

**DESARROLLO DE UN ROBOT MÓVIL TELE OPERADO PARA LA ELIMINACIÓN
DEL HONGO ASPERGILLUS NÍGER EN UN AMBIENTE CONTROLADO
EMPLEANDO LUZ ULTRAVIOLETA.**

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD INVESTIGACIÓN

HEIDY YURITZA CABEZA CABALLERO
JORGE LUIS ARIZA BOTIA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO MMI
INGENIERÍA MECATRÓNICA
PAMPLONA

2020

**DESARROLLO DE UN ROBOT MÓVIL TELE OPERADO PARA LA ELIMINACIÓN
DEL HONGO ASPERGILLUS NÍGER EN UN AMBIENTE CONTROLADO
EMPLEANDO LUZ ULTRAVIOLETA.**

HEIDY YURITZA CABEZA CABALLERO

JORGE LUIS ARIZA BOTIA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL EN:
INGENIERÍA MECATRÓNICA

DIRECTOR DE PROYECTO:

JORGE ENRIQUE ARAQUE ISIDRO

Ingeniero Mecatrónico

M.Sc. Controles Industriales



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DEPARTAMENTO MMI

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PAMPLONA

2020

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Pamplona, Colombia, noviembre de 2020

DEDICATORIA

A Dios por la vida.

A nuestra familia por impulsarnos a soñar en grande y apoyarnos en cumplir nuestras metas con su esfuerzo.

A todas las personas que nos formaron académicamente y profesionalmente

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento A:

A nuestra familia por su gran apoyo, por confiar en nosotros y formarnos con principios para ser mejores profesionales. Especialmente a Neftaly (Talo) por su apoyo incondicional.

A la universidad de pamplona, especialmente a los docentes del programa de ingeniería mecatrónica por compartir sus conocimientos a largo de nuestra formación académica en especial al director de trabajo de grado Jorge Enrique Araque Isidro por su guía y colaboración en el desarrollo de este proyecto.

Tabla de Contenido

Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
CAPITULO I	15
1. Generalidades	16
1.1 Planteamiento Del Problema	16
1.2 Sistematización Del Problema	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo General	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.3.3 Acotaciones	17
1.4 Justificación	18
1.5 Propuesta Metodológica	19
1.5.1 Investigación Y Conceptualización	19
1.5.2 Selección De Los Componentes Y Materiales	20
1.5.3 Diseño De La Estructura Física Del Robot Móvil	20
1.5.4 Ensamblaje Del Robot	21
1.5.5 Pruebas De Funcionamiento Del Ensamblaje	21
1.5.6 Programación Del Sistema De Visión Artificial Y Mapeo	21
1.5.7 Programación De La Tele Operación	22
1.5.8 Pruebas De Funcionamiento	22
CAPITULO II	23
2. Marco Teórico Y Estado Del Arte	24
2.1 Referentes Teóricos	24
2.1.1 Robótica Móvil	24
2.1.2 Sistema De Locomoción	26
2.1.3 Visión Artificial	28
2.1.4 Open CV	33
2.1.5 ROS	33
2.1.6 Mapeo	35
2.1.7 Luz Ultravioleta	36

2.1.8	<i>Microorganismos</i>	40
2.2	Estado Del Arte	43
2.2.1	<i>Bioquell -BQ-50, Z-2 SeQure</i>	43
2.2.2	<i>Skytron – IPT 3200</i>	44
2.2.3	<i>Matachana</i>	45
2.2.4	<i>SomData</i>	46
CAPITULO III.....		48
3.	Desarrollo Del Robot Móvil Tele Operado Empleando Luz Ultravioleta	49
3.1	Diseño De Los Sistemas Del Robot Móvil	49
3.1.1	<i>Sistema Mecánico</i>	49
3.1.2	<i>Sistema Sensorial</i>	53
3.1.3	<i>Sistema De Control</i>	55
3.1.4	<i>Otros Componentes</i>	58
3.1.5	<i>Diseño De La Estructura Completa Del Robot Móvil</i>	58
3.1.6	<i>Construcción Del Robot</i>	60
3.1.7	<i>Selección del software</i>	63
3.2	Visión Artificial	63
3.2.1	<i>Sistema De Visión Artificial</i>	64
3.3	Tele Operación Y Mapeo	65
3.3.1	<i>Tele Operación</i>	66
3.3.2	<i>Mapeo</i>	68
CAPITULO IV		70
4.	Pruebas Y Resultados	71
4.1	Pruebas Y Resultados Del Funcionamiento Del Robot Móvil	71
4.2	Pruebas Y Resultados Del Sistema De Visión Artificial	72
4.3	Pruebas Y Resultados Del Sistema De Teleoperación Y Mapeo	74
Conclusiones.....		81
Trabajos Futuros.....		82
Referencias		83
ANEXOS		91

Listado De Tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Tipos de robots móviles</i>	25
<i>Tabla 2. Comparación de sensores</i>	54
<i>Tabla 3. Características de los sistemas embebidos</i>	56
<i>Tabla 4. Características de selección de software</i>	63

Listado De Figuras

	Pág.
<i>Figura 1. Tipos de ruedas convencionales</i>	27
<i>Figura 2. Relevancia de imágenes en grises a imágenes binarias</i>	29
<i>Figura 3. Diagrama de bloques básico de un proceso de Visión Artificial</i>	31
<i>Figura 4. Secuencia a seguir en un proceso operativo con Visión Artificial</i>	31
<i>Figura 5. Nivel de sistema de archivos ROS</i>	34
<i>Figura 6. Construcción visual de un mapa de ocupación</i>	36
<i>Figura 7. Longitud de onda de la luz ultravioleta</i>	37
<i>Figura 8. Esquema de susceptibilidad a los procesos de esterilización</i>	41
<i>Figura 9. Robot móvil para eliminación de contaminantes</i>	44
<i>Figura 10. Robot IPT 3200 con tecnología UV</i>	45
<i>Figura 11. Robot móvil para la desinfección por radiación ultravioleta tipo C</i>	46
<i>Figura 12. Sistema SomData basado en Machine Learning</i>	47
<i>Figura 13. Mecanismo de acción diferencial</i>	50
<i>Figura 14. Motorreductor</i>	50
<i>Figura 15. Puente H</i>	51
<i>Figura 16. Tipos de Llantas</i>	51
<i>Figura 17. Llanta 6.5cm para motorreductor TT</i>	52
<i>Figura 18. Rueda orientable no centrada</i>	52
<i>Figura 19. Vista lateral del diseño en SolidWorks del chasis</i>	53
<i>Figura 20. Kinect</i>	54
<i>Figura 21. Arduino mega 2560</i>	57
<i>Figura 22. Raspberry Pi 4</i>	57
<i>Figura 23. Lámpara germicida UV de esterilización 8w</i>	58
<i>Figura 24. Vista frontal del robot en 3D</i>	59
<i>Figura 25. Vista lateral izquierda del robot en 3D</i>	59

<i>Figura 26. Vista lateral derecha del robot en 3D</i>	60
<i>Figura 27. Piezas de la primera y segunda capa en MDF</i>	60
<i>Figura 28. Soportes impresos en PLA</i>	60
<i>Figura 29. Diagrama de conexiones</i>	61
<i>Figura 30. Ensamblaje del chasis del robot móvil</i>	62
<i>Figura 31. Ensamblaje de las secciones del robot móvil</i>	62
<i>Figura 32. Ensamblaje final del robot móvil</i>	62
<i>Figura 33. Sistema de visión artificial</i>	65
<i>Figura 34. Configuración del servidor para la operación remota</i>	66
<i>Figura 35. Configuración de los parámetros de control de escritorio remoto</i>	67
<i>Figura 36. Esquema de funcionamiento del sistema de tele operación</i>	68
<i>Figura 37. Programa RViz</i>	69
<i>Figura 38. Robot móvil en funcionamiento con las lámparas UV</i>	71
<i>Figura 39. Compilación y ejecución del código de detección de movimiento</i>	72
<i>Figura 40. Ventana donde se muestra el entorno captado por el robot</i>	73
<i>Figura 41. Movimientos captados por el robot</i>	73
<i>Figura 42. Compilación de la programación en Arduino</i>	74
<i>Figura 43. Prueba de movimientos del robot para ajuste de cada puente H</i>	75
<i>Figura 44. Ventana de inicialización del programa en ROS</i>	75
<i>Figura 45. Ventana de inicialización de la tele operación en ROS</i>	76
<i>Figura 46. Activación del sensor</i>	77
<i>Figura 47. Ingreso a Rviz para visualizar el entorno en 3D</i>	77
<i>Figura 48. Interfaz gráfica de Rviz</i>	78
<i>Figura 49. Mapeo tridimensional realizado por el robot</i>	79

