que se controla. Pero hay una escasez en el proceso de retardo del sensor de ping con las cámaras Raspberry pi porque el proceso de reflexión de ondas ultrasónicas es bastante lento. (Harahap et al., 2019).

Procesamiento de imágenes para detección de bordes

En este texto se presenta un sistema que funciona para detectar malezas en plantas de arroz mediante análisis de imágenes con un dispositivo de cámara y una Raspberry Pi. La Raspberry Pi obtuvo una imagen del campo de la cámara que se conectó a través de una conexión USB y la envió al servidor de IoT. El método utilizado en el análisis es combinar el método de proyección vertical y el método de barrido lineal. Los resultados mostraron que nuestro sistema fue muy eficaz para detectar bordes en plantas de arroz.

Método de proyección vertical: La proyección vertical de la imagen es un gráfico, que es la magnitud total de la figura según el eje y. Si se calcula la proyección vertical de la imagen después de aplicar el borde vertical filtro de detección, la magnitud de un cierto punto representa la ocurrencia de los bordes verticales en ese momento. Luego, se procesará la proyección vertical para que los cambios de imagen se puedan utilizar para la localización vertical de la matrícula. La proyección vertical se detecta obteniendo el valor de cuantificación de píxeles basado en la altura de la imagen (línea). En esta etapa, la imagen se cortará en base al gráfico de la proyección vertical. siguiente (Patria & Sambas, 2021).

W denota el ancho de las imágenes, H significa la altura de las imágenes, $P_x(i)$ representa todos los píxeles distintos de cero de la columna i en la dirección de proyección horizontal; $P_y(j)$ denota todos los píxeles distintos de cero de la fila j en la dirección de proyección vertical.

Algoritmo de escaneo lineal: El método de proyección vertical genera el número de líneas de cultivo y la cobertura de cada línea de cultivo, con n indica el número de filas de cultivo, P_iTL

significa el límite superior izquierdo de i columna de cultivo filas, $PiTR$ representó el límite superior derecho de i columna de filas de cultivos, $PiBL$ denotó el límite inferior izquierdo de i columna de filas de cultivos, $PiBR$ designó el límite inferior derecho de i columna de filas de cultivos. (Patria & Sambas, 2021).

3.5 Visión Artificial

la Visión se usa diariamente para observar objetos y obtener información valiosa, sin embargo, la visión es una habilidad básica y sencilla para personas sin discapacidades, pero a la hora de proceso y principios de del sistema visual son complejos. Se sabe que la visión humana se puede simular mediante computadora, el cual corresponde al el software y hardware informático para analizar y procesar información y datos visuales, que ya incluyen la utilización de los procesos de adquisición, transmisión, procesamiento, filtración, almacenamiento y la compresión de información visual. (Li & Shi, 2018).

Los avances relevantes en la inteligencia artificial han sido realizados mediante el desarrollo del aprendizaje automático, que es el uso de algoritmos para el análisis de datos, aprender de estos y luego hacer predicciones sobre algo en el mundo observable. Por eso que el uso de clasificadores de imágenes diseñados usando aprendizaje automático supervisado pueden ser utilizados para la detección de objetos. (Valencia et al., 2020).

(Santos et al., 2020) menciona: "Actualmente el rastreo de imágenes es de gran importancia para diversos campos tales como biología, estudios sociales, educación, seguridad, entre otros; así que desarrollar una herramienta que ayude a solucionar esto es de gran importancia; por ejemplo, en biología se desea estudiar un organismo en particular, de ahí es necesario seguirlo para ver su comportamiento."

En la actualidad existen varias aplicaciones y estudios realizados sobre áreas como en los brazos robótico, vehículos, agricultura, médicos, entre otros. (Borja Borja & Lescano, 2020),(Ale Ale et al., 2019),(Qianqian et al., 2020),(TOMBE, 2020).

3.6 Desinfectantes

Los desinfectantes son esenciales para la eliminación del virus y bacterias, es por eso por lo que se ha usado de gran manera para el control de la propagación del COVID- 19.

3.6.1 Tipos de desinfectante.

Hoy en día debido a los avances científicos y tecnológicos se conocen varios desinfectantes, tomando en cuenta tres de ellos que son el cloro, alcohol y desinfección media luz UV-C.

3.6.1.1 Cloro

La cloración es un método de desinfección eficaz que se utiliza hoy en día para agua potable. Optimizando esto El proceso plantea ciertos desafíos, ya que los objetivos de alcanzar el efecto de desinfección requerido y limitar la formación de subproductos de la desinfección debe cumplirse simultáneamente. Estos necesitan ajustar el cloro dosificación en tiempo real para hacer frente a las fluctuaciones en la calidad del agua y mantener un cloro residual libre en la salida del depósito de agua clara que no excede los límites reglamentarios. Se propone un compuesto esquema de control que combina el observador de perturbaciones (DOB) y el control predictivo del modelo (MPC) para cumplir con objetivos antes mencionados. MPC se emplea para el control de retroalimentación de la dosificación posterior al cloro y DOB está adaptado para monitorear las fluctuaciones en la calidad del agua afluente. Se aplica el valor estimado del DOB en el control anticipado de la dosificación post cloro. Tanto la simulación como los resultados experimentales demuestran que el esquema de control compuesto DOB-MPC propuesto proporciona un mejor efecto de rechazo de perturbaciones contra fluctuaciones en la calidad del agua del afluente que los esquemas de control de solo MPC y solo PID, y puede estabilizar la calidad del agua tratada. El cloro se usa comúnmente para inactivar patógenos dañinos microorganismos durante el tratamiento del agua potable. Aunque una dosis más alta de cloro conducirá a una mayor desinfección, también promueve la formación de subproductos de desinfección nocivos (DBP), como el triclorometano, tetraclorometano, entre otros. Alcanzando la dosis efectiva de cloro generalmente se logra monitoreando el cloro libre residual (FCR) en el depósito de agua limpia salida, que depende de las condiciones climáticas locales de la planta de tratamiento de agua (Wang & Xiang, 2019).

El factor importante para el tratamiento del agua es utilizando la concentración adecuada de cloro. Si hay cloro en una concentración demasiado baja, la desinfección del microorganismo no es efectivo, pero si bien la concentración del cloro es demasiado alta, puede ser perjudicial para los seres humanos y los animales. La Organización Mundial de la

Salud (OMS) ha declarado que el cloro la concentración en el agua potable debe de estar en el rango de 0,2 a 1, 0.ppm. (Mopoung et al., 2019).

3.6.1.2 Alcohol

La Combinación de productos: 70% de alcohol, glutaraldehído, detergente yodado y lejía doméstica productos estudiados para la limpieza de superficies y el tiempo de exposición necesario para cada producto. En este estudio se utilizaron productos con un ingrediente activo a base de alcohol, glutaraldehído, detergente con yodo y lejía doméstica. Se observó la eliminación del SARS-CoV-2 del medio ambiente, independientemente del tiempo de exposición de la superficie al producto.

En un estudio sobre varios tipos de coronavirus realizado por Sizun, se procedió a limpiar 12 piezas de aluminio con agua corriente y después se desinfectaron con alcohol al 70% durante 30 minutos. Los resultados de dicho estudio sugirieron que la presencia del virus en la superficie de los materiales puede ser la principal fuente de infecciones hospitalarias. El uso de povidona yodada y alcohol al 70% mostró eficacia en la eliminación del virus (SARS-CoV-2, SARS y MERS-CoV) en todos los ambientes evaluados.(Xiong et al., 2019).

También la rejilla de fibra de Bragg (FBG) ha demostrado ser el elemento sensor más adecuado para la retroalimentación de fuerza de robots quirúrgicos debido a sus ventajas especiales como tamaño pequeño y físico robustez. En informes actuales, los investigadores empaquetaron FBG en instrumento quirúrgico sujetándolos a una superficie externa o incrustado en las ranuras del eje mediante el uso de adhesivo porque es bueno Liquidez y operatividad en comparación con otros métodos de envasado. como el paquete de metal y el paquete de soldadura de vidrio, y el adhesivo a menudo no tiene cobertura porque el estricto requisito de espacio de minúsculos instrumentos quirúrgicos. Sin embargo, debido a la necesidad de repetir desinfección, los instrumentos quirúrgicos deben estar expuestos a sustancias químicas desinfectante en exceso, lo que puede conducir a la corrosión crónica de adhesivo, y por lo tanto influye en las características de detección del FBG integrados las características de detección de FBG encapsulado con adhesivo bajo Entorno de desinfección. se hace una simulación a una desinfección común medio ambiente utilizando 75% de alcohol, y tres las FBG encapsuladas con adhesivo se empaparon en él durante un período prolongado. Los rendimientos de detección de FBG se han probado periódicamente y los resultados

experimentales demuestran que los FBG están disponibles con buenas características de detección dentro de los primeros 50 días. Tiempo después de 50 días, las funciones de detección de los tres FBG se vuelven a empeorar gradualmente, y finalmente las capas adhesivas de los tres FBG completamente desprendido de la muestra en el día 75, día 80 y el día 95, respectivamente. (Shimabukuro et al., 2020).

3.6.1.3 Luz UV-C

En la actualidad vivimos un problema de salud debido al Covid-19, por lo que el estudio realizado es una revisión sistemática de las diferentes tecnologías UV alternativas que se han desarrollado para reducir la propagación de Covid-19 y otros patógenos nocivos para la salud, ya que se ha comprobado que la gama UV-C que se considera tener una radiación muy potente.

El COVID-19 es una enfermedad resultante de un cuadro agudo grave síndrome respiratorio comúnmente conocido como SARS-CoV-2 virus. Según estadísticas del *World Health Organización* (2020), mientras que las poblaciones más vulnerables buscan una solución para frenar las cifras de contagio con diferentes métodos de protección y desinfección. Que utilizan productos químicos en líquidos y gases que pueden contribuir a la eliminación de patógenos, pero causaría daño al medio ambiente, que se convertiría en un segundo problema para la humanidad. La ciencia ha demostrado que los rayos UV las tecnologías ayudan en todos los aspectos de la esterilización. Por lo tanto, podría implementarse hoy en medio de esta crisis de salud, que a finales de julio de 2020 había registrado más de 17.03 millones de casos confirmados en todo el mundo, de que se han reportado 667.000 muertes y 9,96 millones personas se han recuperado, con una tasa de mortalidad del 3,91% (Ishaq et al., 2018).

Algo que debemos de tomar en cuenta con respecto a la luz UV-C es lo siguiente, puede ser dañina si una persona se ve expuesta ella debido a la longitud de onda que esta posee, pero esa misma longitud de onda es la que le permite poder erradicar los patógenos. Muchos estudios han demostrado que la luz ultravioleta se puede utilizar de diferentes maneras. Se ha estudiado para verificar si la luz ultravioleta es realmente segura eliminando patógenos de las superficies, así mismo se ha demostrado positividad al poseer efectividad contra patógenos, demostrando que realmente es muy confiable y seguro su uso, que otros estudios han corroborado la efectividad con diferentes métodos a los cuales la luz UV-C puede ser adaptada.

Cabe señalar que los diferentes tipos de rayos que tiene la luz ultravioleta, así como los tiempos en que debe usarse, por lo tanto, se encontró que la luz ultravioleta tipo C tiene mayor efectividad, esta tiene la más poderosa Radiación para esterilizar agua, superficies y aire, su ventaja es que sea asequible y no dañe el medio ambiente.(Alvarado-Miranda et al., 2020).

3.6.2 Elementos terminales de desinfección

El control químico es la parte más importante para el control de plagas, sin embargo, los usos incorrectos de las herramientas como la mala calibración del equipo de aspersión ha generado baja eficiencia en el control de plagas, por lo tanto, se ha buscado nuevas tecnologías para mejorar estos problemas. Para ello se propone la pulverización electrostática, que puede mejorar la deposición de la pulverización en las plantas. Esta técnica ya ha presentado ganancias en la deposición por aspersión, pero otros estudios no reportan mejora alguna y dado a eso genera dudas sobre la eficiencia de esta tecnología. para determinar la mejora de esta técnica se realizaron 3 estudios, en el cual el primero se basó en determinar la conductividad eléctrica por soluciones de pulverización utilizadas, el segundo fue determinar la capacidad de un pulverizador electrostático y por último fue la evaluación de la aplicación de pulverización electrostática de cada tratamiento. Concluyendo el análisis de las pruebas de pudo determinar que la técnica de pulverización electrostática puede ser beneficiosa para las aplicaciones de pesticidas en el maíz, aumentando la deposición en el tercio superior del dosel de la planta y reduciendo las pérdidas al suelo. Sin embargo, en el tercio inferior, la técnica también demostró ser superior a la aplicación convencional. (Assunção et al., 2020).

Otro ejemplo de elementos que pueden ser utilizados para desinfección es el riego por aspersión que es un método de riego que ahorra agua y tiene grandes ventajas y potencial. En la actualidad, la uniformidad del sistema de riego por aspersión y la eficiencia de utilización del agua de riego son relativamente bajas. Sin embargo, el diseño rectangular y el diseño de paralelogramo se adoptan ampliamente en los distritos de riego del norte, que tienen problemas de baja eficiencia en el uso del agua, gran área superpuesta de fumigación y desperdicio grave. Para la realización de aspersiones para ahorrar agua se usa una boquilla de pulverización única ajustable comúnmente utilizada en el mercado. Puede establecer el ángulo de abanico de pulverización en 120 grados ajustando el ángulo del anillo limitador, para

alcanzar un tercio del área de expulsión del triángulo *reuleaux* al mismo tiempo. (Nie et al., 2020).



Figura 8 -Estructura del pulverizador de balancines

Fuente: (Nie et al., 2020).

3.7 Aplicaciones

En esta sección se muestran algunas de las aplicaciones de robots desinfectantes o que cumplen cierta función para la limpieza de lugares donde se requiere un control establecido, como en hospitales, edificios, casas, almacenes entre otros.

Robot rociador desinfectante

El robot puede desempeñar un papel importante durante la actual situación de pandemia. Ya que puede reducir la participación humana en todas las áreas, desde un control del paciente hasta un sistema de administración de medicamentos. Durante esta situación de pandemia, muchos hospitales se enfrentan al mayor problema: la escasez de trabajadores y muchas personas de la salud tienen miedo de entrar en la habitación de los pacientes. Desafortunadamente, todos los días en los hospitales se necesitan limpiar los pisos para prevenir enfermedades y mantener la higiene. Para superar este problema, se desarrolló un equipo de desinfección portátil automático para rociar la solución de desinfección. La unidad de desinfección portátil está unida a la parte superior del robot móvil. El sistema integra un mecanismo de rociadores y se utiliza para distribuir aire y mezcla de fluido desinfectante. El sistema es capaz de desinfectar los suelos de los hospitales. El área de aplicación puede incluir pasillos de hospital, tiendas médicas, quirófano, senderos para caminar, sala de médicos, centro de pruebas y sala de pacientes. (raju et al., 2021).

Dado a las nuevas adversidades que se enfrenta día a día, la ayuda de estos robots desinfectantes brinda seguridad, ya que la desinfección manual no garantiza una completa desinfección (Andrasto et al., 2021). Es por eso por lo que los estudios en estas áreas han sido de gran relevancia.