Listado De Anexos

	Pág.
<i>Anexo 1. Código de operación de los dos puentes h y de los motores</i>	91
<i>Anexo 2. Código de operación para el servomotor en Arduino</i>	94
<i>Anexo 3. Código de operación de visión artificial Python OpenCv</i>	95
<i>Anexo 4. Comandos de ejecución en ROS</i>	96
<i>Anexo 5. Planos técnicos del robot móvil</i>	97

Resumen

El desarrollo de la presente investigación consiste en la construcción de un robot móvil, tele operado en tiempo real de forma inalámbrica en un ambiente controlado, para eliminar el hongo *Aspergillus Níger*, utilizando la luz ultravioleta y sus efectos germicidas sobre el mismo. Inicialmente, se diseña la estructura mecánica del robot por medio de un software especializado; seguidamente, se imprime y se producen las piezas para armar la estructura; y se continúa con el sistema electrónico, dónde se acoplan los motores, el sistema embebido, y los sensores para realizar las primeras pruebas de acuerdo al diseño. Posteriormente, se implementa el software ROS, permitiendo así que el robot realice el mapeo del área de operación, asegurándose por medio de visión artificial (sensor) que no hay seres vivos presentes, o se mostrara una alerta de movimiento por parte del programa en la cual recomienda no proceder, de lo contrario, se activan las lámparas UV, y así procederá a seguir la trayectoria que se le asigne por medio de la tele operación, teniendo en cuenta que este realizará su labor en un ambiente controlado, por lo que el lugar será cerrado y con buena iluminación. De esta manera se hace posible ejecutar las acciones de control sobre las zonas de mayor impacto (presencia del hongo *Aspergillus Níger*), disminuyendo este microorganismo de una forma más eficiente.

Palabras Clave: *Aspergillus Níger*, Rayos Ultravioleta, Robótica Móvil, Mapeo, Visión Artificial.

Abstract

The development of the present investigation consists of the construction of a mobile robot, teleoperated in real time wirelessly in a controlled environment, to eliminate the *Aspergillus Niger* fungus, using ultraviolet light and its germicidal effects on it. Initially, the mechanical structure of the robot is designed by means of specialized software; Next, the pieces are printed and produced to assemble the structure; and it continues with the electronic system, where the motors are coupled, the embedded system, and the sensors to carry out the first tests according to the design. Subsequently, the operating system is implemented, thus allowing the robot to carry out the mapping of the operation area, ensuring by means of artificial vision (sensor) that there are no living beings present, or a movement alert will be displayed by the program in the which recommends not to proceed, otherwise, the UV lamps are activated, and thus it will proceed to follow the path assigned to it through remote operation, taking into account that it will carry out its work in a controlled environment, so the place will be closed and with good lighting. In this way, it is possible to carry out control actions on the areas of greatest impact (presence of the *Aspergillus Niger* fungus), reducing this microorganism in a more efficient way.

Keywords: *Aspergillus Niger*, Ultraviolet Rays, Mobile Robotics, Mapping, Artificial Vision.

Introducción

La presente investigación está basada en el diseño y construcción de un robot móvil para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* empleando lámparas de luz ultravioleta, ya que este hongo se puede definir como un microorganismo dañino para los seres humanos, animales y plantas en grandes cantidades por su fácil propagación en la superficie y la parte baja de las paredes.

La característica principal de este robot móvil es que a diferencia de la mayoría de robots construidos para la eliminación de microorganismos, su diseño es pequeño y de fácil manejo, lo que facilita la tarea de desinfección para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* utilizando luz ultravioleta tipo C.

Debido a que el método convencional de limpieza y desinfección puede resultar tedioso y riesgoso para el personal capacitado en la realización de esta labor, y debido a las circunstancias actuales del mundo entero, se ve en esto una oportunidad para diseñar y construir un robot móvil al que se le puede transferir la tarea de desinfección después de que se realice una limpieza estándar del lugar, cumpliendo con el objetivo de desinfectar empleando luz UV, ya que este robot opera en ambientes controlados y es operado de forma remota.

CAPITULO I

1. Generalidades

1.1 Planteamiento Del Problema

Es importante eliminar satisfactoriamente el hongo *Aspergillus Níger* del medio, ya que este cuando se encuentra en grandes cantidades por su fácil propagación a través del aire, afecta el sistema respiratorio (salud) de los humanos y animales. El método convencional puede resultar tedioso y riesgoso para el personal capacitado en limpieza al utilizar germicidas o agentes químicos peligrosos que pueden provocar quemaduras en la piel. Por lo tanto, exponer un lugar a rayos UV, hace que el hongo *Aspergillus Níger* se inhabilite y destruya a la más mínima exposición de esta.

Muchas de las áreas que implican un riesgo para las personas se han ido transfiriendo a robots para que puedan cumplir con las tareas de limpieza y desinfección de una forma más segura; de acuerdo a esto. Se hace necesaria la construcción de un robot para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* en ambientes controlados utilizando rayos u-v, siendo este operado a distancia y que permita el complemento del método convencional de desinfección.

1.2 Sistematización Del Problema

¿Se hace necesaria la construcción de un robot para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* en ambientes controlados utilizando rayos u-v, siendo este operado a distancia, que permita el complemento del método convencional de desinfección?

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo General*

- Desarrollar un robot móvil tele operado para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* en un ambiente controlado empleando luz ultravioleta.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Diseñar los sistemas requeridos para el funcionamiento del robot móvil utilizando software especializado.
- Programar un sistema de visión artificial para el robot móvil, permitiendo la detección de seres vivos.
- Implementar la tele operación del robot de forma inalámbrica usando IOT.
- Comprobar el correcto funcionamiento del robot en tiempo real usando IOT.
- Comprobar teóricamente la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* por efectos de la radiación UV-C.

1.3.3 *Acotaciones*

El desarrollo de este robot móvil está enfocado a la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* el cual se puede hallar en los entornos pertinentes; el robot móvil deberá encontrarse totalmente solo en el área que se va a esterilizar y dicha área deberá ser cerrada para que así, se pueda tele operar de forma inalámbrica evitando el contacto directo.

1.4 Justificación

Dada la problemática que existe al realizar tareas sin poner en riesgo la vida humana, se hace necesaria la construcción de un robot móvil para funcionar en un ambiente controlado esterilizando dicho entorno utilizando rayos U-V, para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger*, permitiendo complementar el método convencional de desinfección por personal capacitado, basado en la implementación de germicidas o agentes químicos que pueden ser peligrosos sino se manipulan correctamente, además de no dejar residuos de ningún tipo en el lugar durante este proceso.

La desinfección implica un riesgo para las personas que realizan esta actividad, por lo que se han ido transfiriendo estas tareas a los robots que puedan cumplir con el objetivo de una forma más segura, ya que este es controlado de forma remota.

Es importante mencionar que, en el área de la robótica, la cual se encuentra en constante estudio por parte de las distintas universidades a nivel mundial, donde los resultados obtenidos por estas proporcionan información relevante para el desarrollo del proyecto; De igual forma, el presente documento realiza sus propios aportes para futuras investigaciones, como lo son: conceptos y resultados prácticos de navegación, mapeo, tele operación y visión artificial aplicados a los robots móviles, así como su diseño e implementación y su respectiva validación.

1.5 Propuesta Metodológica

La presente investigación surge de la idea de diseñar y construir un robot para eliminar microorganismos, en especial el hongo *Aspergillus Níger* en un ambiente controlado empleando luz ultravioleta, aplicando todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica; desarrollándose en 8 etapas, en las cuales se desarrollan cada uno los objetivos específicos planteados, pruebas y resultados que se encuentran a continuación:

1.5.1 Investigación Y Conceptualización (Robot Móvil Y Eliminación Del Hongo Aspergillus Níger)

Esta etapa se desarrolla y respalda con el Marco Teórico y Estado del Arte de la investigación, con la consulta y referencia de proyectos o estudios iguales o similares al presente documento, dónde resalten: la disponibilidad de software, técnicas, limitaciones entre otras variables a cada uno de los conceptos como robótica móvil, rayos ultravioleta, visión artificial, mapeo, microorganismos y tele operación, relacionados con el desarrollo del robot móvil para la eliminación del hongo *Aspergillus Níger* en un ambiente controlado empleando luz ultravioleta. De esta forma se le da otro enfoque a la investigación, ya que es necesario respaldar teóricamente que el robot funciona y que la lámpara utilizada emite los rayos UV con la intensidad requerida, asegurándose de la eliminación del hongo ya mencionado en un ambiente controlado; esto debido a que no se pueden realizar pruebas reales con el hongo, ya que, los laboratorios y espacios que se pueden usar para este fin no están disponibles debido la pandemia causada por el Covid-19, por lo que recurrir a los respaldos teóricos, es la mejor forma de transmitir confianza y garantizar la viabilidad del proyecto.

1.5.2 Selección De Los Componentes Y Materiales

Para la construcción de la estructura del robot móvil se tiene en cuenta las características físicas como el peso, velocidad, movilidad, posicionamiento de las lámparas de U-V, entre otras características que dan viabilidad a la construcción del robot móvil.

Para la estructura física se seleccionan materiales económicos y accesibles que permitan soportar el peso de los componentes y la resistencia necesaria para que el robot móvil se desempeñe adecuadamente.

Se seleccionan las características de los motores y las ruedas, pero principalmente se tienen en cuenta dos datos relevantes, el PAR y las RPM que deben ajustarse al propósito del robot.

Se selecciona un sensor de profundidad que permita extraer información visual tridimensional de cualquier habitación cerrada, esto para analizar de manera efectiva el entorno en el que se desempeña el robot y examinarlo posteriormente, facilitando la tarea de desinfección.

1.5.3 Diseño De La Estructura Física Del Robot Móvil

El robot tiene como finalidad ser utilizado como equipo de servicios generales especializado en limpieza y desinfección para ejecutar su tarea en ambientes controlados empleando luz ultravioleta. Para la construcción del robot primero se definieron los requisitos del hardware teniendo en cuenta que su función principal que es eliminar el hongo; estos son:

- El robot debe tener una forma que favorezca el acople de las dos lámparas de luz ultravioleta.

- El robot debe soportar el transporte de una carga máxima de 5 kg.
- El robot debe moverse con carga a una velocidad en sus motores de 150 rpm.
- La distancia de la base del robot al suelo debe ser superior a 3 cm.

Después de identificar estas pautas, se selecciona el mecanismo de accionamiento diferencial; el robot consta de dos ruedas montadas a un eje común, controlado por dos motores separados. Tiene dos ruedas giratorias de apoyo para dar mayor estabilidad al robot.

1.5.4 Ensamblaje Del Robot

El diseño realizado en el CAD permite una proyección del acabado final del robot y de la distribución de los componentes electrónicos, mecánicos y sensoriales de la arquitectura completa del robot, seguidamente se realiza la impresión y corte de las piezas para su implementación.

1.5.5 Pruebas De Funcionamiento Del Ensamblaje

Una vez realizado el ensamblaje, se hacen pruebas del mismo para ello se tienen en cuenta las conexiones y la estabilidad del robot al colocarlo en movimiento con las lámparas de luz ultravioleta.

1.5.6 Programación Del Sistema De Visión Artificial Y Mapeo

Para la detección de seres vivos, se diseña un programa de detección de movimientos por medio de una herramienta para funciones de análisis de formas y en base a los puntos encontrados en el mismo; se impone una condición en la cual si el área (que es constante si un objeto se

encuentra de forma estática) sobrepasa un valor dado de forma aleatoria, esta se reconoce como un área en “movimiento”.

Además, se diseña un método que permite evidenciar la labor de eliminación del robot en dicho entorno mostrando los espacios intervenidos por este.

1.5.7 Programación De La Tele Operación

Se diseña un protocolo que le permite al robot móvil comunicarse desde una de pantalla remota que transmite las órdenes al micro controlador, y desde este último al puente H encargado de la velocidad y sentido de giro de los motores y por consiguiente al robot mismo.

1.5.8 Pruebas De Funcionamiento

Las pruebas del robot móvil se dividen acorde a las funciones en las que este se tiene que desempeñar dentro de un entorno controlado; funciones como tele operación remota y visión artificial, y también la acción de las lámparas de luz ultravioleta como agentes de eliminación del hongo *Aspergillus Níger*. Se comienza ejecutando la comunicación cliente-servidor entre una computadora y el controlador instalado en el robot, se compila y ejecuta el programa de visión artificial encargado de revisar que el área se encuentra despejada; esto con el fin de no encontrar seres vivos u objetos en movimiento, ya que, de ser detectado algo anormal, se mostrará la respectiva alerta de movimiento por parte del programa, el cual recomienda no proceder; pero si no se detecta movimiento o ningún tipo de inconveniente que pueda afectar la operatividad del robot, el programa procede a realizar la activación de las lámparas UV junto con el programa de tele operación, así como el escáner laser del Kinect para realizar el mapeo tridimensional del entorno.

CAPITULO II

2. Marco Teórico Y Estado Del Arte

2.1 Referentes Teóricos

2.1.1 *Robótica Móvil*

La definición de robótica móvil más acorde a la actual investigación, y que aporta elementos importantes son:

Dispositivos de transporte automático, es decir, una plataforma mecánica dotada de un sistema de locomoción capaz de navegar a través de un determinado ambiente de trabajo, dotado de cierto nivel de autonomía para su desplazamiento portando cargas. Sus aplicaciones pueden ser muy variadas y siempre están relacionadas con tareas que normalmente son riesgosas o nocivas para la salud humana, en áreas como la agricultura, en el transporte de cargas peligrosas o en tareas de exploración solitarias o cooperativas junto a otros vehículos no tripulados. Ejemplos clásicos son el traslado y acopio de materiales, las tareas de mantenimiento en reactores nucleares, la manipulación de materiales explosivos, la exploración subterránea, etc. (Il. Bambino, 2008, p. 4)

Se destaca asimismo de acuerdo a Il. Bambino (2008) que el concepto autonomía de un robot se refiere a la “capacidad de percibir, modelar, planificar y actuar para alcanzar determinados objetivos, sin la intervención o con una intervención pequeña del operador humano ya que el robot se puede desenvolver en ambientes estructurados o no estructurados, total o parcialmente conocidos” (p.5).

De acuerdo con Danilo y Saldaña, (2012). Las características que los robots móviles poseen se pueden clasificar en las siguientes categorías: “Según el tipo de medio en el cual se desempeñan, Según la dificultad del entorno en el que se desplazan, y según su grado de autonomía” (p. 3),

Según el tipo de medio en el cual se desempeñan: “En esta clasificación existen tres tipos de robots móviles; aéreos, terrestres y acuáticos con sus aplicaciones y características”. (Passold, 2012, p. 32). Tal y como se muestra a continuación en la tabla 1.

Tabla 1.

Tipos de robots móviles

TIPOS DE ROBOT	APLICACIONES	CARACTERISTICAS
Robots Aéreos	Inspección de líneas de transmisión de electricidad (helicópteros pequeños, UACs)	Problema avanzado de control multivariable, no lineal y robusto. Problemas de peso por autonomía sensorial (define el límite de tele operación).
Robots Terrestres	Exploración terrestre, aplicaciones industriales y domésticas, transporte de cargas, reconocimiento de entornos.	Vehículos con tipo de locomoción por ruedas, orugas (exploradores), patas.
Robots Acuáticos	Exploración submarina	Inspección y mantenimiento; Uso: plataformas petrolíferas.

Nota. La tabla muestra los tipos de robots móviles con sus aplicaciones y características más importantes. Adaptado de Introducción a la robótica móvil (p. 32), por F. Passold, 2012, Dept. Automatización de sistemas (DAS), Florianópolis, Brasil.

Según la dificultad del entorno en el que se desplazan: “la cual se subdividen a su vez en dos categorías”. (Danilo y Saldaña, p 6).

Robots para ambientes extremos u hostiles: “Este tipo de robots suelen llevar protecciones para poder funcionar correctamente y evitar que los parámetros del ambiente dañen sus componentes internos y externos”. (Danilo y Saldaña, p 6).

Robots para ambientes normales: “funcionan en ambientes con características que no llegan a afectar el funcionamiento del robot”. (Danilo y Saldaña, p 6)

Según su grado de autonomía: la cual se subdividen a su vez en tres categorías.

Tele operados: Acorde a Correa (2005), “Los robots tele operados son aquellos controlados por un usuario a distancia desde una estación remota” (p.62). Es decir que son aquellos robots en los que las decisiones según el entorno en el que se encuentre son dadas por un usuario como lo expresa Ollero (2001), “En los robots tele operados las tareas de percepción del entorno, planificación y manipulación compleja, son realizadas por humanos”. (p.11); y es por ello su gran beneficio para varias aplicaciones en las que por factores de riesgo es más fácil exponer a un robot como lo expresa Correa (2005), “en caso de realizar trabajos en ambientes inseguros o inestables o con sustancias potencialmente peligrosas, como químicos o explosivos, no se arriesga su integridad física estos robots son útiles” (p.62).

Funcionamiento repetitivo: “Son la mayor parte de los que se emplean en las cadenas de producción industrial. Trabajan normalmente en tareas predecibles, e invariantes, con una limitada percepción del entorno”. (Ollero, 2001, p 12)

Autónomos o inteligentes: “Son los más evolucionados desde el punto de vista del procesamiento de información. Son máquinas capaces de percibir, modelar el entorno, planificar y actuar para alcanzar los objetivos sin la intervención o con una intervención muy pequeña de supervisores humanos”. (Ollero, 2001, p 12)

2.1.2 Sistema De Locomoción

“El sistema de locomoción es una de las primeras características de un robot que está condicionada por su entorno”. (Il. Bambino, 2008, p.17). Según las características de un robot terrestre los tipos de locomoción son: con ruedas, con patas, con cadenas, modular e híbrida.