El robot es capaz de eliminar eficazmente los microorganismos del suelo, como hongos, bacterias y virus, y tiene efectos significativos sobre los microorganismos dañinos. Los botes de robot patrullan automáticamente para la esterilización y desinfección en un área predeterminada. El aspersor está equipado con un cilindro neumático de doble acción, y el propósito del cilindro es empujar el aire hacia el tanque. Los componentes principales consisten en un robot de aspersión, un motor de CC, Módulo Bluetooth, Arduino, Controlador de motor, Bomba sumergible, Aspersor, Batería, Convertidores CC. El marco está formado por una chapa de hierro galvanizado de 3 mm con una dimensión de 440 mm de largo y 240 mm de ancho. El marco actúa como base y se utiliza para ensamblar todos los componentes. (raju et al., 2021).

Robot desinfectante

Durante estos últimos años, la tasa de infecciones por patógenos está aumentando considerablemente, y por ende afecta nuestra vida diaria. El motivo de este continuo incremento de estas infecciones en los seres humanos se debe a la rápida reproducción de patógenos dañinos que se transmiten a través de las superficies que no tienen una completa desinfección. Hasta ahora, varios robots autónomos se hicieron para objetivos de aseo, sin embargo, permanecen incorporados con procesos de aseo menores o implican esfuerzos humanos directos. Por consiguiente, un robot antiséptico automático que sea capaz de limpiar, desinfectar y desinfectar el área del piso eliminando los patógenos perjudiciales gracias a una aspiradora, un sanitizante y una metodología de sanitización por rayos ultravioleta, respectivamente, sin la colaboración directa de los seres vivos, se está convirtiendo en una necesidad innegable. Además de quitar el polvo del suelo, el robot además debería ser capaz de desinfectar el muro hasta la máxima elevación viable. El robot diseñado es lo suficientemente inteligente como para cubrir rutas primordiales y complicadas según los requisitos, lo cual lo hace utilizable en cada una de las condiciones probables. Por motivos de seguridad, la luz ultravioleta se acomoda de forma que no dañe a los humanos a medida que está expuesta a una parte especial del área a lo largo de un periodo autorizado. Todos dichos

mecanismos de trabajo permanecen ensamblados de tal forma que posibilita que el robot trabaje las 24 horas del día con la máxima eficiencia de aseo y un control sin inconvenientes. (Rai et al., 2020).

Robot limpiador de pavimento.

La limpieza rutinaria del pavimento es un requisito primordial para conservar un ámbito sustentable para la vida social. Los diferentes anchos y tipos de pavimentos plantean los retos para que los vehículos autónomos con forma fija operen de forma positiva. El objetivo de este escrito es exponer la reconfiguración basada en la perspectiva del robot de barrido de pavimento auto reconfigurable denominado Panthera, que puede ajustar el ancho de su marco para facilitar las labores de aseo y ajustarse a diferentes geometrías de pavimento. Las operaciones de extensión y compresión del ancho del Panthera se implementan girando un motor de elevado par que se conecta con la varilla del tornillo de desarrollo para modificar el ángulo de abertura de las bisagras del varillaje. Las operaciones de aseo y locomoción de Panthera permanecen sincronizadas con el cambio del ancho del robot según la salida del ancho del pavimento detectado. Para tal fin, El pavimento segmentado aprovechado en la red neuronal convolucional fuerte basada en enmascaramiento (DCNN) se usa como acceso para el procedimiento de control de retroalimentación de circuito cerrado planteado, lo cual posibilita al robot ajustar con exactitud el requisito de modificar el ancho a lo largo de la locomoción. El esquema PID planteado tiene presente el diseño cinemático del robot con la flexibilidad de los métodos de cambio de ancho. Los experimentos que se llevaron a cabo en ámbitos reales demostraron el ancho del robot de reconfiguración autónoma con diversos escenarios de locomoción en aceras de distinto ancho. (L. Yi et al., 2020).

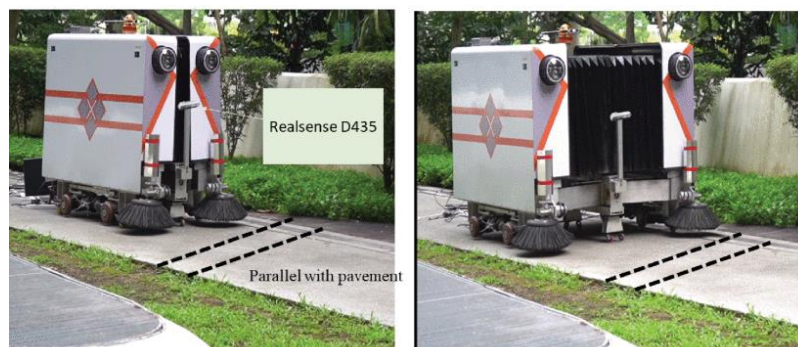


Figura 9- Configuración de operación de robot Panthera

Fuente: (L. Yi et al., 2020).

Pulverización por drones

La actividad de pulverización de desinfectantes incluye una sección de los esfuerzos para prevenir la propagación de Covid-19. La pulverización principalmente se hace por medio de un procedimiento manual. Esta condición da como consecuencia una pulverización desigual y lleva un largo tiempo. Por consiguiente, los pulverizadores desinfectantes automáticos son la manera de solucionar este problema.

Este análisis tiene como fin decidir la efectividad de los dispositivos de pulverización antiséptico basados en drones. La aplicación de la automatización se recibe por medio de la utilización de tecnología de drones y demostrando la pulverización en intervalos de tiempo. Esta averiguación se realiza usando un procedimiento de análisis de diseño de drones y pruebas de campo. El diseño del dron como instrumento de pulverización se fundamenta en el marco fundamental del tarot X6 ensamblado. El dron que se usará después puede levantar hasta 6 kilogramo como peso más alto. La fase de diseño empieza con la ejecución de un análisis de la literatura del tipo de uso del control. Los ajustes de control se hacen calibrando el dispositivo a la carga del dron para obtener el mayor desplazamiento (Andrasto et al., 2021).

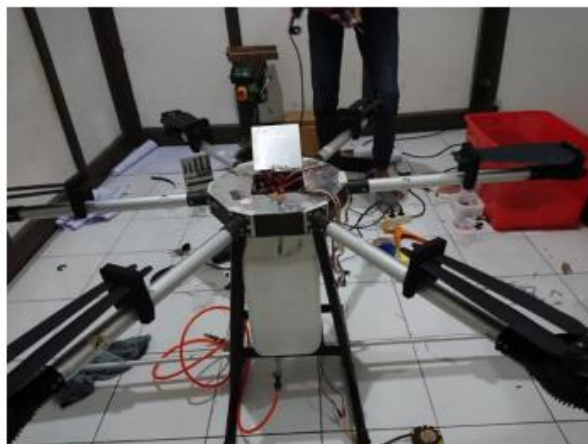


Figura 10- Sistema mecánico del dron

Fuente: (Andrasto et al., 2021).

La utilización de drones para rociar líquido antiséptico se hace usando el modo de vuelo regulado automáticamente por medio del programa *Mission Planner*. Los resultados mostraron que el primer modelo de dron usa una capacidad de tanque de 6 litros con un periodo de vuelo de 6-8 horas. En esta situación, la utilización de drones como pulverizadores desinfectantes puede facilitar las ocupaciones de pulverización y minimizar la época de aplicación (Andrasto et al., 2021).

Capítulo IV. Metodología

En este capítulo describiremos la metodología de investigación implementada en este proyecto, dado a los requerimientos que presenta, la metodología más adecuada es la metodología en V. Se mostrará una breve explicación de la clasificación del funcionamiento y a su vez detallar las variables de investigación que surgen en este proyecto.

4.1 Enfoque

En esta presente investigación se aplicó el enfoque cuantitativo, dado a que se requiere determinar el área de desinfección que cubrirá la boquilla del robot. Esto debido a que existen variables de entrada que pueden perturbar las variables de salida. Es necesario controlar las variables de entrada para obtener un resultado deseado y dichas variables pueden cambiar por factores internos del robot, por ejemplo, comandos de programación, desviaciones en los cálculos y ajustes en las pruebas.

4.2 Variables de la investigación

El propósito principal de las variables es ajustar la entrada y la salida para no afectar los resultados finales.

4.2.1 Variable dependiente

Tasa de cambio del área de desinfección (m^2/s): la movilidad del robot permite cubrir un área con el fluido desinfectante a medida que el robot se va desplazando con respecto al tiempo, en el que el vehículo llega hacia su destino.

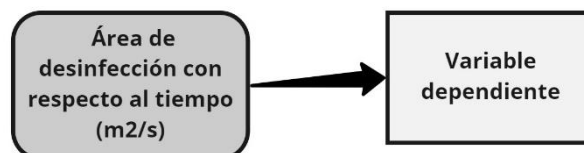


Figura 11- Variable dependiente

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Variables independientes

Las independientes son las que afectaran la tasa de cambio tales como;

- 1) **La velocidad del robot (m/s):** Al existir un cambio en la velocidad del robot el área de desinfección con respecto al tiempo se ve afectada.
- 2) **El caudal de salida (L/min):** Al reducir el caudal de salida se ve afectado el ángulo de salida que determina el área de contacto del fluido.
- 3) **Ángulo de salida de la boquilla (grados):** Al variar el ángulo de salida de la boquilla varía el alcance de la aspersión.

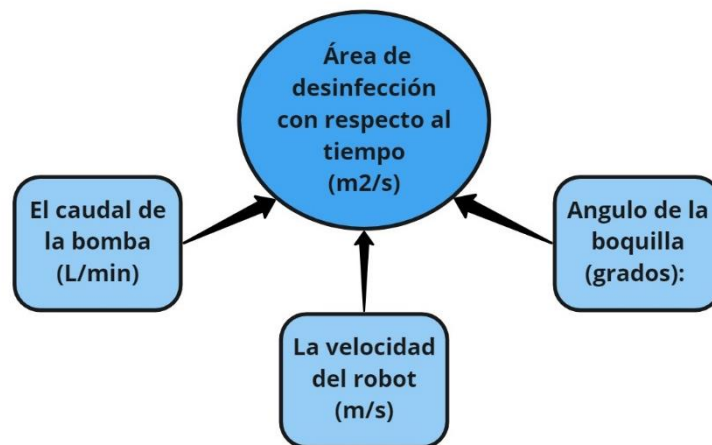


Figura 12– Variables independientes

Fuente: Elaboración propia

4.3 Técnicas e instrumentos utilizados

Para la realización del robot se utilizaron diversas técnicas e instrumentos dado a que el proyecto consiste en la integración de sistemas mecánicos, eléctricos y de software. Para el desarrollo de este proyecto una de las técnicas claves en destacar son las investigativas, dado que para lograr un prototipo se requiere el análisis de los diferentes sistemas a implementar y así obtener los resultados deseados. Abordando el tema de los sistemas, para la parte mecánica se utilizó SolidWorks para la realización de pruebas en los diferentes componentes para determinar si eran aptos para su uso, y comprobar que soportarían los esfuerzos. Siempre utilizando los instrumentos. Con respecto a el sistema de seguimiento de línea se utilizó el

software del Arduino IDE para verificar la programación de los sensores y el uso de Python para el implemento de la cámara para poder monitorear el robot.

4.4 Materiales

A continuación, se detallan los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto.

Componentes estructurales

- Tubo galvanizado de 1 in.
- Láminas de hierro de 1/8 in.
- Tubo de hierro de 2 in.

Sistema motriz

- 2 taladros de 12 V D/C
- Batería de litio recargable 3500 mAh
- Puente H
- 2 ruedas motrices
- 2 ruedas locas

Sistema de seguimiento de línea

- 4 sensores infrarrojos TCRT500
- Arduino Mega
- Cables
- Cámara web
- Raspberry pi

Sistema de aspersión

- Bomba de agua 12 v D/C
- Boquilla de aspersión

4.5 Metodología de Estudio

La metodología en "V" brinda una herramienta muy practica para el desarrollo de proyectos como es el caso de un producto final, dado que permite realizar una integración de los 3 subsistemas de ingeniería mecatrónico que es la mecánica, la electrónica y la parte informática. Este conjunto permite diseñar un sistema mecatrónico en el cual se optimiza la comunicación entre estas partes involucradas a través de términos y responsabilidades que serán definidas, de igual manera nos minimiza los riesgos y mejora la planificación mediante roles, estructura y resultados.

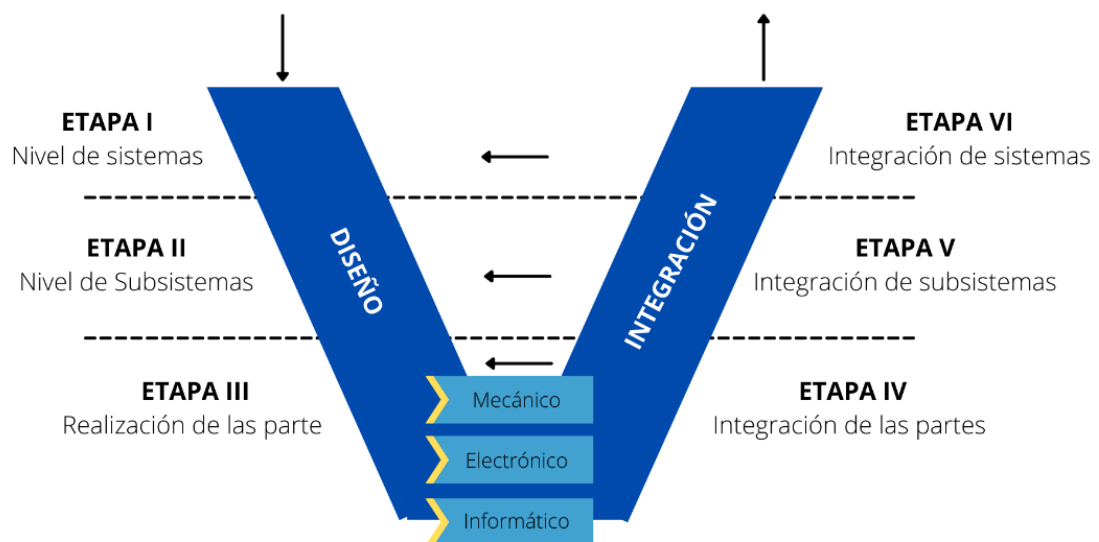


Figura 13- Metodología en V

Fuente: Elaboración propia

4.5.1 Etapa I de Metodología en V: Nivel de sistemas

Sistema mecánico

Se necesitará la fabricación de una estructura que pueda soportar las diferentes exigencias de las cuales pueden ser la movilidad que estas posean además tomar en consideración que se necesita que sea resistente pues debe de cargar un suministro de desinfectantes y ser resistente a cualquier impacto leve a moderado para evitar se algún componente vital interno se vea afectado, ya una vez al haber considerado los diferentes factores se podrá determinar los materiales adecuados.

Sistema electrónico

Se necesitará la elaboración de placas electrónicas que sean capaces de suministrar señales de entrada y de salida que estas además tengan conexión directa con el sistema de seguimiento de línea y también que pueda generar señales PWM para así poder controlar los motores que controlen el movimiento del robot.

-Sistema informático

Se necesitará que el robot posea un sistema adecuado para poder seguir una línea, esta línea significara el camino o ruta que el deberá de recorrer para así poder cumplir con su cometido se deberá de calcular además cuantos sensores de línea se deberán de utilizar para el correcto funcionamiento del robot y probar si además el robot puede seguir la línea hasta el final del recorrido sin ningún problema.

4.5.2 Etapa II de Metodología en V: Nivel de subsistemas

En esta sección se explicará los requerimientos que conlleva cada subsistema y sobre cómo se realiza la selección de componentes para el proyecto.