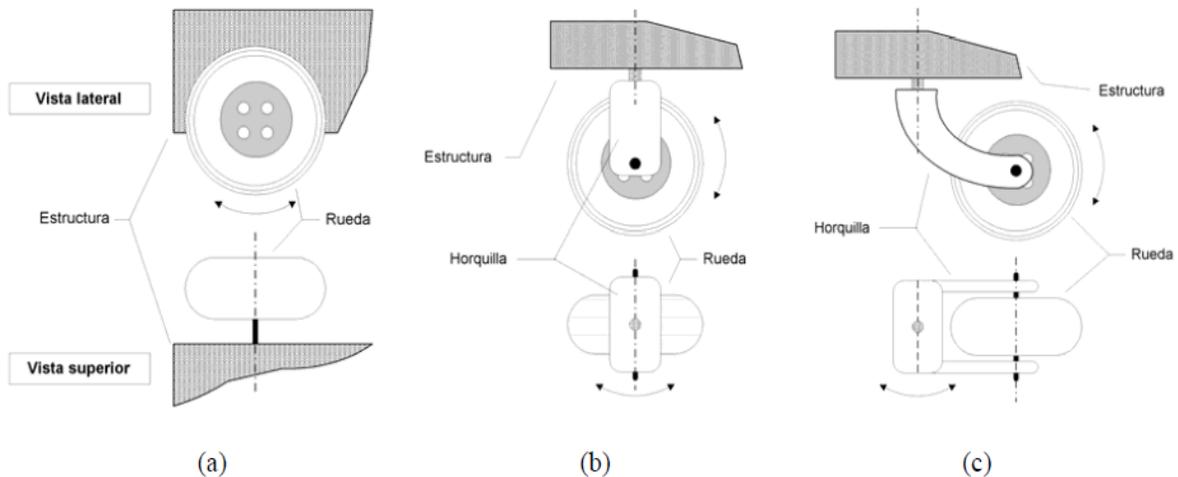
Locomoción con ruedas. “Entre los robots terrestres con ruedas su movilidad está caracterizada por dos factores: el tipo de ruedas que poseen y su disposición sobre una estructura mecánica” (Il. Bambino, 2008, p.18).

“Se distinguen entre dos clases básicas de ruedas: la rueda convencional y la rueda sueca (swedish wheel). En ambos casos, se supone que el contacto entre la rueda y el terreno se reduce a un único punto del plano”. (Il. Bambino, 2008, p.18)

A su vez en las ruedas convencionales se diferencian tres tipos como se puede ver en la figura 1.

Figura 1

Tipos de ruedas convencionales



Nota. La gráfica muestra los tres tipos de ruedas convencionales: (a) *Rueda fija*. (b) *Rueda orientable centrada*. (c) *Rueda loca*. Adaptado de *Tipos de ruedas convencionales* (p.18), por Il. Bambino, 2008.

Rueda fija: “El eje de la rueda está fijo a la estructura del robot (Figura 2.3.1a). En general está asociada al sistema de tracción del robot”. (Il. Bambino, 2008, p.18).

Rueda orientable centrada: “Es aquella en la que el movimiento del plano de la rueda con respecto a la estructura es una rotación alrededor de un eje vertical que pasa a través del centro

de la rueda” (Il. Bambino, 2008, p.18).

Rueda orientable no-centrada (rueda loca): “Es una rueda orientable con respecto a la estructura, tal que la rotación del plano de la rueda es alrededor de un eje vertical el cual no pasa a través del centro de la rueda” (Il. Bambino, 2008, p.18).

2.1.3 *Visión Artificial*

Según el Centro Integrado Politécnico ETI define visión artificial como “un campo de la inteligencia artificial que, mediante la utilización de técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información obtenida a través de imágenes digitales” (Etitudela s. f., p.1).

(Etitudela s. f). Define visión artificial como “un campo de la inteligencia artificial que, mediante la utilización de técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información obtenida a través de imágenes digitales” (p.1). Este campo también comprende “un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Dichos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados” (Etitudela s. f., p.1).

Algunos usos de la Visión Artificial Según (Etitudela s. f., p.1).

- Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores.
- Realizar controles de calidad de productos que no era posible verificar por métodos tradicionales.
- Realizar inspecciones de objetos sin contacto físico.
- Realizar la inspección del 100% de la producción (calidad total) a gran velocidad.
- Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizados.
- Realizar inspecciones en procesos donde existe diversidad de piezas con cambios frecuentes de producción.

Entre los *métodos de captación de imágenes*, están los siguientes:

Digital: La función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos realizados a intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero (Etitudela s. f., p.1).

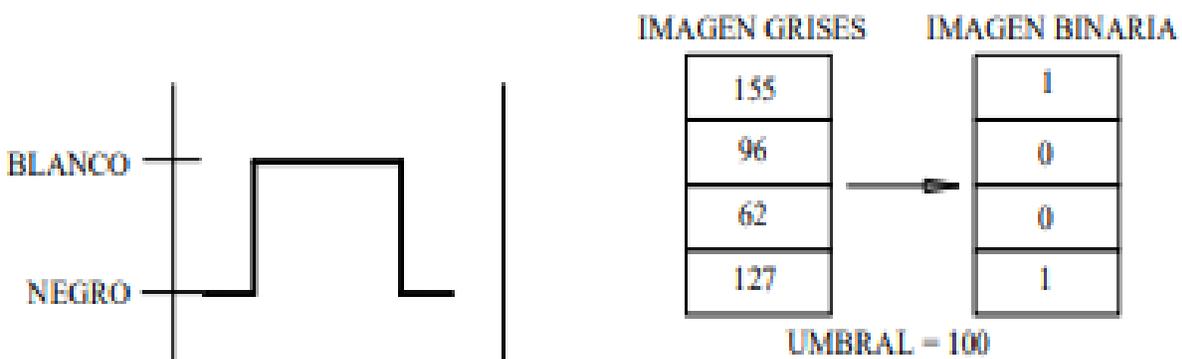
Píxel: Una imagen digital es considerada como una cuadrícula. Cada elemento de dicha cuadrícula es denominado Pixel. Se puede considerar la resolución estándar de una imagen 512X484 Pixel (Etitudela s. f., p.1).

Nivel de grises: Cuando una imagen es digitalizada, la intensidad del brillo en la escena original que corresponde a cada punto es cuantificada, dando lugar a un número denominado “nivel de gris” (Etitudela s. f., p.1).

Imagen binaria: Es aquella que sólo tiene dos niveles de gris: negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco en Función del llamado nivel binario o umbral como se puede ver en la figura 2 (Etitudela s. f., p.1).

Figura 2

Relevancia de imágenes en grises a imágenes binarias



Nota. La gráfica muestra un método de captación imágenes en grises a binarias. Adaptado del Centro Integrado Politécnico ETI, s.f., (<http://www.etitudela.com/>)

Escena: Es un área de memoria donde se guardan todos los parámetros referentes a la inspección de un objeto en particular, tales como la cámara utilizada, imágenes patrón memorizadas, tolerancias, datos a visualizar, entradas y salidas de control. (Etitudela s. f., p.2).

Windows (ventana de medida): Es el área específica de la imagen recogida que se quiere inspeccionar. (Etitudela s. f., p.2).

Módulo de digitalización: Convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (Etitudela s. f., p.2).

Memoria de imagen: Almacena la señal procedente del módulo de digitalización (Etitudela s. f., p.2).

Módulo de visualización: Convierte la señal digital residente en memoria, en señal de vídeo analógica para poder ser visualizada en el monitor de TV (Etitudela s. f., p.2).

Procesador de imagen: Procesa e interpreta las imágenes captadas por la cámara (Etitudela s. f., p.2).