Subsistemas mecánicos

Después de varios posibles diseños el que más se adecuaba para poder llevar a cabo con todas las necesidades del robot es un sistema que cuente con dos ruedas traseras motrices, así como son las ruedas traseras de un automóvil y una sola rueda de enfrente que sea una rueda guiada o rueda loca como las conocen la mayoría de las personas para poder realizar el movimiento del robot.

Subsistemas electrónicos

Se tomo en cuenta varios elementos para si poder elaborar una placa PCB que sea capaz de recibir y enviar señales para integrar la mayoría de los elementos que se necesitarían para poder establecer una comunicación de los elementos del robot desde tomar en cuenta que debido a los motores que se utilizaran las baterías que se utilizaran será de 12v D/C a 5000mah. También se utilizará una bomba de agua pequeña para así poder dispersar el material desinfectante sobre los lugares por donde pase el robot. Además, la placa de control

puede generar señales PWM para así poder controlar los motores de una manera más eficiente y tener un mejor control del robot.

Subsistemas informáticos

El robot tendrá 4 sensores seguidores de línea que se ubicaran de la siguiente manera uno a la par del otro para así poder tener un mayor rango para obtener datos estos sensores estarán montados o acoplados sobre una estructura liviana preferiblemente plástico y enviaran la información hacia la placa PCB a un microprocesador para que este con la programación que posea pueda controlar el robot de una manera muy eficiente y tratar de mantener en todo momento al robot siempre sobre la línea.

4.5.3 Etapa III de Metodología en V: Realización de las partes

Sistema mecánico

Para la realización de las piezas mecánicas se realizaron diseño de la estructura para comprobar que resistiera los esfuerzos, al igual que el diseño de las llantas para determinar el tipo y el tamaño de la ruedas motrices y ruedas locas. Se prosiguió a soldar la estructura y luego se pintó para darle más vida útil al material y proteger de la corrosión.

Sistema electrónico

Dentro de los sistemas electrónicos claves se encuentre el puente H, el cual se realizó para ser el encargado de hacer las conmutaciones, recibiendo las señales para detener los motores, el cual son enviados desde los sensores al microcontrolador.

Sistema informático

Se realizó la programación para el seguimiento de línea de los cuatro sensores infrarrojos el cual se encarga de enviar las señales al microprocesador, se realizaron las pruebas correspondientes para verificar el funcionamiento de los 4 sensores IR.

4.5.4 Etapa IV de Metodología en V: Integración de partes

Partes mecánicas

Una vez realizado las partes de la estructura, se continua con las pruebas de los diferentes componentes, tanto eléctricos como electromecánicos para determinar la posición

de las ruedas y las chumaceras para continuar con la revisión de los componentes para verificar que no se muevan del lugar para evitar posibles daños.

Partes electrónicas

La integración de las partes eléctricas consiste en la selección del sistema motriz. se utilizaron 2 taladros de 12 v D/C en cual giran a 550 RPM, los cuales son capaces de generar el avance deseado soportando todo el peso del robot a una velocidad constante. Otra de las selecciones importante en la parte eléctrica es sobre la fuente de energía, el cual se utilizó una batería recargable de 3500 mAh la cual energiza todos los sistemas.

Softwares

Se compila la programación y se resuelven los problemas de conexión, como resultado el sistema de seguimiento de línea es capaz de determinar cuando el robot no estaba en la línea establecida.

4.5.5 Etapa V de Metodología en V: Integración de sistemas

Sistema mecánico

Una vez realizadas y probas las piezas mecánicas se prosigue a la unión de los componentes, verificando la distribución de espacio, luego se realizan los ajusten en los ejes de las ruedas las cuales van acopladas a él mandril del taladro y verificar que el robot se mueve en línea recta.

Sistema electrónico

Teniendo los sistemas mecánicos listo, se continua con las regulaciones de voltajes y probar que todos los componentes eléctricos reciban el voltaje correcto para no dañarlos, también se realizan las pruebas de velocidades y el rendimiento de los motores en diferentes escenarios.

Sistema informático

Como parte final de los sistemas informáticos, se realizan las últimas pruebas incorporando todos los componentes, revisando el desempeño de los sensores y ver los comportamientos en los movimientos abruptos.

4.5.6 Etapa VI de Metodología en VI: Integración de subsistemas

Subsistema mecánico

Dentro de los subsistemas mecánicos tenemos la estructura del soporte del aspersor el cual se realizan pruebas para determinar las dimensiones ya validar el alcance del aspersor, comparando con diferentes boquillas a ciertos ángulos.

Subsistema electrónico

Se integran la bomba y se regulan los voltajes entre otros requerimientos para el correcto uso de la bomba y verificar que no presenten fallas a la hora de realizar la aspersión y ver que todos los sistemas y subsistemas funcionen correctamente.

Sistema informático

Como parte final se incorpora la Raspberry pi con la cámara, el cual la conectividad se realiza mediante el programa de Python, se realiza las pruebas de conexión y como se muestra la vista desde el robot para poder ser monitoreada.

4.5.7 Resultados

Como finalidad se logra el desarrollo de un robot seguidor de línea mediante el uso de sensores IR que a su vez desinfecta un área el cual se define por el trazo de una línea negra en el lugar donde se desea que se realice la acción. Para ello el robot sigue la línea y se detiene cuando detecta un obstáculo, como una persona. Para poder desinfectar se hace uso de una bomba de 12v conectada a una boquilla de 45° en la parte más alta del robot el cual es un tubo galvanizado de 2 in. El robot cuenta también con una cámara conectada a un Raspberry pi, para poder ser contralada y monitoreada para brindar mayor seguridad.

4.6 Cronograma de actividades

En este apartado se muestra a detalle las actividades a realizar para el desarrollo del proyecto, para ellos se consideraron las tareas claves y el tiempo aproximado para llevarlas a cabo.

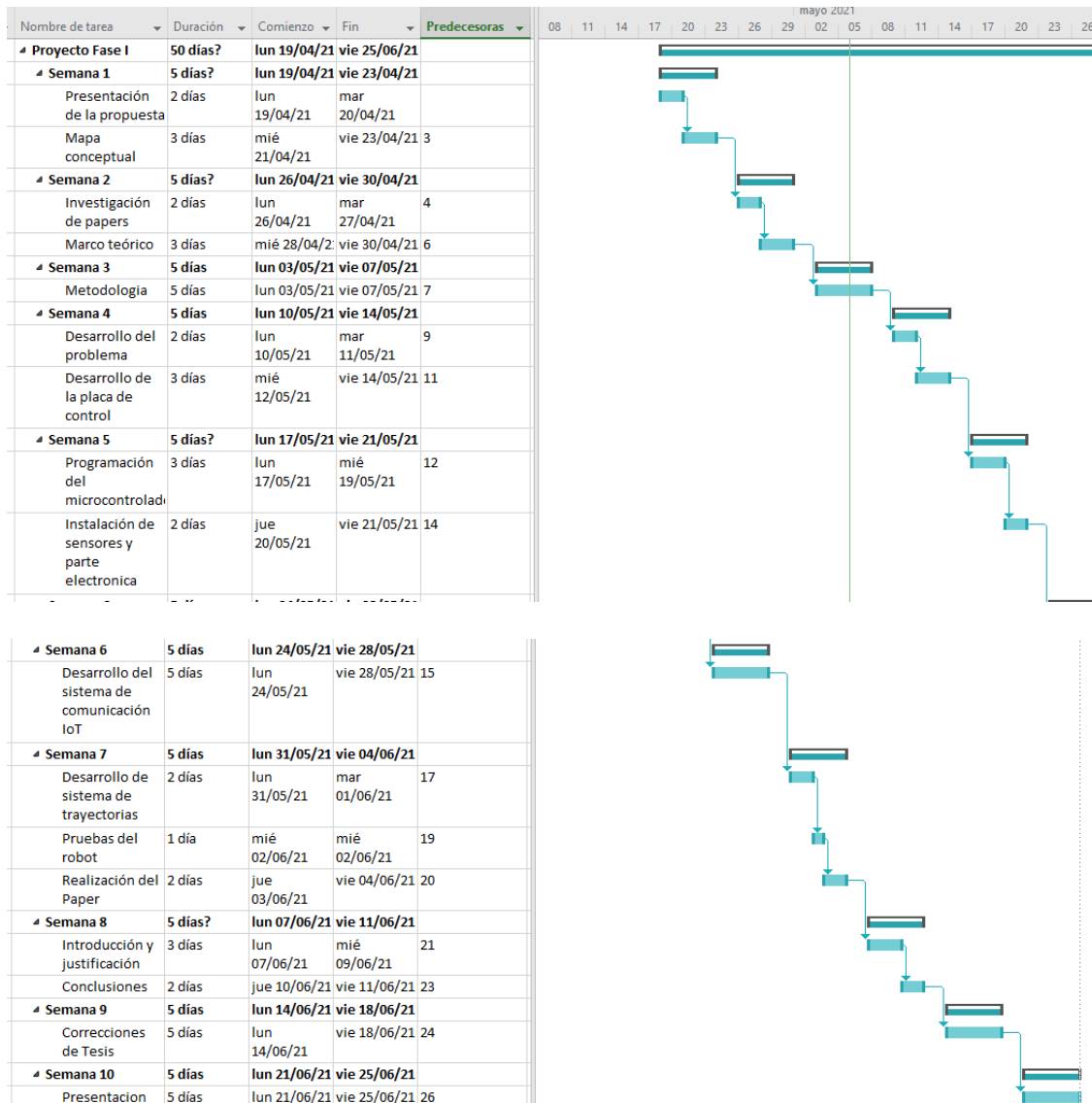


Figura 14 -Cronograma de actividades, Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V. Resultados

En este capítulo se muestran los resultados y análisis obtenidos siguiendo los pasos de la metodología aplicada en el proyecto de investigación, en el cual se realizaron pruebas para la validación de los resultados, comparación con otras investigaciones similares y presentación de los resultados sintetizando los principales logros.

5.1 Análisis del marco teórico

En esta sección se consideró la información de otras investigación y aplicaciones de sistemas de autónomos para el desarrollo del robot seguidor de líneas para desinfección. Para la realización de la estructura se tomaron las consideraciones de peso y de volumen para almacenar dos galones del líquido desinfectante, optando por una estructura de láminas de hierro para una mayor resistencia. El sistema de locomoción en este caso fue de la forma tradicional de cuatro ruedas siendo las traseras las motrices alimentadas por dos taladros. la ubicación del aspersor se encuentra en el centro de la estructura en la parte más alta del tubo fijado de una pulgada para obtener el alcance deseado.

Existen diferentes formas para realizar el seguimiento de línea como sensores *LiDAR*, sensores ultrasonidos, sensores laser y sensores IR, en el cual el sensor infrarrojo ofrece mayores beneficios por su menor costo y fácil implementación.

Siendo conscientes del impacto del covid-19, las medidas de bioseguridad son indispensable para el control de la propagación del virus y para asegurar el cumplimiento se ha necesitado de la robótica y la automatización para garantizar y no poner en riesgo a las personas a la exposición directa al virus. De igual manera según las investigaciones muestran la efectividad de la desinfección utilizando cloro o alcohol y otros productos como el amonio y la luz UV-C, sin embargo, la selección del líquido queda abierto según se necesite.

5.2 Especificación del proyecto

El robot está diseñado para realizar la desinfección de áreas industriales mediante el seguimiento de línea con el propósito de controlar la propagación del virus en lugares concurridos y a su vez garantizar la desinfección de dicha área. Para ello se tomaron a consideración 3 áreas indispensables para el desarrollo de este proyecto tales como; sistemas mecánicos, sistemas electrónicos y sistemas informáticos.

Tabla 1- Descripción de los componentes

Componente	Descripción
Estructura	tubo de 1 in y Láminas de hierro 1/8 in.
Sistema de aspersión	Bomba de agua 12 v D/C y aspersores
Sistema seguimiento de línea	4 sensores IR.
Sistema motriz	2 taladros 12 v, batería de litio 12v, 4 llantas

Fuente: Elaboración propia

En la elaboración de cada sistema fueron necesario la incorporación de diferentes subsistemas, así como el uso de distintos materiales y herramientas y a su vez la verificación de los componentes utilizados.

5.2.1 Sistema mecánico - Diseño de la Estructura del robot

El chasis es la base del robot y el diseño puede tener varias formas y tamaños, sin embargo, teniendo en cuenta el propósito del proyecto que es realizar el seguimiento de línea y a su vez desinfectar el camino, se realizó el diseño de la estructura tomando en consideración todos los requerimientos necesarios para un óptimo desempeño, dentro de los cuales eran:

- La movilidad del robot
- Estabilidad
- Espacio para transportar;
 1. **Sistema de aspersión:** La bomba y el tanque del liquido
 2. **Sistema motriz:** Los motores, llantas y batería
 3. **Sistema de seguimiento de línea:** sensores, carcasa y cables

Estas consideraciones son importantes para realizar el diseño ya que la movilidad del robot es fundamental y tener un buen equilibrio para mantener la estabilidad del robot al realizar los cambios de dirección rápidas y en ocasiones movimientos bruscos. Para ello se diseñaron diferentes opciones de estructuras, sin embargo, se optó por un diseño compacto y funcional para transportar el fluido y su vez desinfectar el área.

Para poder determinar si la estructura sería capaz de soportar los esfuerzos y cargar todos los componentes al igual que el tanque del líquido desinfectante se realizó el diseño de la estructura en SolidWorks.

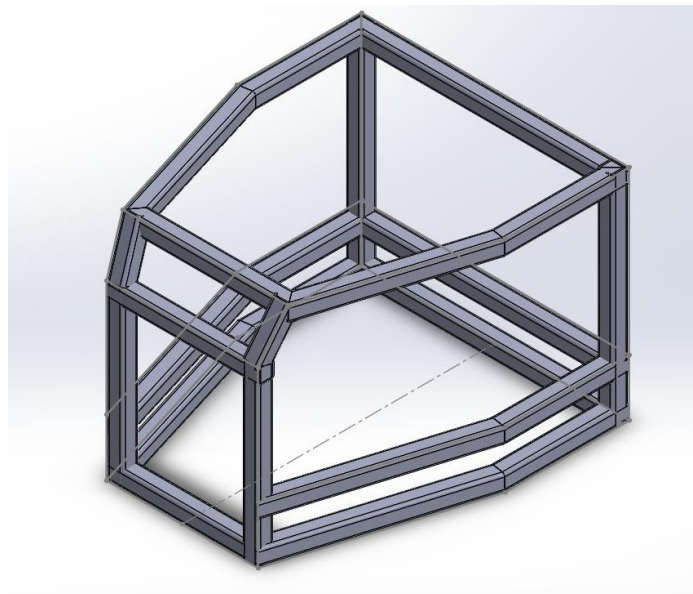


Figura 15 – Diseño de estructura metálica

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Sistemas electrónicos

Para el desarrollo del diseño de los sistemas electrónicos era necesario conocer los parámetros de los componentes electrónicos, el cual requiere la capacidad de suministrar las señales de entrada y salida como también los valores de los voltajes para seleccionar los materiales correctos y todo pueda ser energizado por una batería.

Al ser un robot móvil, la alimentación también tiene que ser móvil, es por eso por lo que se utiliza un medio de almacenamiento de energía, por medio de una batería recargable, para la selección de la fuente de energía es sumamente importante, porque proporcional a la

capacidad que tiene, condicionara la velocidad y la autonomía del robot. Consecuente a esto los factores que se consideraron son los siguientes:

- Consumo máximo del robot: teniendo en consideración de las características de todos los componentes, como los motores y la bomba que son los que consumen la mayor parte de la energía, se tiene que validar cual será el consumo máximo de cada componente para posterior a esto seleccionar la batería que sea capaz de proporcionar la corriente necesaria.
- Pico de consumo máximo: en el momento de que el motor está en funcionamiento, se produce un pico de consumo por la resistencia, este pico es mayor dependiendo de la velocidad y la carga que necesita mover. Es por esto por lo que la batería debe ser capaz de soportar los picos sin afectar el funcionamiento del robot para evitar una bajada de tensión y ocasionar el apagado de los motores.
- Capacidad: las baterías recargables tienen una cifra de carga expresadas en mAh, esta cifra nos indica cuantos miliamperios/ hora puede dar la batería hasta descargarse. Dependiendo de la capacidad de la batería, será el tiempo que durará el robot en realizar su funcionamiento.

Para el sistema motriz tomando en consideración las fuerzas aplicadas y el peso del robot, se optó por el uso de dos motores para cada eje ya que se necesita ir regulando las velocidades de cada motor de manera independiente para realizar el seguimiento de línea.

5.2.3 Sistemas informáticos

El seguimiento de línea es la parte esencial para la autonomía del robot, para el desarrollo se compararon diferentes métodos y sensores para dar una fluidez y seguridad de a la hora de operar, para ello el uso de sensores infrarrojos los cuales son recomendados para esta aplicación, para poder programarlos se hace uso del software Arduino IDE, para la validación y complicación de la programación, como subsistema se agrega el monitoreo mediante una cámara y una Raspberry pi y se hace uso de Python para la programación.

5.3 Realización de las partes

En esta subsección se explica cómo fueron elaboradas las partes esenciales de cada sistema del robot, en el cual también se muestran los parámetros que fueron tomados en consideración y su respectiva validación.

5.3.1 Sistema mecánico

Para la selección del material se realizaron pruebas de tensión y de deformación en SolidWorks para así lograr determinar el mejor material, dentro de las consideraciones a tomar fue el peso y su comportamiento al ser sometido a esfuerzos, en la siguiente tabla se muestra la comparación de los materiales.

Tabla 2- Resultados de simulación de materiales

Material	Máxima tensión (N/m²)	Limite elástico	Densidad (kg/m³)	Deformación (mm)
Acero	7.773 e+06	1.750e+08	7800	9.857 e-02
Hierro	1.497e+07	1.006+08	7250	6.333e-02
Aluminio	7.096 e+06	2.500e+07	2700	2.614e-01

Fuente: Elaboración propia

El aluminio fue uno de los materiales considerados para utilizar dado a su peso y resistencia, sin embargo, para poder hacer el proceso de soldadura se necesita el tipo de soldadura TIG o con gas argón en el cual presenta un mayor valor de fabricación a comparación con la soldadura normal.

El otro material tomado a consideración fue el acero que sin duda resiste mucho más que el aluminio, por lo que resulta más pesado y menos deformable, dado a esto presenta el inconveniente que al usarse generaría más carga para el robot e incrementa los costos de fabricación. Es por eso se utilizó el hierro, ya que es más accesible con respecto a los procesos de soldadura y a los costos de fabricación.

La estructura está conformada por tubos estructurales de 1 pulgada y esta recubierta con láminas de hierro de 1/8 de pulgadas de espesor. Para validación se realizaron pruebas de tensión y de flexión sobre la estructura agregando una fuerza de 400 N, el cual sería el peso del robot más el peso del líquido que estará cargando.

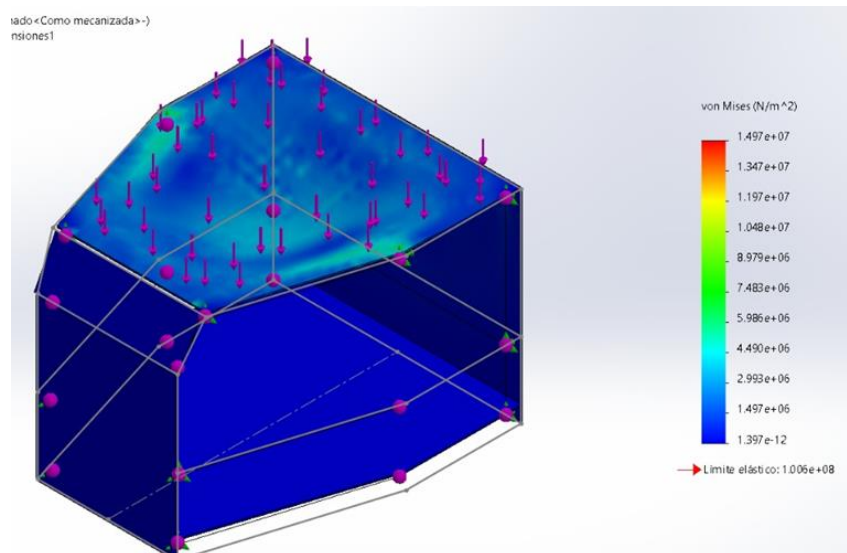


Figura 16 – Pruebas de esfuerzos

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Fig. 16 se presentan deformaciones, sin embargo, el programa exagera esta animación por un propósito ilustrativo. El valor de la máxima tensión es de $1.497e+07$ (N/m²), también se realizó la prueba de desplazamiento estático dando como valor máximo de $6.333e-02$ milímetros, otras de las pruebas realizadas fueron sobre el factor de seguridad el cual nos dio un valor mínimo de 36.77. consecuente a esto se continuo con la fabricación de la estructura.

Para la fabricación de la estructura del robot se cortaron los lances del tubo estructural para ser soldados, se diseñó una puesta en la parte frontal del robot para facilitar el acceso al interior donde se encuentra la bomba y el tanque. En la parte superior se encuentra un tubo galvanizado de dos pulgadas y media el cual por interior pasa el fluido desinfectante. Se realizo el proceso de pulido a la estructura para quitar el material excedente dejando una superficie lisa, luego se aplicó masilla con los puntos de soldadura para una mejor presentación, finalizando se aplicó una capa de pintura para alargar la utilidad del material.

Para la selección de las ruedas motrices, se realizó un diseño para poder ser sometida en simulaciones para comprobar que el diámetro y los materiales brindarían la tracción y el avance deseado.

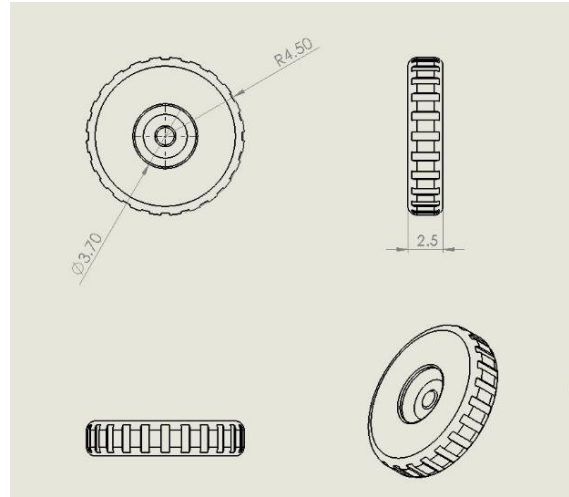


Figura 17– Diseño y medidas de ruedas motrices

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la Fig. 17 la rueda tiene un diámetro de 9.5 pulgadas y 2.5 pulgadas de espesor, el rin es de hierro y la llanta de goma. El eje de la llanta es de media pulgada, el cual se realizó el diseño y pruebas en SolidWorks.

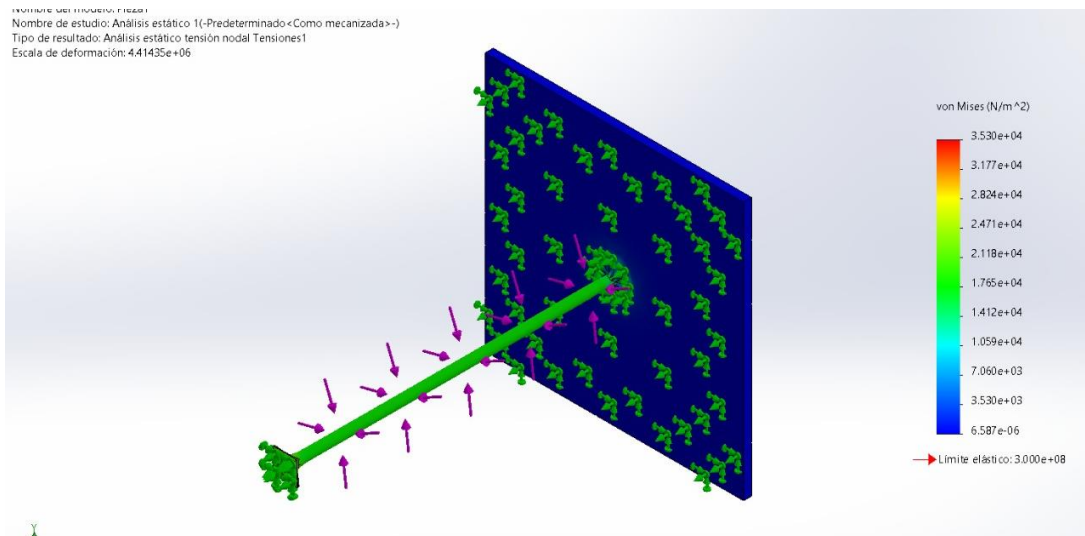


Figura 18– Pruebas de tensión del eje

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de esta simulación se aplicaron 60 lb fuerza para poder determinar si resistiría todos los esfuerzos aplicados. Según la prueba de análisis estático el eje presenta un esfuerzo máximo de 3.530e+04 (N/m²) y la deformación fue despreciable, con esto se pudo validar el diseño y continuar con la fabricación.

Para el sistema de aspersión desde el inicio del diseño de la estructura se pudo validar que era conveniente colocar la boquilla aspersor en la parte más alta de la estructura para ello fue necesario incorporarle un tubo en el centro de la estructura para brindar soporte y elevación para lograr un mayor alcance para la desinfección.

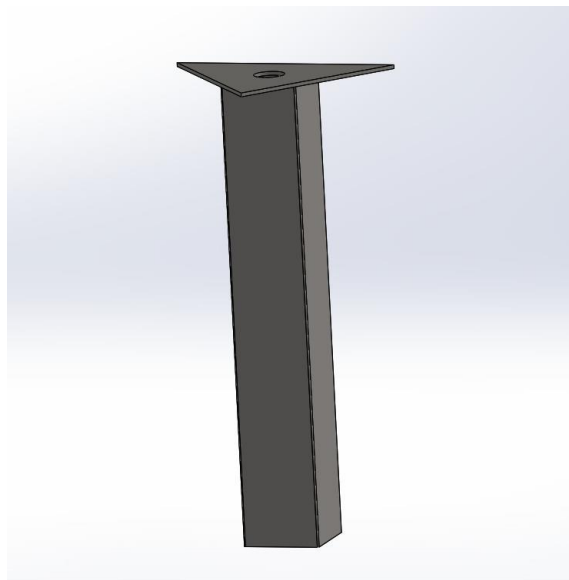


Figura 19– Diseño de estructura para aspersión

Fuente: elaboración propia

La base fue realizada con un tubo galvanizado de 2 pulgadas y 12 pulgadas de alto, también se le realizaron pruebas de esfuerzos para verificar el diseño de la pieza, los resultados de la prueba de análisis estático determinó que la tiene un valor máximo de $1.803e+05$ (N/m²). La unión de la base fue realizada mediante soldadura, agregando una placa hexagonal para tener mayor seguridad. La parte superior tiene forma triangular y un orificio en el centro donde basa el tubo donde conecta la boquilla con la bomba de presión.

Una vez terminada las pruebas de todos los componentes se continuó soldando las piezas faltantes, una vez terminado el proceso de soldadura y pintura, la estructura final sin la parte motriz quedó como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 20– Estructura del robot

Fuente: Elaboración propia

La estructura tiene una forma particular ya que en la parte superior tiene diferente ángulo y la parte frontal tiene menor anchura que la trasera, en cuanto a los lados laterales están al descubierto para la instalación de los componentes mecánicos y electrónicos, así como el sistema de aspersión, sin embargo la parte frontal cuenta con una compuerta para al dado caso que sea necesario cerrar los lados laterales siempre tenga la facilidad de hacer cualquier codificación y poder llenar el tanque con el líquido desinfectante sin complicaciones. Las especificaciones de la estructura se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3– Especificaciones de la estructura

Elemento	Detalles
Ancho	19.5 in
largo	21.5 in
Altura	16.5 in
Espesor	1/8 in
peso	65 lb

Fuente: Elaboración propia

5.4 Integración de sistemas

Continuación con las etapas de la metodología, en esta sección se explica detalladamente los proceso y técnicas utilizadas para integrar los sistemas que lleva el robot.

5.4.1 Sistema mecánico

El sistema de locomoción una parte fundamental del robot, para la selección de este sistema se determinó que la mejor opción sería el uso de dos motores, en este caso el de los taladros para realiza el movimiento.

Las llantas que posee el robot son de goma el cual ofrece mayor tracción. El robot al estar en movimiento se reduce los golpes internos pues al ser de goma amortigua el golpe. Las llantas tienen un diámetro de 9 pulgadas y un espesor de 2 pulgadas y media, las llantas están conectadas a un eje de media pulgada el cual se mecanizó la punta para poderlo adaptar a la boquilla de un taladro para cada llanta también se colocaron chumaceras en el eje para que la presión recaiga en la chumacera y no en él ni en los motores para evitar daños internos del motor.



Figura 21- Llanta con eje mecanizado

Fuente: Elaboración propia

Los motores que son los encargados de poder que no suministrar un movimiento del robot estos están conectados a un controlador o puente H el cual es el que comienza a ser las conmutaciones según las señales que reciba del controlador que tiene el robot y él lo

transforma en movimiento ya sea para adelante o para atrás para poder así controlarlos según los sensores seguidores de línea.

5.4.2 Sistema electrónico:

Para el sistema motrices se revisaron diversos modelos de motores para generar el movimiento de avance del robot, sin embargo, la mayoría tienen un costo elevado tales como motores con señales PWM, consecuente a esto se decidió utilizar dos taladros de 12 voltios D/C ya que proporciona la fuerza necesaria para mover el robot a un menor costo. Estos taladros giran a 550 RPM y entrega el torque necesario para movilizar el robot. Cabe destacar que los taladros sirven para largos tiempos de uso, por su durabilidad siendo lo suficientemente fuertes y resistentes para ser utilizado como sistema motriz. Las características son las siguientes:

- Ligero sólo 2.18 libras
- Diseño de la manija media para comodidad y control
- Velocidad 0-550 RPM
- Mandril 3/8"

El portabrocas del taladro sirve para insertar las llantas, al ser retráctil se pueden ajustar el diámetro del eje de las llantas, siendo ideal para diferentes adaptaciones y evitando la creación de accesorios, ya que solo se necesita abrir el mandril del y ajustarlo.