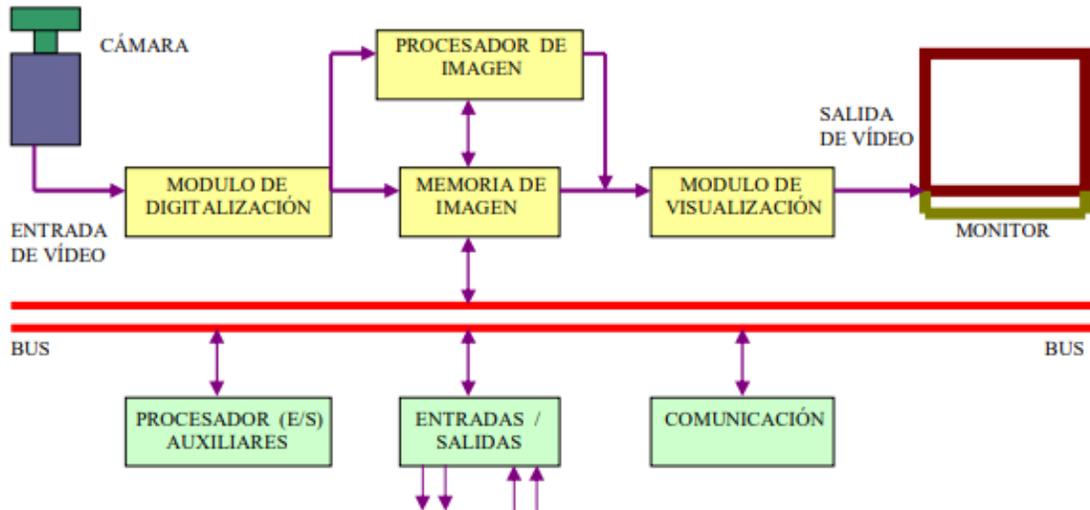
Módulo de entradas/salidas: Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección (Etitudela s. f., p.2).

Comunicaciones: Vía I/O, Ethernet, RS232 (Etitudela s. f., p.2).

Diagrama de bloques: Como se puede ver en la figura 3, el diagrama de bloques está conformado por:

Figura 3

Diagrama de bloques básico de un proceso de visión artificial



Nota. La gráfica muestra un diagrama de bloques del proceso para llevar a cabo el sistema de visión artificial. Adaptado del *Centro Integrado Politécnico ETI* (<http://www.etitudela.com/>)

Captación. Obtención de la imagen visual del objeto a inspeccionar.

Instrucciones. Conjunto de operaciones a realizar para resolver el problema.

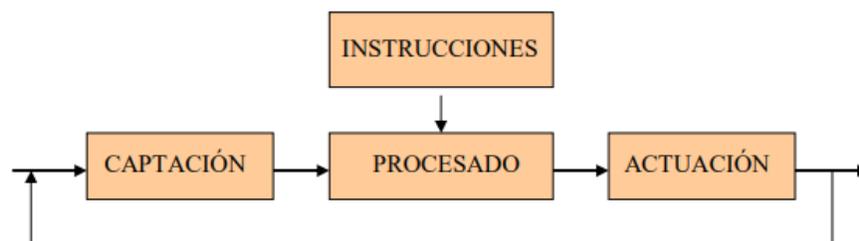
Procesado. Tratamiento de la imagen mediante las instrucciones aplicadas.

Actuación. Sobre del entorno en función de resultado obtenido (Etitudela s. f., p.3).

La secuencia a seguir en el proceso operativo es cómo se puede ver en la figura 4.

Figura 4

Secuencia a seguir en un proceso operativo con visión artificial.



Nota: La gráfica muestra la secuencia a seguir en un proceso operativo con un sistema de Visión Artificial Adaptado de: *Centro Integrado Politécnico ETI* (<http://www.etitudela.com/>)

Visión Artificial Para El Guiado De Interiores: Mediante esta tecnología se pueden establecer mapas de escenas completas, y almacenarlos, para poder hacer uso de la localización en entornos cerrados lo que se conoce como “SLAM”. (Visión Artificial: Sistemas y Aplicaciones | Neosentec, s.f., párr. 1)

Guiado mediante señales externas: Se ha publicado que el guiado mediante señales externas:

Son sistemas que utilizan señales externas como son señales RFID, Beacons (o emisores de bluetooth), redes WIFI y captación de redes electromagnéticas. Estos sistemas básicamente captan la intensidad de todas las señales, y triangulan la posición del dispositivo móvil en función de la fuerza con la que se recibe cada una de ellas. Para ello el sistema debe tener un mapeado inicial, donde se le indique, durante todo el trayecto posible, la fuerza con la que cada una de esas señales actúa en cada punto. (Visión Artificial: Sistemas y Aplicaciones | Neosentec, s.f., párr. 2)

Guiado con visión artificial: Se ha publicado que el guiado con visión artificial:

Es más novedosa y también logra mucha más precisión, para realizar este guiado se utilizan diversas técnicas y algoritmos, aunque el más conocido es el SLAM un sistema dotado de visión artificial que es capaz de reconocer el entorno de manera visual, es decir los diferentes elementos que componen una escena (paredes, mesas, suelos, etc.). Se basa en la captación de key point o puntos clave (diferencias de color o textura, líneas, cambios de profundidad), para establecer una especie de mapa de puntos que permite reconstruir el escenario de manera digital. (Visión Artificial: Sistemas y Aplicaciones | Neosentec, s.f., párr. 3)

2.1.4 *Open CV*

Open CV, tal vez sea la biblioteca de visión artificial más usada y más importante del mundo.

OpenCV es una biblioteca libre desarrollada originalmente por Intel. Vio la luz en el año 1999. Escrita originalmente en C/C++, su mejor virtud es que es multiplataforma, se puede ejecutar en diferentes sistemas operativos (Linux, Windows, Mac OS X, Android e iOS). También se puede utilizar en diferentes lenguajes de programación como Java, Objective C, Python. Precisamente para este último existe una versión que se llama EmguCV. (Visión Artificial, OpenCV y Python, Primeros Pasos Para Analizar Imágenes, s.f. párr. 4)

OpenCV es una biblioteca basada en visión por computadora con licencia BSD de código abierto que incluye cientos de algoritmos de visión por computadora. (Joseph, 2015a, p. 168)

2.1.5 *ROS*

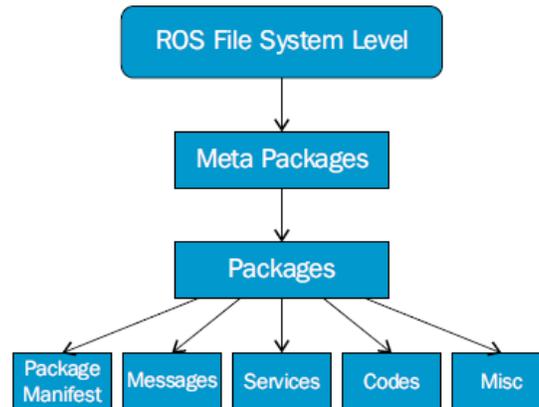
De acuerdo a la definición de ROS:

El sistema operativo de robot (ROS) es un conjunto de bibliotecas de software y herramientas que le ayudan a crear aplicaciones de robot. Desde controladores hasta algoritmos de última generación y con potentes herramientas de desarrollo. Y todo es de código abierto. (ROS.Org | Powering the World's Robots, s.f., párr. 1)

Nivel del sistema de archivos ROS: “Similar a un sistema operativo, los archivos ROS también se organizan en el disco duro en una moda particular. En este nivel, se puede ver cómo se organizan estos archivos en el disco”. (Joseph, 2015b, p.5)

Figura 5.

Nivel de sistema de archivos ROS



Nota. La gráfica muestra cómo se organizan los archivos y carpetas ROS en el disco. Adaptado de Adaptado de Learning Robotics Using Python (p. 5), por Lentin Joseph, 2015, Published by Packt Publishing Ltd.

Aquí están las explicaciones de cada bloque en el sistema de archivos:

Paquetes: Los paquetes ROS son la unidad más básica del software ROS. Contiene el proceso de ejecución de ROS (nodos), bibliotecas, archivos de configuración, y así sucesivamente, que se organizan juntos como una sola unidad. Los paquetes son los elementos de construcción atómica y elemento de lanzamiento en el software ROS.

Manifiesto del paquete: El archivo de manifiesto del paquete está dentro de un paquete que contiene información sobre el paquete, autor, licencia, dependencias, compilaciones banderas, etc.

Metapaquetes: El término metapaquete se utiliza para un grupo de paquetes, para un propósito especial.

Manifiesto de metapaquetes: El manifiesto de metapaquetes es similar al manifiesto del paquete; las diferencias son que puede incluir paquetes dentro como dependencias de tiempo de ejecución y declara una etiqueta de exportación.

Mensajes (msg): Los mensajes ROS son un tipo de información que se envía de un proceso ROS al otro.

Servicios (srv): El servicio ROS es una especie de interacción solicitud / respuesta entre

procesos.