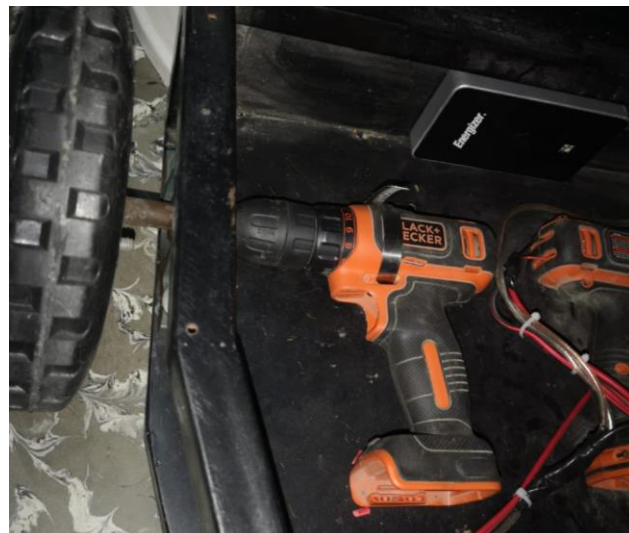


Figura 22- Acoplamiento de llantas

Fuente: Elaboración propia

Para la validación de esfuerzos del motor se realizaron pruebas a cada motor aplicando una fuerza de 350 N, el cual equivale a 80 lb fuerza que serían el peso del robot y un peso agrado extra para dar mayor seguridad, para realizar las en cada eje se le aplico 175 N, dado al ser 2 motores de divide el esfuerzo para cada uno.

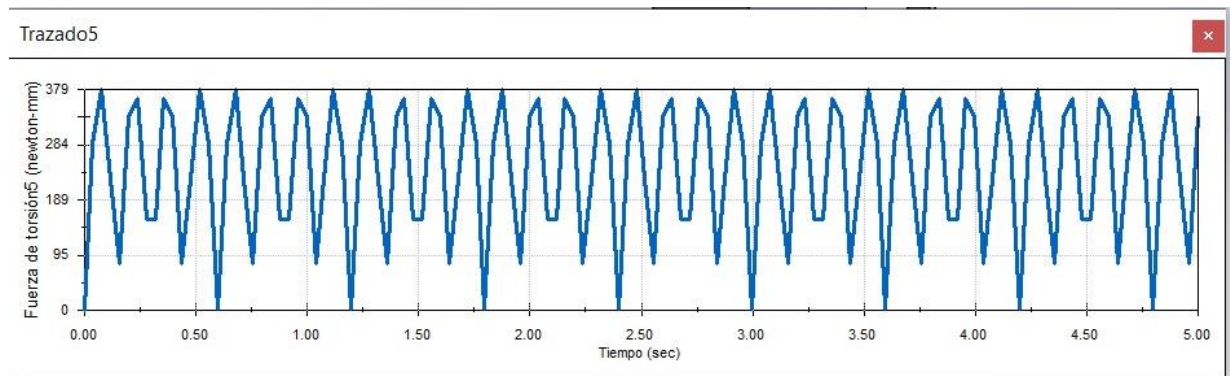


Figura 23 -Grafica de torque del motor

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la fig. 9 cada motor será sometido a un esfuerzo que puede soportar y no estaría sobrecargado. Para la realización de esta prueba fue necesario el uso del Estudio del Movimiento que ofrece SolidWorks, en el cual se agrega el valor de las revoluciones del motor y las fuerzas en la cual estaría sometido.

5.4.3 Sistema de seguimiento de línea

Para el desarrollo del sistema de seguimiento de línea se hizo uso del sensor de módulo óptico con comparador LM393, que detecta obstáculos con alta precisión que se considera ideal para el uso de detección de obstáculos para los robots autónomos. El sensor TCRT500 es un sensor óptico reflexivo que tiene una construcción compacta donde el emisor de luz y el receptor se colocan en la misma dirección para detectar la presencia de un objeto, es este caso la línea, utilizando la reflexión del infrarrojo sobre el objeto.

5.4.3.1 Simulación CoppeliaSIM

Para la verificación del sistema de seguimiento de línea se hizo uso de dos softwares como es SolidWorks y CoppeliaSIM Edu, para ello fue necesario la realización de las piezas en SolidWorks, en el cual se hizo la estructura metálica, las llantas, los ejes y las chumaceras, posterior a esto fue necesario convertirlo en un archivo STL para poder ser trabajo en

CoppeliaSIM, este software es un simulador de robots que tiene un entorno de desarrollo integrado que se basa en una arquitectura de control distribuido.

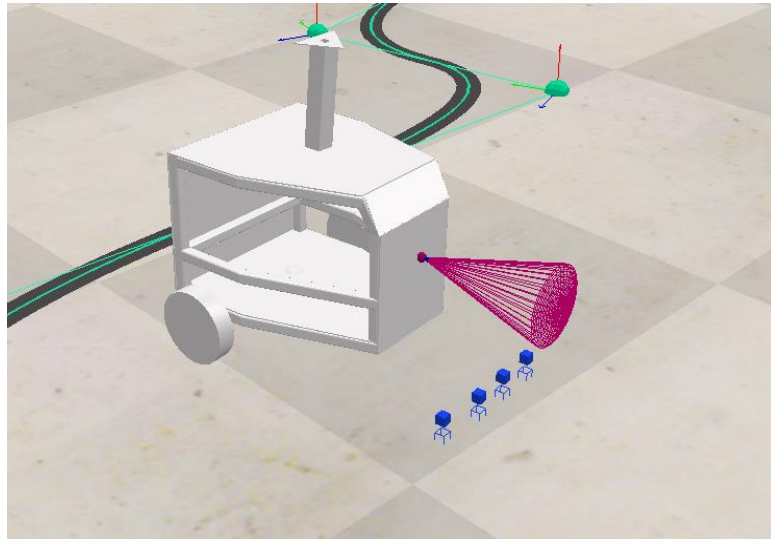


Figura 24 -Robot simulado en CoppeliaSIM

Fuente: Elaboración propia

Una vez teniendo la estructura del robot fue necesario ordenarlo de forma jerárquica, esto consiste en ir definiendo cada parte e ir declarándolas partes estáticas de la estructura para unir todos los componentes. Dentro del simulador se encuentra la opción de agregarle motores y diferentes sensores, para la simulación fue necesario el uso de dos motores, uno para cada llanta, 4 sensores infrarrojos y un sensor ultrasónico al igual que el prototipo.

Como se muestra en la Fig. 23 lo robot cuenta con todos los componentes que tiene el robot físicamente y fue aplicada la misma lógica de operación para realizar el seguimiento. Los sensores infrarrojos cuentan con las mismas características y el mismo alcance que fue considerado en el proyecto, los sensores son los encargados de determinar si el robot esta fuera de la línea por medio de la medición del valor del reflejo que obtiene el fototransistor, sabiendo que en una zona blanca tendrá mayor valor en el reflejo a comparación de la parte negra.

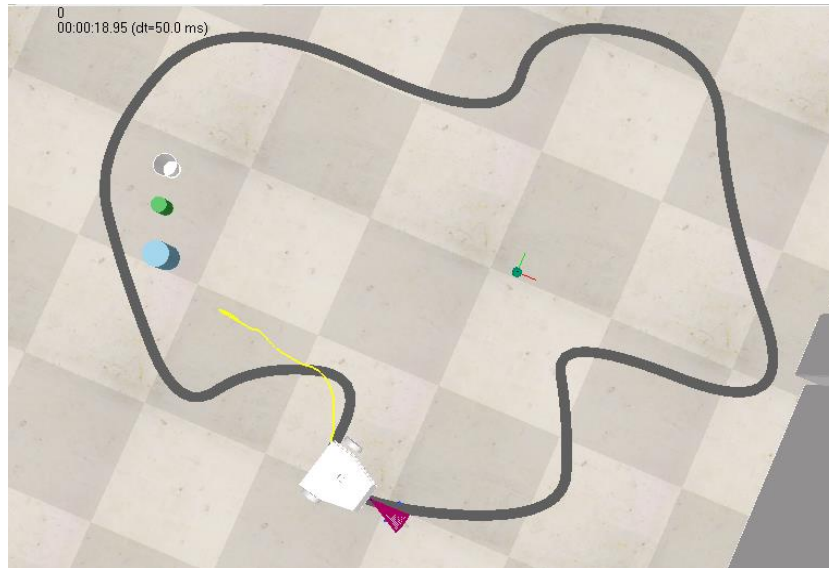


Figura 25 -Circuito de Prueba en simulación

Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la simulación se realizó un circuito de prueba, para ellos fue necesario agregar un camino de forma circular y mover los puntos para crear una pista con diferentes curvas para poder validar el correcto desempeño en el seguimiento de línea. Al incorporarle el sensor ultrasónico que tiene forma de un cono que simboliza el alcance que en este caso no es mayor a 15 cm, de igual manera se puede regular el alcance para mayor seguridad.

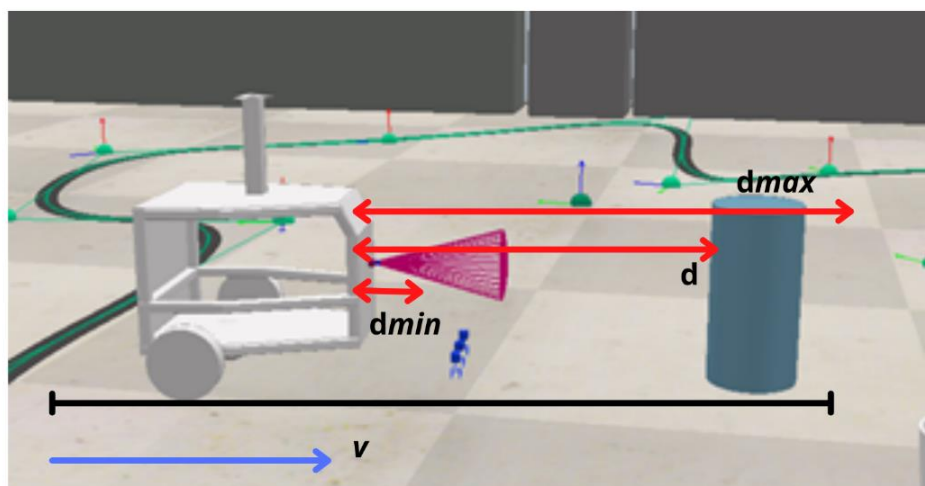


Figura 26 -Circuito de Prueba en simulación

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de la detección de objetos fue necesario definir los valores máximos y mínimos de la distancia como se muestra en la Fig. 25 para determinar en qué momento el robot se detendrá.

Como resultado de esta prueba se pudo validar el correcto funcionamiento del sistema seguidor de línea, presentando una alta fluidez en el seguimiento sin salirse del circuito, para la validación de la detección de objeto se utilizó un basurero de oficina y al sensor detectar la presencia de este, se detiene y hasta quitar el objeto el robot continuo con su ruta.

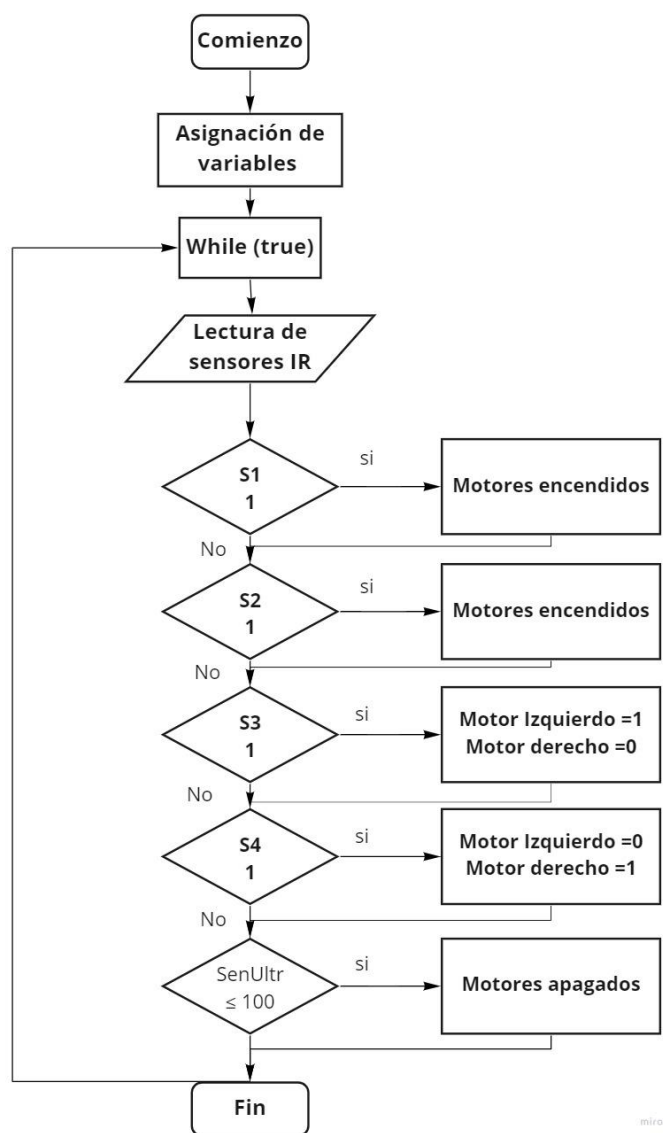


Figura 27 -Algoritmo de seguimiento de línea

Fuente: elaboración propia

5.4.3.2 Integración de sistema de seguimiento de línea

El LED de infrarrojos es el transmisor y el fototransistor es el receptor, mediante el uso del comparador LM393, el cual tiene un módulo de salida binaria (D0) que se encuentra en el primer nivel, cuando el objeto es detectado. El sensor a su vez permite la detección de un objeto a una distancia de hasta 12 milímetros. El módulo cuenta con un potenciómetro para ajustar la sensibilidad dependiendo su posición o uso y los LED.

Tabla 4 -Características del sensor

Concepto	Especificaciones
Tipo de salidas	Digital y analógica
Fuente de alimentación	3,3-5V
Rango	0.2 mm - 15 mm
Consumo de corriente	20 mA máx.
Temperatura de funcionamiento	10-30°C
Dimensiones de PCB	32 x 14 mm

Fuente: elaboración propia

El robot cuenta con 4 sensores infrarrojos los cuales fueron incorporados en el centro de la parte frontal, se colocan en la parte más baja para que se pueda detectar la línea ya que tiene un alcance máx. de 15 mm como se muestra en la tabla 3. Los sensores están acoplados a una caja de plástico en el cual se mantiene fijos y con la separación de un centímetro entre cada uno, el LED y el fototransistor salen de la tapa para poder estar al descubierto y poder realizar su función. Además, el robot cuenta con un sensor ultrasónico para la detección de objetos y al detectar a una personas u objeto a una corta distancia, se detiene el movimiento y la bomba para evitar posibles colisiones.



Figura 28 -Distribución de sensores

Fuente: elaboración propia

Los sensores son los encargados de detectar si el robot está dentro o fuera de la línea, para ello se hace uso de la programación para configurar estos valores y así poder mandar la señal y toda la información a los controladores para poder accionar los motores de manera eficaz, de igual manera se cuenta con medidas preventivas para que cuando el robot se salga de la línea, ya sea el final de la ruta el robot se detendrá para evitar cualquier accidente.



Figura 29 -Instalación de sensores

Fuente: elaboración propia.

Los sensores están protegidos por la caja de plástico y como se muestra en la imagen los LED y los fototransistores salen de la caja para estar expuestos y así enviar la luz y mediante el fototransistor medir el reflejo que emite la luz y al estar en la línea negra el reflejo es mínimo indicando que está dentro del circuito. A continuación, se muestra un esquema del seguimiento de línea para entender la lógica de la función de los sensores y como estos son utilizados para controlar la dirección del robot.

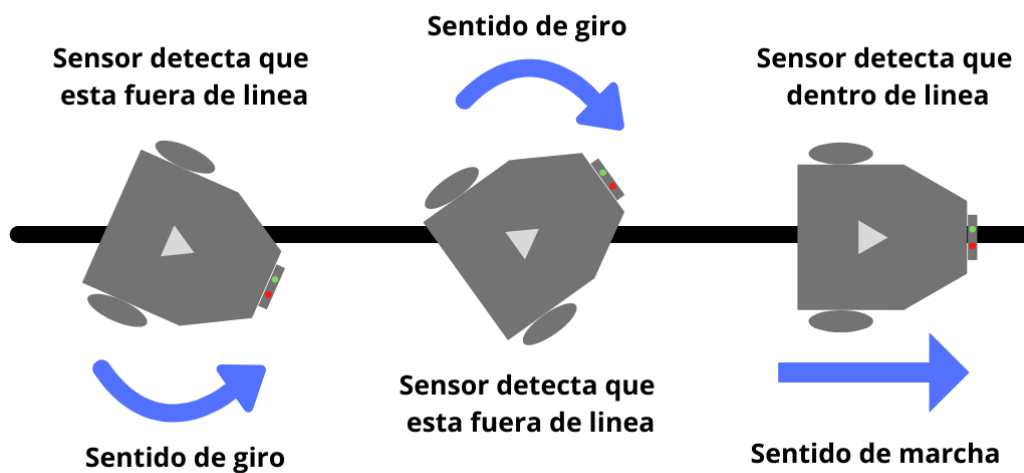


Figura 30 -Esquema de seguimiento de línea

Fuente: Elaboración propia

Cuando uno de los sensores detecta que está fuera de la línea, se gira en sentido contrario, para poder colocarse en la línea. El giro normalmente se realiza deteniendo la llanta contraria al giro y otra continua en marcha. Si todos los sensores están activos, el robot está dentro de la línea y así se mantienen los 2 motores activos y seguir avanzando. Esta configuración funciona bien en robots de línea continua y con giros no tan grandes, dado a que el robot se limita a detectar giros abruptos. Es por eso por lo que el robot cuenta con 4 sensores IR para que sea capaz de detectar los cambios del robot de una manera más suave y precisa, y de esta manera, se podrán detectar las bifurcaciones.

5.4.4 Sistema de aspersión

El sistema de aspersión cuenta con una bomba de agua la cual es utilizada ampliamente para la pulverización, aspersiones de jardines hasta para grifos de hogar entre otros. Para la selección de la bomba se tomó en consideración el voltaje requerido ya que todo el robot está energizado por una misma batería, también se consideró la presión y el tamaño del caudal para realizar el proceso de desinfección. Otro de los puntos a considerar era la resistencia al uso de diferentes químicos.

Tabla 5 -Características de la bomba

Concepto	Especificaciones
Rango de temperatura de trabajo	0 ~ 140.0 °F/32 ~ 140 °
Voltios	12 V D/C
Amperio	3 a
Presión de corte ajustable	máx. 100 PSI (6,88 bar).
Entrada/salida	0.394 in de manguera
Caudal	4 L/min
Tamaño del producto	6.3 x 3.7 x 2.4 in

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la tabla 5, las especificaciones de la bomba utilizada cumple con los requisitos en el cual se estima que realiza una la aspersion de 4L/min y una presión máxima de 100 libras fuerzas por pulgadas cuadradas y utiliza los 12 v en corriente directa solamente. Dentro de las consideraciones de operación se recomienda el uso dentro de 140°F el cual no presenta inconveniente alguno.



Figura 31 -Conexión de la bomba

Fuente: Elaboración propia

A la bomba le fue colocada una manguera de 0.39 pulgadas dónde succiona el líquido desinfectante almacenado en un tanque el cual será utilizado para la aspersion. Por otro lado, para realizar la aspersion del líquido el cual está conectado a una boquilla de que se va a espesar a presión en la punta son boquillas que se encargarán de poder a tomar atomizar el líquido en el ambiente.



Figura 32 -Boquilla de aspersion

Fuente: elaboración propia

La boquilla de aspersion que está instalada en el robot son boquillas que se utilizan en bombas de alta presión y eso es debido a que la apertura que estas poseen hace que el líquido a presión salga en gran altura y genere un rocío adecuado que es lo que se necesita o lo que se buscan para poder desinfectar un área,

Algo que se debe de tomar en consideración al momento de utilizar estas boquillas es la altura, debido a que en algunos lugares la altura del techo afectaría si solo se usa un estilo de boquilla debido a que la boquilla que utiliza alcanza alturas de hasta 4.5 m de alto, si ya se desea trabajar en una altura más baja se deberá de cambiar de boquilla para que esta tenga más ángulo de apertura y al lograr esto la altura de aspersion baja y así generar un rocío más adecuado, además también uno puede y debe modificar el ángulo de inclinación de la boquilla debido a que si se deja vertical parte del líquido que se está rociando puede

caer sobre el robot fumigador y esto lo que ocasionaría es que el robot pueda dañarse totalmente o parcialmente debido a que el líquido puede hacer que algunas de las piezas electrónicas o eléctricas entren en cortocircuito.

5.4.5 Sistema de monitoreo

Para el sistema de monitoreo fue necesario el uso de una cámara, para poder verificar el correcto funcionamiento del sistema de seguimiento de línea, para ello fue necesario la incorporación de diferentes elementos y la conexión a internet.

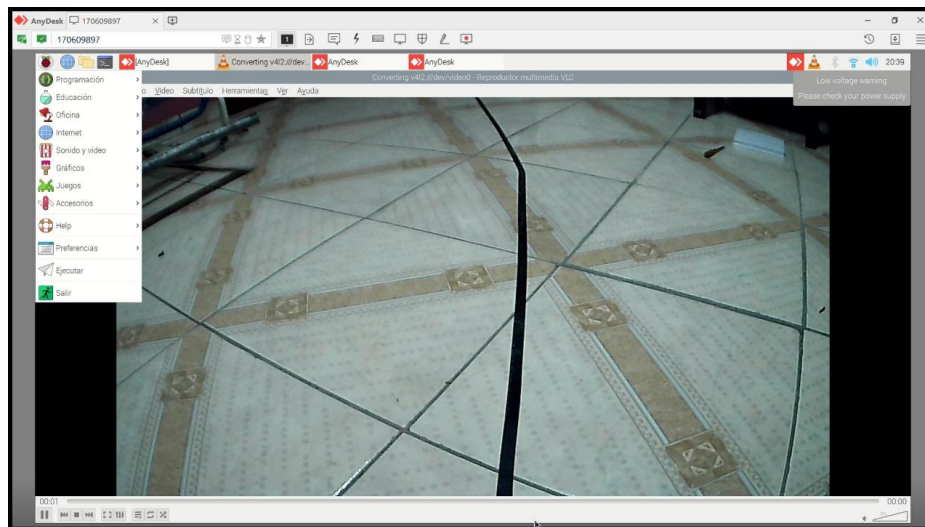


Figura 33 -Vista del robot

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de la vista del robot que se muestra en la Fig. 19 fue utilizado una Raspberry pi 3 y la función en este proyecto es para acceder remotamente a la cámara que se encuentra en la parte frontal del robot y así lograr la observación del recorrido que el robot hace y también para monitorear si el robot presenta alguna dificultad en el seguimiento de la línea o en la detección de objetos.

La Raspberry pi se alimentan a través de un cable USB de 5 V y la cámara de 720 p se conecta al puerto USB, posterior a esto se debe cargar el sistema operativo para que pueda funcionar y ser conectado a una red Wifi para así poder ser accedido remotamente a la Raspberry vía internet.

5.5 Pruebas y validación

Para la validación de este proyecto fueron necesarias la realización de pruebas en cuanto a los diferentes sistemas, uno de los más importantes fue validar el uso en diferentes tipos de suelo, ya que cada material presenta diferencias en cuanto a fricción y el desempeño del sistema motriz, en la siguiente imagen se muestra los pisos que fueron utilizados para realizar las pruebas.



Figura 34 -Muestra de pisos de prueba

Fuente: elaboración propia

Dado que el propósito de este proyecto es para uso de áreas industriales, se seleccionaron los pisos comunes en estas áreas de trabajo, consecuente a esto se pudo notar diferentes valores con respecto al tiempo, velocidad y el desempeño del seguimiento de línea.

Tabla 6 – Resultados de comportamiento en diferentes superficies

Criterios para evaluar	Mosaico	Cerámica	Porcelanato	Concreto pulido	Concreto con textura
Tiempo de recorrido	90s	90s	87s	90	93s
Velocidad	1 m/s	1 m/s	1.034 m/s	1 m/s	0.967 m/s
Fluidez al seguir la línea	Media	Media	Media	Media	Media
Estabilidad al seguir la línea	Alta	alta	Alta	Alta	Media

Fuente: elaboración propia

Para la obtención de estos resultados se realizaron varias pruebas en cada piso para poder tener un valor promediado, siempre teniendo el mismo peso y recargando la batería, para que los valores sean los más precisos. Ya que al tener una batería descargada la potencia de los motores se reduce varían el valor del rendimiento.

Dentro de los resultados obtenidos en el robot es el cálculo del movimiento del robot que se necesita para realizar el seguimiento de línea y no descarrilarse, es por eso que se indago en el cálculo y variable influyentes en el seguimiento de línea, a continuación, se muestra un diagrama ilustrando los movimientos del robot.

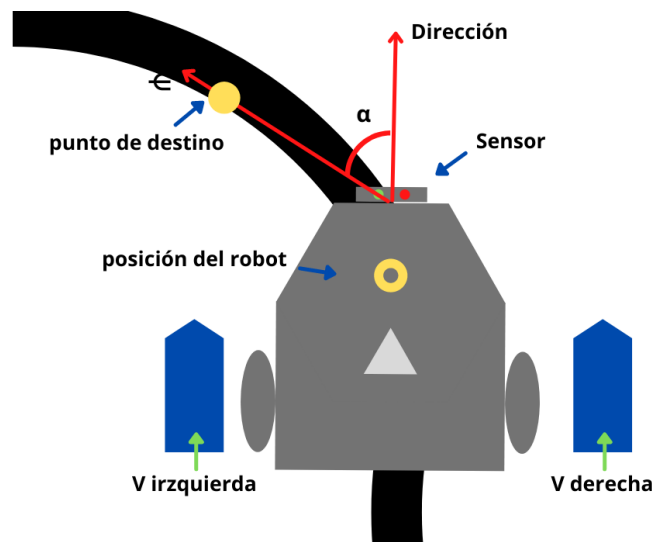


Figura 35 -Diagrama de movimiento del Robot

Fuente: elaboración propia

En el diagrama se muestra el robot sobre una línea negra. El robot contiene dos ruedas motrices, una cámara de control y sensores. Dado que la posición actual del robot es el punto medio entre las dos ruedas, donde está el círculo amarillo, y se puede anotar como X_o e Y_o . Además, el robot se mueve en la dirección que marca la flecha y aplicando la analogía en los ejes cartesianos, sería en y , y la velocidad del robot se puede expresar de esta manera:

$$V_y = \frac{V_{dcha} + V_{izq}}{2}$$

Ecuación 2. – Velocidad del robot

Como se muestra en el diagrama la línea tiene una curva hacia la izquierda y dado a esto si el robot no cambia su dirección perdería la línea de seguimiento. Para poder continuar siguiendo la línea es necesario poder llegar al punto destino, y marcado con las coordenadas X_{dest} e Y_{dest} , y de esta manera estaría siguiendo la línea correctamente.

Los principales logros para medir son el área que cubre el aspersor de nuestro robot para ellos se realizaron varias pruebas y mediciones de la distancia que alcanza, las pruebas iniciales fueron realizadas en el piso de mosaico y concreto, sin embargo, el material del suelo no intervino en el alcance del aspersor.

El aspersor utilizado por la presión suministrada nos dio un valor de 100 psi, existe la opción de cambiar esta área según diferentes necesidades, al hacer el cambio de la boquilla por una de mayor o menor alcance. Para la aspersion del líquido desinfectante se utilizó una boquilla con un Angulo de 60° como se muestra en la Fig. 21

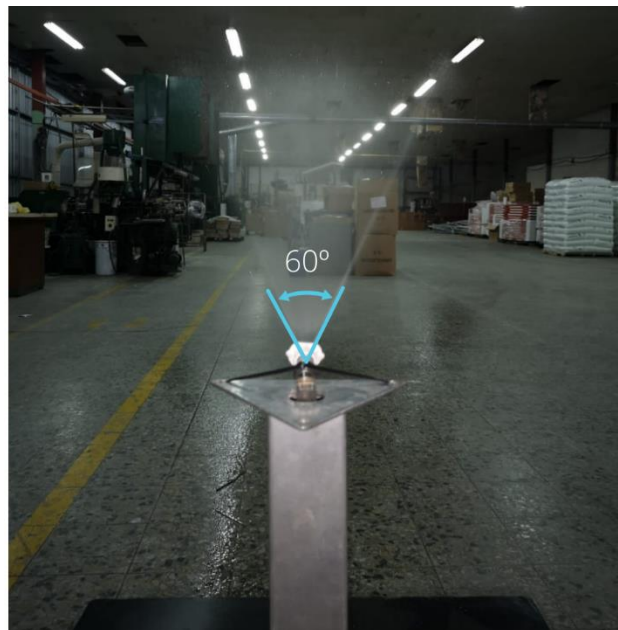


Figura 36 -Angulo de la boquilla

Fuente: elaboración propia

El ángulo de la boquilla juega un papel muy importante ya que de este depende cual será el área que cubrirá, es por eso por lo que se probaron dos tipos de boquilla, la que se muestra en la fig. 22 y una con un ángulo de 45° el cual se obtuvo un menor alcance.

Por otra parte, se encuentra en ángulo de inclinación de la boquilla, el cual dependiendo de su inclinación se obtendrá la altura máxima, considerando la teoría de lanzamientos de proyectiles se conoce que para tener un mayor alcance con respecto al eje X se tiene que utilizar un ángulo de 45° y para un mayor alcance en el eje Y se utiliza un ángulo de 90°.



Figura 37 -Angulo de inclinación

Fuente: elaboración propia

Al utilizar el ángulo de inclinación de 45° como se muestra en la fig. 23 se obtiene una altura máxima de 1.6 metros siendo esta altura la deseada ya que considerando la altura promedio de una persona es de 1.70 metros esta no supera la altura máxima del rociado y así se evita el contacto directo del líquido desinfectante en la cara de las personas, siendo esta una manera de evitar posibles accidentes, también se tomó en consideración la altura de los techos, ya que en muchos casos altura es menor a 3 metros y al llegar al techo podría generar daños en el cielo falso como también en la parte eléctrica de la iluminación.

Para validar el área de desinfección con respecto a tiempo se realizaron pruebas de la aspersión y se midió el alcance del líquido, sabiendo que el robot tiene una velocidad de 1 m/s se pudo validar haciendo pruebas en una línea recta de 90 metros, el cual tardo 1 minutos con 30 segundos.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Ecuación 3. -Velocidad

Considerando que el alcance de la boquilla es de 3.2 metros como se muestra en la fig. 24 para obtener el cálculo del área de desinfección se midió el área de la marcada por el desinfectante en el suelo, haciendo la prueba en una línea recta el área marcada forma un rectángulo con un ancho de 3.2 metros y lo largo 90 metros.

$$A = bh$$

Ecuación 4. -Área de un rectángulo

El área desinfectada fue de 288 m² y se realizó en 90 segundos, con estos datos se determinó que el robot realiza la desinfección de 3.2 metros cuadrados por segundo.