Repositorios: la mayoría de los paquetes ROS se mantienen usando una versión Sistema de control (VCS) como Git, subversion (svn), mercurial (hg) y pronto. La colección de paquetes que comparten un VCS común se puede llamar repositorios. El paquete en los repositorios se puede liberar usando un catkin lanzar una herramienta de automatización llamada bloom. (Joseph, 2015b, p. 6)

2.1.6 Mapeo

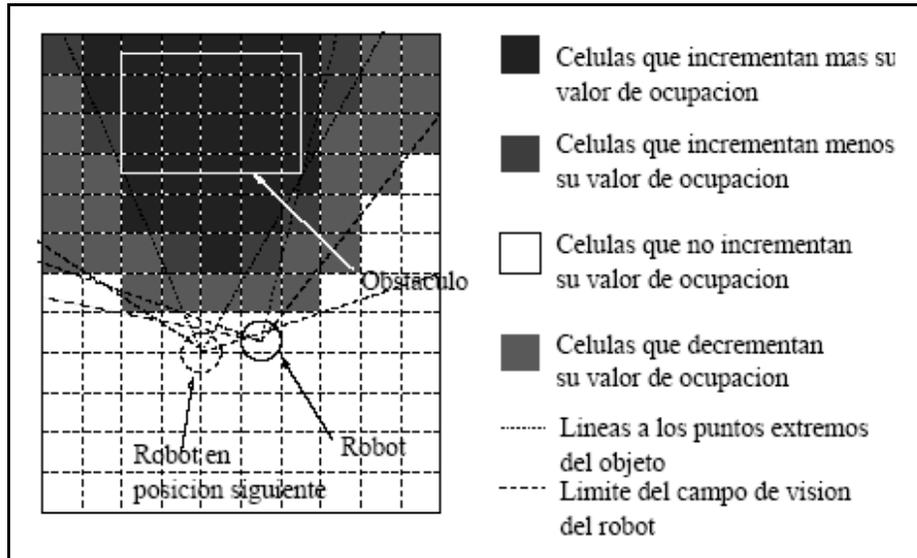
De acuerdo a la importancia y alcances de la investigación que realizó Esteve (2004), sintetizo que es importante tener en cuenta que es un mapa y por ello lo define como:

Mapa es cualquier tipo de representación del entorno en la memoria del robot. A partir de un mapa, se puede determinar un camino apropiado entre dos puntos deseados, lo cual será más o menos complejo según haya sido la representación escogida. Por último, habrá que seguir ese camino (parr.6).

Los tipos de mapas que se usan normalmente según Esteve (2004). Son los que están basados en la información sensorial y estos son:

Mapas de marcas en el terreno (landmarks): son localizaciones particulares fácilmente identificables por el sistema sensorial del robot (cierta esquina, un grupo de objetos bien visibles o tubos de neón, etc.) que actúan como marcas relevantes (landmarks).

Mapas de ocupación: Estos mapas se pueden construir por métodos visuales, mediante la toma de imágenes por un par estéreo de cámaras, a partir de las proyecciones de puntos límite de un objeto, como se aprecia en la siguiente figura 6. Esteve (2004).

Figura 6.*Construcción visual de un mapa de ocupación*

Nota. La gráfica muestra la construcción visual de un mapa de ocupación. Adaptado de recursos/tutoriales/aprob (<http://ingenieroseninformatica.org>)

2.1.7 Luz Ultravioleta

(Introducción a La Desinfección Por UV - TrojanUV - ES, s.f.) Asegura que:

La luz ultravioleta (UV) es una forma de luz invisible al ojo humano. Ocupa la porción del espectro electromagnético situada entre los rayos X y la luz visible. El sol emite luz ultravioleta; sin embargo, la capa de ozono terrestre absorbe gran parte de ella. Una característica única de la luz UV es que un intervalo específico de sus longitudes de onda, el comprendido entre los 200 y los 300 nanómetros (una milmillonésima parte de un metro), se clasifica como germicida, es decir, puede inactivar microorganismos como bacterias, virus y protozoos. Esta capacidad ha permitido la adopción generalizada de la luz UV como una forma respetuosa con el medio ambiente, sin sustancias químicas y muy eficaces para desinfectar y proteger el agua frente a microorganismos perjudiciales (parr. 1-2).

Funcionamiento de la desinfección por luz ultravioleta: De (Introducción a La Desinfección Por UV - TrojanUV - ES, s.f.) Afirma que la diferencia de los métodos químicos de desinfección de aguas es:

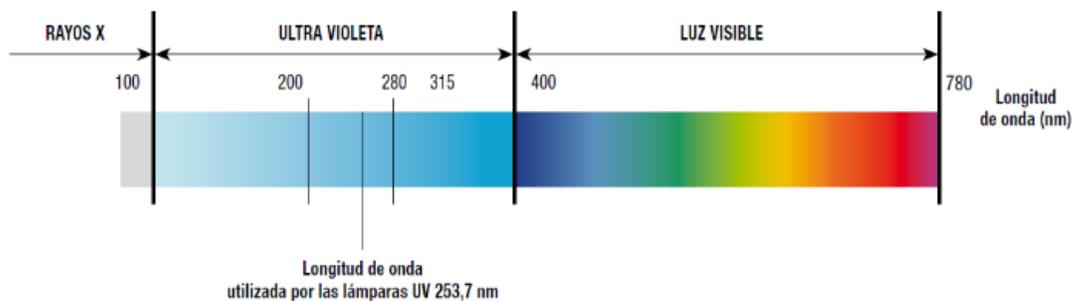
La radiación UV proporciona una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germicidas de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar. Se ha demostrado que la luz UV es eficaz frente a microorganismos patógenos, como los causantes del cólera, la polio, la fiebre tifoidea, la hepatitis y otras enfermedades bacterianas, víricas y parasitarias. (parr.3).

La luz ultravioleta posee propiedades germicidas en un rango de longitudes de onda de 100 a 280nm. Abajas dosis, la luz UV no forma subproductos y es efectiva inactivando gran variedad de microorganismos (Sharma y Demirci, 2003).

Asimismo, (Introducción a La Desinfección Por UV - TrojanUV - ES, s.f.) Agrega que “los microorganismos se desactivan por medio de la luz UV como resultado del daño, el ADN y el ARN celular absorben la energía alta asociada con la energía UV de longitud de onda corta, principalmente a 254 nm” (parr.4). Esto quiere decir que dependiendo de la longitud de onda como se puede ver en la figura 7, se daña la estructura de los microorganismos evitando que “esta absorción de energía UV forma nuevos enlaces de bacterias y virus impide la replicación y la capacidad de infectar”. (Introducción a La Desinfección Por UV - TrojanUV - ES, s.f.)

Figura 7

Longitud de onda de la luz ultravioleta



Nota. La gráfica muestra las longitudes de ondas UV y su rango, especificando la UV-C
Adaptado de (<https://aqua.com.mx/2018/07/04/sistemas-ultravioleta/>)

Para propósitos prácticos el espectro de la luz ultravioleta puede dividirse en tres regiones, según el efecto que tienen los seres vivos (Bintsis et al, 2000).

Luz ultravioleta de onda corta (UVC) con longitudes de onda de 200 a 280 nm; llamado también rango germicida, el cual es efectivo inactivando bacterias y virus, especialmente a 254nm.

Luz ultravioleta de onda media (UVB) con longitudes de onda de 280 a 320nm; relacionada con quemaduras en la piel provocadas por exposición prolongada.

Luz ultravioleta de onda larga (UVA) con longitudes de onda de 320 a 400nm, la cual tiene un efecto germicida mucho menor, en comparación con la luz UVC, en las células microbianas. (Bintsis et al, 2000).

Este tipo de radiaciones presenta un impacto nocivo sobre los ojos, por esta razón es necesario no tener un foco de luz directo entre la radiación total de la lámpara y el campo visual del usuario. (López J et al)

Relación dosis/destrucción: La intensidad de la luz UV es expresada en Wm^{-2} , mientras que la dosis, que está en función de la intensidad de la luz y el tiempo de exposición, es expresada en Jm^{-2} (Bintsis et al, 2000).

La cantidad de energía UV aplicada a una superficie particular durante un intervalo de tiempo dado, es conocida como dosis (López V et al, 2007).

$$D = \frac{I * t}{1000}$$

D = Dosis de irradiación aplicada (kJ/m²)

I = Intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (W/m²)

t = Tiempo de exposición (s)

Cada microorganismo tiene una dosis letal. Algunas bacterias, virus y mohos requieren niveles relativamente bajos de luz UV para ser destruidos. Cuando hay organismos como las

esporas de los mohos, la dosis debe ser respectivamente mayor que la necesaria para bacterias (Sacre, 2009)

Tiempo de acción: Solsona y Méndez (2002, como se citó en (Millán Villarroel et al, 2015) indican que:

Como cualquier otro desinfectante, el tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño. No es fácil determinar con exactitud el tiempo de contacto (ya que éste depende del tipo de flujo y de las características del equipo), pero el período debería estar relacionado con la dosificación necesaria. (p.62)

Entonces se podría decir que cuanto mayor es el tiempo de exposición a una determinada dosis, tanto más eficaz es el tratamiento (Suárez, 2001).