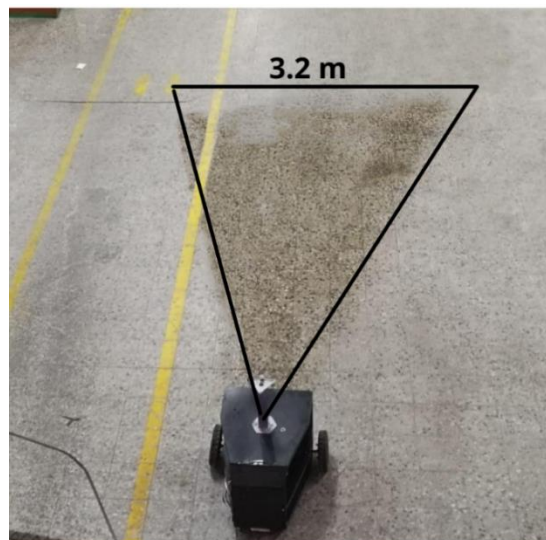


Figura 38 -Angulo de la boquilla

Fuente: elaboración propia

El robot fue probado en varios lugares y se puede demostrar que, dado al tamaño del robot y el alcance de la aspersión, puede ser utilizado para lugares amplios donde se necesite realizar una amplia desinfección.

Se calculo el caudal de salida del sistema de aspersión, para ello se midió el tiempo que tomo en rociar los 4 litros del tanque que fue un total de 102 segundos.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ecuación 5. -Cálculo del caudal

Consecuente a esto se pudo calcular que el caudal de salida de 2.35 L/min.

A continuación, se muestra el prototipo final del robot seguidor de línea para desinfección, el cual cuenta con el sistema motriz con dos motores D/C, dos llantas motrices, 2 llantas locas, en el sistema de seguimiento de línea con cuatro sensores para mayor precisión y mejor rendimiento. Por otra parte, el sistema de aspersion está formado por una bomba de 12V y una boquilla aspersor. Como adición final se incorporó una cámara conectada a la Raspberry pi, para poder ser monitoreada a distancia.



Figura 39 -Prototipo Final

Fuente: Elaboración propia

5.6 Análisis y discusión

En esta sección se realiza un análisis sobre trabajos relacionados tomando en consideración técnicas y componentes utilizados, en el cual se genera una discusión sobre el diseño y aplicaciones del proyecto.

5.6.1 Robot desinfectante seguidor de línea.

Los dispositivos autónomos para limpieza han sido estudiados y realizado a lo largo de estos años. El Robot seguidor de línea para desinfección tiene como propósito de brindar gran ayuda a los procesos de sanitización de áreas industriales, gracias a su autonomía por medio de sensores infrarrojos el cual reduce el tiempo y energía para realiza esta operación. Este sistema también utilizado por (Stephen et al., 2020), para el desarrollo de un robot

trepador de escalera que de igual manera está colocado en la parte inferior del robot, pero en este caso se utiliza para detectar el ancho y la altura de la escalera, en cambio con el robot desinfectante que es implementado para seguir una línea, otros robots han sustituido por sensores LiDAR que en lugar de ondas de sonido ultrasónicas, utiliza pulso de luz finamente enfocado al objetivo y detecta el reflejo como menciona (Nandakumar et al., 2020), sin embargo, no fue necesaria la sustitución dado a que el proyecto también cuenta con una cámara el cual ayuda con la detección de objetos en el caso de ser contralada por supervisión. Al continuar indagando en la autonomía de un robot una pieza clave es la fuente de energía, ya que al seguir el trazo de líneas necesita tener una batería interna el cual suministre energía a los motores y a la bomba sin necesidad de estar conectada a un tomacorriente, una de las opciones era implementarla mediante energía solar, dado a que es una de las energías más limpia y confiable (Joshi, 2021). Por otra parte, el robot desinfectante será implementado en áreas industriales y no podría recibir directa ni constantemente la luz de sol, contrario a (Wenlan et al., 2021) que la aplicación del robot fue realizada en exteriores.

En relación con el diseño se contó con una estructura simple y funcional con el propósito de poder ser fabricada y utilizada para desinfectar lugares transitados y sea necesario tener control con las medidas de bioseguridad. Consecuente a esto se optó por materiales que garantice durabilidad y seguridad para largos tiempos de uso, y a su vez ahorrar energía es por eso por lo que el sistema motriz fue desarrollado por dos taladros de 12V, que a diferencia del robot desinfectante de (raju et al., 2021), el cual tiene el mismo propósito, pero en este caso para la desinfección de hospitales y utilizando motores CC.

Otro punto a discusión son las aplicaciones de estos robots que no solo se limita a la desinfección, ya que también se aplican para fumigación, limpieza entre otras, en el cual las formas varían como es el caso de (Andrasto et al., 2021) que fue implementa mediante drones, el cual podría facilitar la ocupación, sin embargo genera una mayor inversión sin garantizar una mejoría en la aplicación del desinfectante. Por otra parte, el tipo de desinfectante a utilizar puede variar según la necesidad y presupuesto, frente a eso se recomienda el uso del alcohol o cloro.

Capítulo VI. Conclusiones

- Se validó el sistema de seguimiento de línea mediante simulación en CoppeliaSIM utilizando el diseño de la estructura realizada y simulada en SolidWorks en el cual se utilizó la misma lógica de funcionamiento, se utilizaron sensores de visión para simular los sensores infrarrojos. Se aplicó una velocidad de 1m/s y la detección de obstáculos a una distancia mínima de 100 cm.
- Se logró diseñar un robot desinfectante mediante el seguimiento de línea con 4 sensores infrarrojos TCRT500 y un ultrasónicos para la detección de objetos, para la parte motriz se utilizaron 2 motores de 12V generando una velocidad final del robot de 1 m/s. Para el monitoreo del seguimiento de línea se le incorpora una cámara conectada a una Raspberry Pi, en el cual se puede acceder mediante conexión a internet.
- Se realizó el proceso de desinfección del área establecida de la línea de trazo mediante una bomba con la que se obtiene una presión de 100 PSI y un caudal de salida de 2.35 L/min. Se utilizó una boquilla con un ángulo de 60° teniendo un alcance de 3.2 metros de ancho y alcanza una altura de 1.6 metros dado que la dirección de la boquilla está inclinada 45°. como resultado final se obtuvo que el robot es capaz de desinfectar 3.2 metros cuadrados por segundo.

Capítulo VII. Recomendaciones

- Para el seguimiento de línea es necesario determinar la ruta y marcar la línea de color negro y con un grosor mínimo de 2 cm para realizar el seguimiento. También es recomendando evitar las curvas cerradas para evitar los movimientos bruscos del robot.
- En el sistema de aspersión es necesario asegurar el correcto llenado del tanque como también verificar que la manguera este bien colocada ya que la fuga de agua puede generar daños en los componentes eléctricos del sistema motriz.

BIBLIOGRAFIAS

- Albaghdadi, A. F., & Ali, A. A. (2020). Multiple Mobile Robot Path Planning in 3D Environment Using Tangent Tree Algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 1530, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1530/1/012003>
- Ale Ale, N., Fabián, J., Ale Ale, N., & Fabián, J. (2019). Detección del estado fisiológico de los ojos en Conductores mediante técnicas de visión artificial. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(4), 564-572. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000400564>
- Alvarado-Miranda, L., Zea-Palomino, M., & Cabanillas-Carbonell, M. (2020). Analysis of UV technologies for disinfection of public areas: A systematic literature review. *2020 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/EIRCON51178.2020.9253754>
- Andrasto, T., Arief, U. M., Subiyanto, Sukamta, S., Sulistyawan, V. N., Sarwono, E., Alfian, A. A., Wicaksono, P., Amelia, P. N., & Putra, A. D. H. (2021). The effectiveness of disinfectant spraying based on drone technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 700(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/700/1/012012>
- Assunção, H. H. T. de, Cunha, J. P. A. R. da, Silva, S. M., Alves, G. S., Lemes, E. M., Assunção, H. H. T. de, Cunha, J. P. A. R. da, Silva, S. M., Alves, G. S., & Lemes, E. M. (2020). SPRAY DEPOSITION ON MAIZE USING AN ELECTROSTATIC SPRAYER. *Engenharia Agrícola*, 40(4), 503-510. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v40n4p503-510/2020>
- Borja Borja, M. G., & Lescano, S. (2020). New Heuristic Method Merging Artificial Vision and Neural Networks used in a Sensorless Robotic Arm Position Control. *2020 IEEE ANDESCON*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON50619.2020.9272142>

- Cheng, K. P., Mohan, R. E., Khanh Nhan, N. H., & Le, A. V. (2020). Multi-Objective Genetic Algorithm-Based Autonomous Path Planning for Hinged-Tetro Reconfigurable Tiling Robot. *IEEE Access*, 8, 121267-121284. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006579>
- Das, S., & Kumari, R. (2021). Real Time Implementation of Square Path Tracing by Autonomous Mobile Robot. *Journal of Physics: Conference Series*, 1831(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1831/1/012011>
- Derner, E., Gomez, C., Hernandez, A. C., Barber, R., & Babuška, R. (2019). Towards Life-Long Autonomy of Mobile Robots Through Feature-Based Change Detection. *2019 European Conference on Mobile Robots (ECMR)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ECMR.2019.8870940>
- Fouad, H., & Beltrame, G. (2020). Energy Autonomy for Resource-Constrained Multi Robot Missions. *2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 7006-7013. <https://doi.org/10.1109/IROS45743.2020.9341455>
- Fujiya, T., Mikami, S., Nakamura, T., & Hama, K. (2014). Locomotion method of a rescue robot with multi-legs and Omni-directional wheels. *2014 13th International Conference on Control Automation Robotics Vision (ICARCV)*, 1627-1630. <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2014.7064559>
- Guan, J., Zhou, W., Kang, S., Sun, Y., & Liu, Z. (2020). Robot Formation Control Based on Internet of Things Technology Platform. *IEEE Access*, 8, 96767-96776. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992701>
- Harahap, M., William, Husein, A. M., Simarmata, A. M., & Situmorang, S. Y. (2019). Detection object application at mirror for smart home with fuzzy logic method using Raspberry PI Microcontroller. *Journal of Physics: Conference Series*, 1361, 012057. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012057>

- Harmanda, T. T., Hazim, M., Wulandari, Akbar, A. R., Wahjuni, S., & Priandana, K. (2019). Development of a seed-planter wheeled robot prototype. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 299, 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/299/1/012055>
- Hwang, I.-P., & Lee, C.-H. (2020). Mutual Interferences of a True-Random LiDAR With Other LiDAR Signals. *IEEE Access*, 8, 124123-124133. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004891>
- Ishaq, M. S., Afsheen, Z., Khan, A., & Khan, A. (2018). Disinfection Methods. En *Photocatalysts—Applications and Attributes*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80999>
- Jin, D., Fang, Z., & Zeng, J. (2020). A Robust Autonomous Following Method for Mobile Robots in Dynamic Environments. *IEEE Access*, 8, 150311-150325. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016472>
- Joshi, R. (2021). Benefits of Extensive Solar Electricity Generation in Reference to Current Climate Change Scenario. *Journal of Physics: Conference Series*, 1714, 012048. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1714/1/012048>
- Konthong, A., Monprajuck, A., rattanavorrangant, R., & Jewajinda, Y. (2018). An Intelligent Locomotion Control Architecture for Hexapod Robot. *2018 15th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/JCSSE.2018.8457382>
- Lee, M.-G., & Yu, K.-M. (2018). Dynamic Path Planning Based on an Improved Ant Colony Optimization with Genetic Algorithm. *2018 IEEE Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)*, 1-2. <https://doi.org/10.1109/APCAP.2018.8538211>

- Li, X., & Shi, Y. (2018). Computer Vision Imaging Based on Artificial Intelligence. *2018 International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems (ICVRIS)*, 22-25. <https://doi.org/10.1109/ICVRIS.2018.00014>
- Manaf, K., Kaffah, F. M., Mulyana, E., & Agnia, N. (2021). Implementation of Naïve Bayes algorithm in IoT-based water cleanliness monitoring system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1098*(4), 042007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/4/042007>
- Mopoung, K., Suwanyangyaun, P., Odanaka, R., Kosuga, S., Watanabe, T., Koh, S., & Sanorpim, S. (2019). A Real-Time Free Chlorine Monitoring by Graphene Field-Effect Transistor. *2019 IEEE 14th International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS)*, 64-67. <https://doi.org/10.1109/NEMS.2019.8915664>
- Morales, M. F. J., & Mendoza, J. B. G. (2018). Mixed Energy Model for a Differential Guide Mobile Robot. *2018 23rd International Conference on Methods Models in Automation Robotics (MMAR)*, 114-119. <https://doi.org/10.1109/MMAR.2018.8486117>
- Nagappan, M. M., & Dommeti, V. K. (2018). Fabricating an articulate robot for automated packing system by utilizing IOT system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *402*, 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/402/1/012018>
- Nandakumar, K., Surya, S. R., Karthick, K., Raviraj, N., Cheran, B., Poovizhi, V., Gokul, S., & Nimisha, C. (2020). Autonomous Vehicle for Drug Delivery. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *995*, 012037. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/995/1/012037>
- Nie, Z., Zhao, L., & Chen, W. (2020). Based on the Principle of the Rotation of the Center of the Reuleaux Triangle Water Saving Sprinkler. *Journal of Physics: Conference Series*, *1549*, 032123. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1549/3/032123>

- Ong, R. J., & Azir, K. N. F. K. (2020). Low Cost Autonomous Robot Cleaner using Mapping Algorithm based on Internet of Things (IoT). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 767, 012071. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/767/1/012071>
- Orozco-Rosas, U., Picos, K., & Montiel, O. (2019). Hybrid Path Planning Algorithm Based on Membrane Pseudo-Bacterial Potential Field for Autonomous Mobile Robots. *IEEE Access*, 7, 156787-156803. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949835>
- Oswal, S., & Saravanakumar, D. (2021). Line following robots on factory floors: Significance and Simulation study using CoppeliaSim. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1012, 012008. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1012/1/012008>
- Patria, L., & Sambas, A. (2021). Image Processing Technology for Edge Detection Based on Vision and Raspberry Pi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1115(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1115/1/012044>
- Qianqian, Z., Weiming, G., Ying, S., & Zihao, Z. (2020). Research on Intelligent Vehicle Damage Assessment System Based on Computer Vision. *Journal of Physics: Conference Series*, 1518, 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1518/1/012050>
- Rai, A., Chaturvedi, C., Maduri, P. K., & Singh, K. (2020). Autonomous Disinfection Robot. *2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*, 990-996. <https://doi.org/10.1109/ICACCCN51052.2020.9362728>
- raju, G. S., Sivakumar, K., Ramakrishnan, A., Selvamuthukumar, D., & Murugan, E. S. (2021). Design and fabrication of sanitizer sprinkler robot for covid- 19 hospitals. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1059(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1059/1/012070>