Es importante destacar que al utilizar UV-C como desinfectante, el equipo debe estar localizado lo más cerca posible al producto en el sistema de proceso. Debido a que la distancia es inversamente proporcional a la intensidad (Suárez, 2001).

Longitud de onda utilizada: En el estudio de la luz ultravioleta, realizado por Sacre (2009) sugiere que:

La efectividad germicida de la luz UV-C, puede variar entre especies de microorganismos. Las longitudes de onda con mayor efecto bactericida son las cercanas a 260 nm. Debido a que la del ADN varía entre las especies, se reporta que el pico de absorción de UV-C está en el rango de 260 a 265 nm, correspondiente a la principal emisión de onda de la lámpara de mercurio de baja presión (253,7 nm) y a la eficiencia de inactivación microbiana de estas fuentes de rayos UV-C. La efectividad germicida de la luz UV-C, puede variar entre especies de microorganismos. (p.457).

Shama (1999, como se citó Sacre en 2009), afirma que la radiación UV-C tiene poca penetración en materiales sólidos. Por lo que puede ser efectiva para desinfectar superficies. (cap. 3).

Anónimo (2002, como se citó Sacre en 2009) afirma que la radiación UV-C puede utilizarse para inactivar varios tipos de microorganismos, incluyendo virus, pero se sabe que solamente actúa en superficies o en líquidos claros como el agua. Este tipo de radiación se ha utilizado por varios años en industrias farmacéuticas y electrónicas como desinfectante. (cap. 3)

“La luz ultravioleta puede causar quemaduras en los ojos y la piel. Al utilizarla todo el personal, plantas y animales deben ser retirados del lugar para garantizar su seguridad”. (Lámpara de Esterilización y Desinfección Rayos UV + Ozono, s.f.)

2.1.8 *Microorganismos*

Suarez (2001, como se citó en Millán Villarroel et al, 2015) indican que:

Cada especie microbiana tiene un grado de resistencia característico a la radiación ultravioleta. Este depende de la fase de crecimiento y del estado fisiológico de las células microbianas. Si se compara la resistencia de las células vegetativas de unas especies bacterianas con las de otras, la exposición a los rayos ultravioleta destruye las células vegetativas de algunas especies en un tiempo que es más de cinco veces superior al necesario para que las de otras especies sean destruidas, aunque, en general, el tiempo de exposición que las destruye no varía para cada una de las distintas especies. La formación de cápsulas y el agrupamiento de las bacterias aumentan su resistencia a la radiación UV. Para destruir las esporas microbianas, es necesaria una exposición de una duración de dos a cinco veces mayor que la necesaria para destruir las células vegetativas correspondientes. En general las levaduras están dotadas de una resistencia de dos a cinco veces mayor que las bacterias, aunque algunas se destruyen fácilmente. La resistencia de los mohos es de diez a cincuenta veces que la de las bacterias, los mohos pigmentados a su vez, son más resistentes que los no pigmentados, y las esporas más resistentes que el micelio. (p.459)

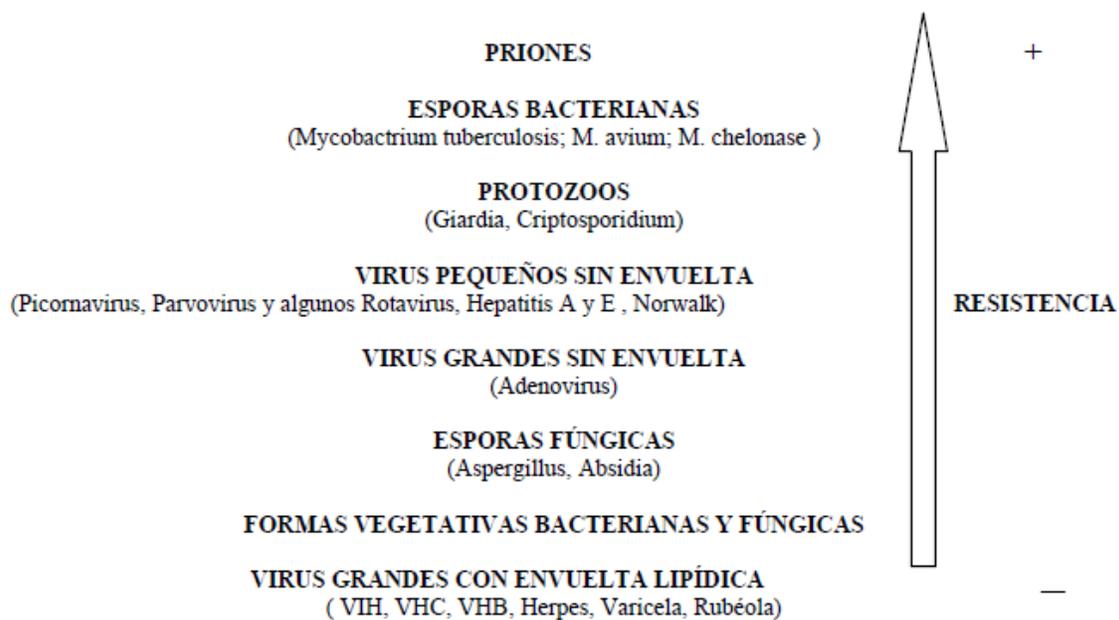
Resistencia microbiana a la esterilización: De acuerdo a la importancia y alcances de la investigación que realizó Sanmarco (2017).

La susceptibilidad de los distintos microorganismos a los procesos de inactivación está en función de numerosos factores que condicionan la esterilización, pero la más importante de ellas es la resistencia intrínseca o innata de los mismos. Esta resistencia a los procesos de esterilización, se debe principalmente a la composición de la pared celular que regula la penetrabilidad de los agentes desinfectantes y esterilizantes. (p.41)

En la figura 8 se muestra un esquema de los microorganismos en función de su susceptibilidad a los procesos de esterilización.

Figura 8

Esquema de susceptibilidad a los procesos de esterilización.



Nota. La gráfica muestra el esquema de susceptibilidad de los organismos a procesos de esterilización con luz U-V Adaptado de ([http:// https://docplayer.es/ /](http://https://docplayer.es/))

Andrade (2007, como se citó Sanmarco en 2017) afirma que:

Los virus con grandes envolturas lipídicas como ser los del VIH, hepatitis C, hepatitis B, herpes, varicela y rubeola son los microorganismos más sensibles a los procesos de esterilización, debido probablemente a la mayor susceptibilidad que presenta la envuelta

lipídica a los agentes químicos. Algunas bacterias grampositivas pueden sintetizar un órgano de resistencia que les permite sobrevivir en condiciones más desfavorables, y se transforma de nuevo en una forma vegetativa cuando las condiciones del medio vuelven a ser favorables. Generalmente las formas vegetativas de las bacterias son sensibles a los agentes desinfectantes, aunque por ejemplo las micobacterias pueden presentar especial resistencias a los de baja actividad. Las esporas fúngicas, como la *Aspergillus* y la *Absidia*, presentan una resistencia mayor que las formas vegetativas fúngicas y las levaduras. (p.42)

Los rayos ultravioletas son mutágenos, su acción se centra básicamente sobre organismos simples como los hongos, que son destruidas cuando entran en contacto con la lámpara (López J et, al)

Samson (1995, como se citó Sacre en 2009) afirma que *Aspergilli* es: “Un genero de moho cuyas colonias crecen rapidamente, de color blanco, amarillo, café, negro o verde. El interes en el estudio de *Aspergillus* se debe a que ciertas especies son patogenas y tienen la habilidad de producir metabolismos toxicos” (por lo que debe evitarse la inhalacion de las colonias) (cap. 3)

(*Aspergillus Níger* - EcuRed, s.f.) Ha publicado que las patologías que puede causar esta especie de hongos son:

Es una especie inocua para los seres humanos y también para la mayoría de los cultivos, es un hongo dañino para los humanos y animales en cantidades grandes, también puede causar graves infecciones del oído si muchas esporas de moho se alojan en el canal auditivo, en altas concentraciones puede producir aspergilosis, que provoca alteraciones pulmonares, la propagación rápida del *Aspergillus* en ambientes llenos de polvo y a través de los sistemas de aire acondicionado puede ser el origen de los brotes de alergia (parr.3).

Se reproduce por vía asexual a través de la producción de conidios. Sus colonias pueden encontrarse en el suelo y en un gran número de sustratos naturales. Las mismas se esparcen gracias al viento, para posarse sobre distintas superficies (*Aspergillus Níger*: características, morfología y patologías - Lifeder, s. f.).