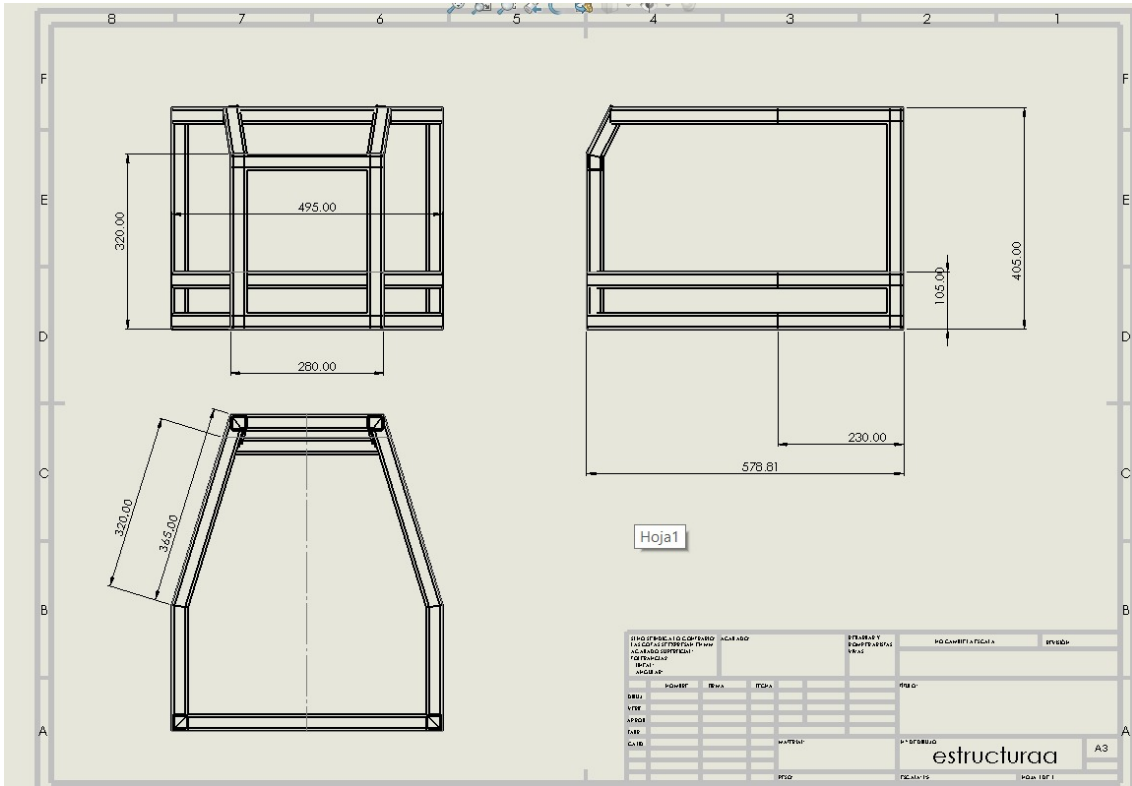
- Ridwan, F., Syamsuddin, S., Fathan, A., Ananta, A. A., Bintang, G. A., Jordan, A., Ningsih, E. M., & Fadel, M. (2021). Andalas Medical Robot Assistance (AMIRA) serves Covid-19 isolation patients. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1041(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1041/1/012058>
- Said, S., Ihab, R., Hesham, O., Tabl, I. A., Maged, N., Youssef, S., & Elagamy, M. (2021). AIOT-Arch: Furthering Artificial Intelligence in Big Data IoT Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1051(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1051/1/012008>
- Santos, D., Dallos, L., Gaona-García, P. A., Santos, D., Dallos, L., & Gaona-García, P. A. (2020). Algoritmos de rastreo de movimiento utilizando técnicas de inteligencia artificial y machine learning. *Información tecnológica*, 31(3), 23-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000300023>
- Seethalakshmi, V., Varshani, V. S. K., Madhumitha, R., Mukunthan, L., & Kumari, B. P. (2021). Tele-Presence Robot for Medical Assistance in Hospitals. *Journal of Physics: Conference Series*, 1916(1), 012096. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1916/1/012096>
- Shi, K., Wu, P., & Liu, M. (2021). Research on path planning method of forging handling robot based on combined strategy. *2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications (ICPECA)*, 292-295. <https://doi.org/10.1109/ICPECA51329.2021.9362595>
- Shimabukuro, P. M. S., Duarte, M. L., Imoto, A. M., Atallah, Á. N., Franco, E. S. B., Peccin, M. S., Taminato, M., Shimabukuro, P. M. S., Duarte, M. L., Imoto, A. M., Atallah, Á. N., Franco, E. S. B., Peccin, M. S., & Taminato, M. (2020). Environmental cleaning to prevent COVID-19 infection. A rapid systematic review. *Sao Paulo Medical Journal*, 138(6), 505-514. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2020.0417.09092020>

- Stephen, J. D. G., Das, C., Khanna, V., Negi, V., & Harikrishnan, K. S. (2020). Autonomous staircase climbing robot for rescue application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 912, 032085. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/912/3/032085>
- Swamy, S. N., & Kota, S. R. (2020). An Empirical Study on System Level Aspects of Internet of Things (IoT). *IEEE Access*, 8, 188082-188134. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029847>
- TOMBE, R. (2020). Computer Vision for Smart Farming and Sustainable Agriculture. *2020 IST-Africa Conference (IST-Africa)*, 1-8.
- Valencia, J., Ramirez-Guerrero, T., Castañeda, L., & Toro, M. (2020). Detección de infracciones y matrículas en motocicletas, mediante visión artificial, aplicado a Sistemas Inteligentes de Transporte. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 37, 1-15. <https://doi.org/10.17013/risti.37.1-15>
- Wang, D., & Xiang, H. (2019). Composite Control of Post-Chlorine Dosage During Drinking Water Treatment. *IEEE Access*, 7, 27893-27898. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2901059>
- Wenlan, W., Xionghuai, B., & Xiuling, W. (2021). Research on energy autonomy system design of field patrol car based on solar energy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 645, 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/645/1/012055>
- Widodo, C. E., Adi, K., & Gunadi, I. (2020). The use of raspberry pi as a portable medical image processing. *Journal of Physics: Conference Series*, 1524, 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012004>
- Xiaoshengchen. (2020). Robot dynamic trajectory tracking control algorithm based on steady-state closed-loop learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1682, 012069. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1682/1/012069>

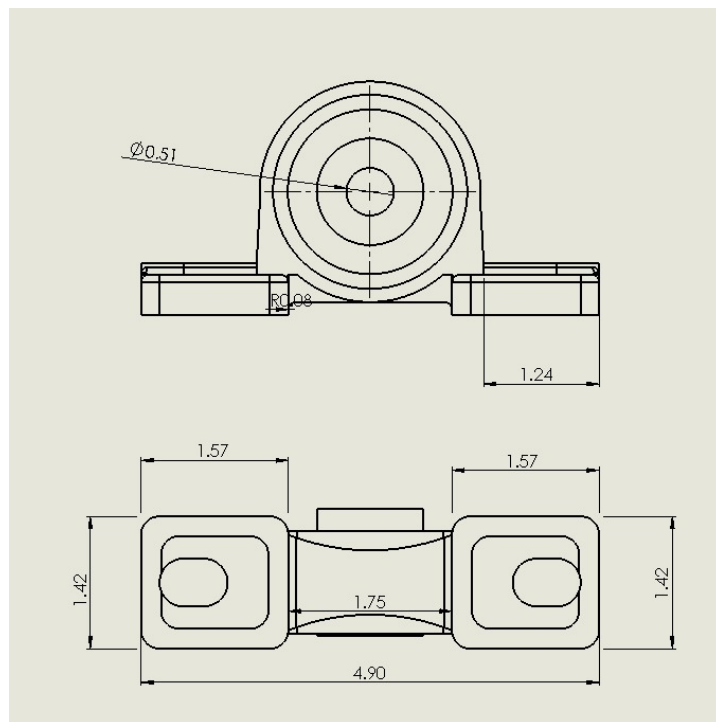
- Xiong, L., Jiang, G., Guo, Y., & Liu, H. (2019). Experimental Research on Sensing Characteristics of Adhesive-Encapsulated FBG Under Alcohol-Disinfection Environment. *IEEE Sensors Journal*, 19(8), 2970-2977. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2890534>
- Yi, L., Vu Le, A., Hayat, A. A., Borusu, C. S. C. S., Mohan, R. E., Nhan, N. H. K., & Kandasamy, P. (2020). Reconfiguration During Locomotion by Pavement Sweeping Robot With Feedback Control From Vision System. *IEEE Access*, 8, 113355-113370. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003376>
- Yi, M., Xu, X., & Xu, L. (2019). An Intelligent Communication Warning Vulnerability Detection Algorithm Based on IoT Technology. *IEEE Access*, 7, 164803-164814. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2953075>
- Zhang, T., Meng, D.-Q., & Zhao, S.-D. (2019). Planning Path Strategy and Simulation of Infusion Service Robot Based on Ant Colony Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 692, 012005. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/692/1/012005>

Anexos

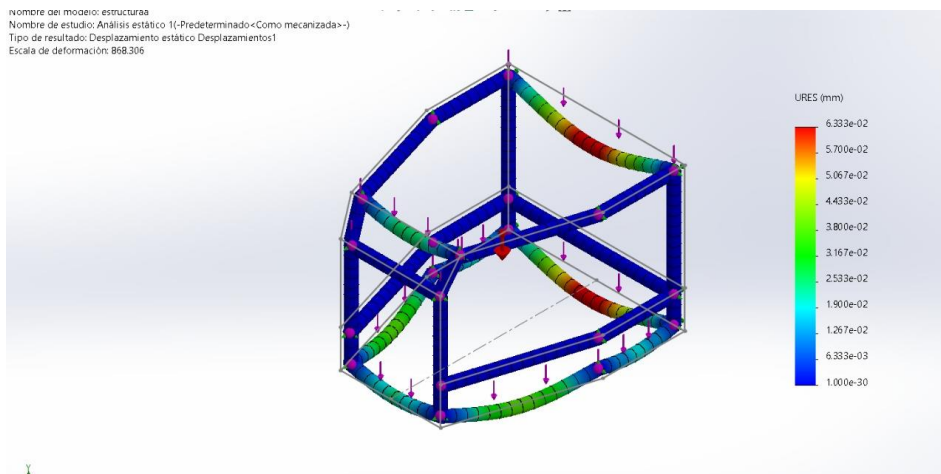
Planos estructura



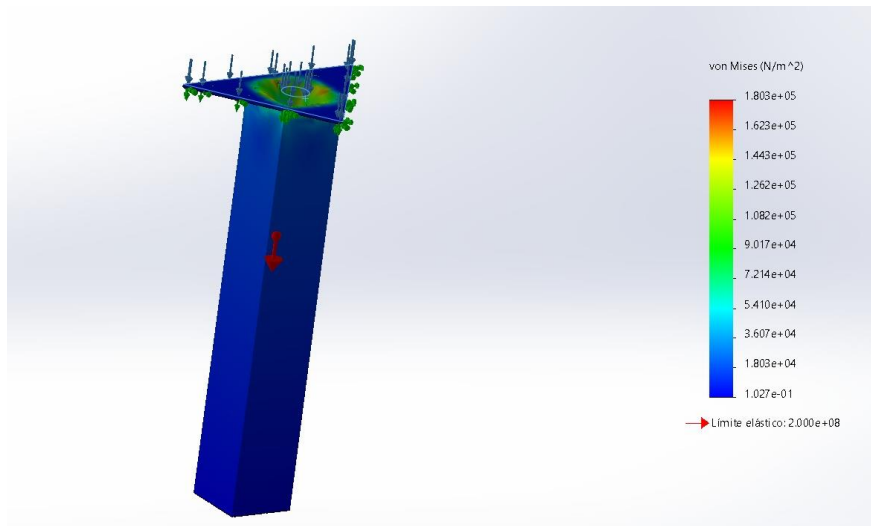
Planos chumaceras



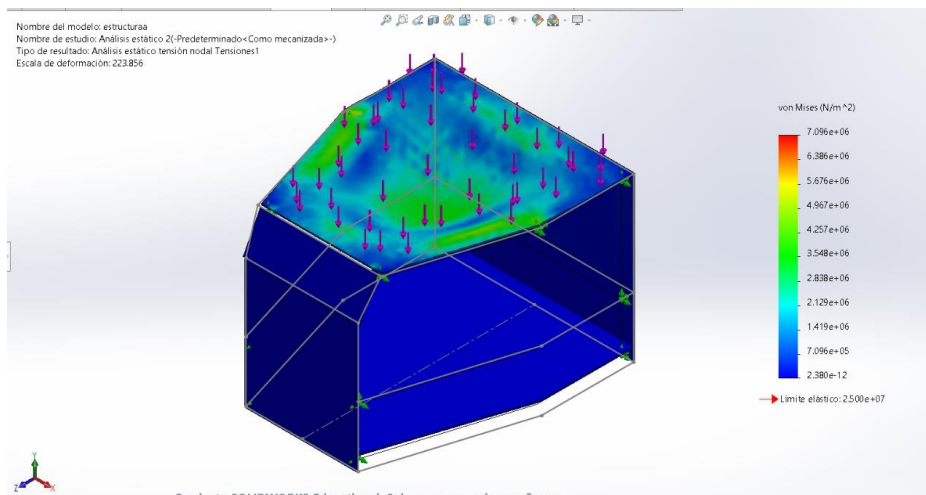
Simulaciones estructura



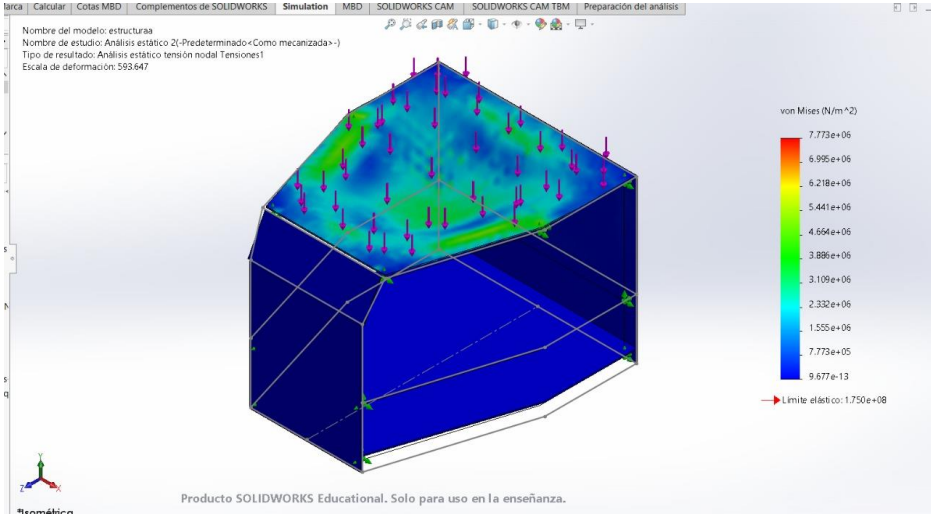
Simulación estructura aluminio



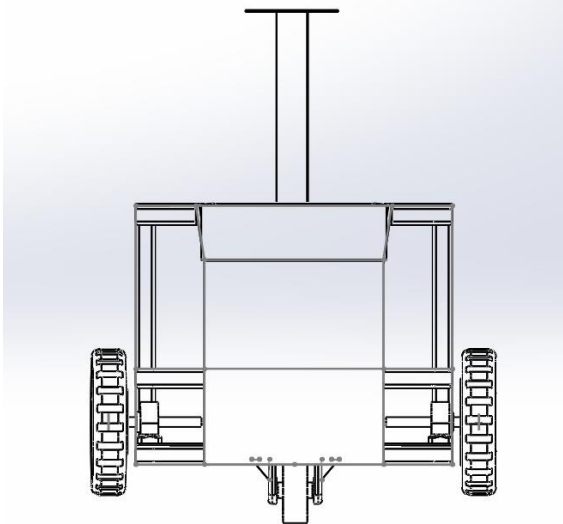
Simulaciones materiales: aluminio



Simulaciones materiales: acero



Diseño robot final



Vista isométrica