Aspergilosis: (Patterson et, al, 2016) sugiere que:

La aspergilosis es una infección causada por un tipo de moho. La enfermedad que resulta de la aspergilosis suele afectar el sistema respiratorio, pero los signos y la gravedad varían en gran medida. El moho que provoca la enfermedad, *aspergillus*, se encuentra en todos lados, en interiores y exteriores. La mayoría de las cepas de este hongo es inofensiva, pero algunas pueden causar enfermedades graves cuando las personas con sistemas inmunitarios debilitados, una enfermedad pulmonar oculta o asma inhalan las esporas. En algunas personas, las esporas desencadenan una reacción alérgica. Otras personas manifiestan infecciones pulmonares de leves a graves. La forma más grave de aspergilosis, la aspergilosis invasiva, ocurre cuando la infección se disemina a los vasos sanguíneos y más allá. Según el tipo de aspergilosis, el tratamiento puede involucrar observación, medicamentos antifúngicos o, en casos inusuales, cirugía. (párr. 1-4).

La causa de esta enfermedad es “inevitable, la exposición diaria al *aspergillus* no suele ser un problema, cuando se inhalan las esporas de moho, un sistema inmunitario debilitado, permite que el *aspergillus* se instale, invada los pulmones y, en los casos más graves, otras partes del cuerpo. (Aspergilosis - Síntomas y Causas - Mayo Clinic, s.f.)

2.2 Estado Del Arte

2.2.1 *Bioquell -BQ-50, Z-2 SeQure*

Según el artículo (Pharmaceutical / Biotechnology Decontamination Solutions, s.f.) El robot que se desarrollo es:

Es un robot para la eliminación del 99.999% de los contaminantes en un espacio cerrado, utiliza una solución de peróxido hidrogeno al 35% el cual dispersa vapor para cubrir las superficies expuestas a su alcance, esta tecnología logra la eliminación de hongos, virus, bacterias y esporas presentes en techos y pisos, se debe sellar la habitación en la que es

usado con cinta adhesiva para evitar filtraciones del vapor a otras áreas. El sistema se ejecuta en un ciclo y no se tiene que posicionar, y no quedan residuos ni olores, su precio estimado ronda de entre 39,500 usd a 68,000 usd dependiendo del modelo, cabe resaltar que esta compañía cuenta en la actualidad con sistemas móviles que utilizan luz ultravioleta para esta misma labor. (parr.2).

Figura 9

Robot móvil para eliminación de contaminantes



Nota. La gráfica muestra el Robot móvil, escalable y compatible con tecnología de comunicación inalámbrica descontamina rápida y eficazmente casi cualquier habitación o zona. Adaptado de (www.bioquell.com)

2.2.2 Skytron – IPT 3200

Según el artículo (Skytron 3200 Max, Large UVC Sterilizer | Skytron - Skytron, LLC, s.f.) El robot que se desarrollo es:

Es un Robot móvil de la empresa skytron el cual ofrece una mayor desinfección y más completa de un solo ciclo de igual forma ejerce más poder germicida. Puede desinfectar superficies directas y sombreadas con una alta tasa de destrucción de patógenos documentada. Este sistema selecciona automáticamente los tiempos de ejecución adecuados según las características de tamaño y demás que tenga el entorno, está equipado con un sistema basado en la nube para documentar tratamientos para almacenar datos y posteriormente puedan ser analizados. (parr.2).

Figura 10

Robot IPT 3200 con tecnología UV.



Nota. La gráfica muestra el Skytron 3200 Maxx sistema esterilizador de luz ultravioleta más potente del mundo, ideal para instalaciones de atención médica. Adaptado de *Skytron.com*

2.2.3 Matachana

(Robot Móvil UVD Para La Desinfección Por Radiación Ultravioleta, s. f.) Informa la creación del robot móvil UVD para la desinfección por radiación ultravioleta tipo C que se desarrollo es:

El Robot UVD, es el único sistema de desinfección por radiación Ultravioleta de tipo C del mercado, que se reposiciona automáticamente en cualquier entorno del hospital, para situarse a la distancia de mayor efectividad sobre todas y cada una de las superficies críticas que deben ser desinfectadas. Una vez configurado y memorizadas sus tareas, es un sistema completamente autónomo a la hora de trabajar y tomar decisiones. El robot se caracteriza por su fabricación modular y flexibilidad, lo que le permite adaptarse a cualquier instalación. Su sistema de accionamiento autónomo permite que el personal responsable maneje y dirija el robot mediante una Tablet (incluida con el propio robot) o a través de una aplicación en el teléfono móvil. (parr.2).

Figura 11

Robot móvil para la desinfección por radiación ultravioleta tipo C



Nota. La gráfica muestra el robot móvil UVD para la desinfección por radiación ultravioleta de tipo c, de salas y superficies. Adaptado de (www.hospitecnia.com)

2.2.4 SomData

(SomData, Visión Artificial Para Detectar Los Microorganismos Del Agua - Valencia Plaza, s.f.) Informa sobre la creación de SomData, un Proyecto basado en visión artificial para la detección de microorganismos en el agua, el proyecto que se desarrollo es:

Creado por el economista Ricardo Gasperini, el ingeniero Federico Zomeño y el físico David Pastor basado en el uso del big data y la inteligencia artificial el cual cuenta para detectar los microorganismo del agua, conocidos como protozoos los cuales tiene una doble función: comerse las bacterias y ser bio indicadores de la calidad del agua por ende deben ser supervisados y controlados, normalmente los técnicos de laboratorio toman una muestra así pueden ver que microorganismos tiene la misma para posteriormente contarlos entre más de 60 clases de protozoos existentes resulta ser una tarea demandante y laboriosa dejando cabida a los fallos, mediante el uso de redes neuronales se puede realizar este

conteo de forma más rápida sin la necesidad de intervención humana siendo el sistema mismo quien emite los informes. (párr. 1-2).

Figura 12

Sistema SomData basado en machine learning



Nota. La gráfica muestra el sistema SomData basado en Machine Learning para la detección de protozoos en el agua. Adaptado de (<https://valenciaplaza.com/som-data-escaner-deteccion-microorganismos-agua>).

CAPITULO III

3. Desarrollo Del Robot Móvil Tele Operado Empleando Luz Ultravioleta

3.1 Diseño De Los Sistemas Del Robot Móvil

En el desarrollo de este título se diseña y construye una versión más adecuada a eliminar el hongo *Aspergillus Níger* que se encuentra en altas cantidades en el suelo y la parte baja de las paredes. Inicialmente se definen las características de los componentes mecánicos utilizados, para así, proceder por medio del software CAD como SolidWorks a diseñar el chasis, posteriormente se definieron los componentes del sistema sensorial y de control del robot, para continuar con el diseño de las piezas; se diseñó un robot con dos secciones de manera que el robot tenga una disposición para colocar los componentes electrónicos en la primera sección y en la segunda sección el sensor, para continuar con el diseño de las piezas y consecutivamente ensamblar cada una de ellas obteniendo un modelo 3D, para visualizar la que será la estructura del robot móvil real; permitiendo analizar y corregir fallas antes de imprimir y cortar las piezas. Seguidamente se define el material de la estructura física, para así imprimir las piezas y finalmente realizar la construcción del robot.

3.1.1 Sistema Mecánico

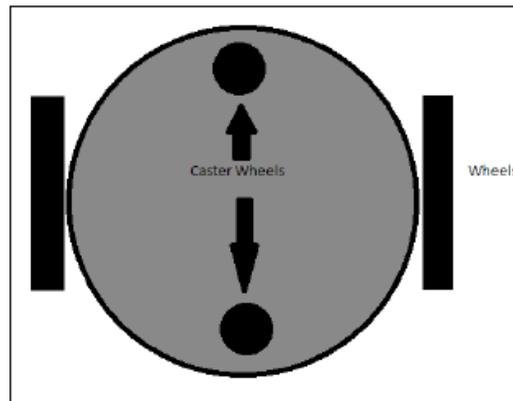
El sistema mecánico del robot está formado por los componentes que hacen posible el movimiento del robot. Para ello en este diseño lo primero que se realizó fue la definición del mecanismo del robot a implementar, para así identificar los componentes más adecuados y diseñar el chasis del robot.

Mecanismo de accionamiento: El robot se diseñó con un mecanismo de acción diferencial,

consta de dos ruedas acoplado en un eje común controlado por dos motores separados, junto con dos ruedas orientables no centradas que aseguran la estabilidad y distribución del peso.

Figura 13

Mecanismo de acción diferencial



Nota. La gráfica muestra el mecanismo de acción diferencial. Adaptado de Learning Robotics Using Python (p. 19), por Lentin Joseph, 2015, Published by Packt Publishing Ltd.

Se encuentran los siguientes componentes:

Motores: Para el diseño son requeridos dos motores DC que se seleccionaron teniendo en cuenta el torque, voltaje; se selecciona un motorreductor como se puede ver en la figura 14, ya que es un motor potente de corriente continua que funciona “a 6v, genera 150 rpm con un torque de 5 kg*cm”

Figura 14

Motorreductor

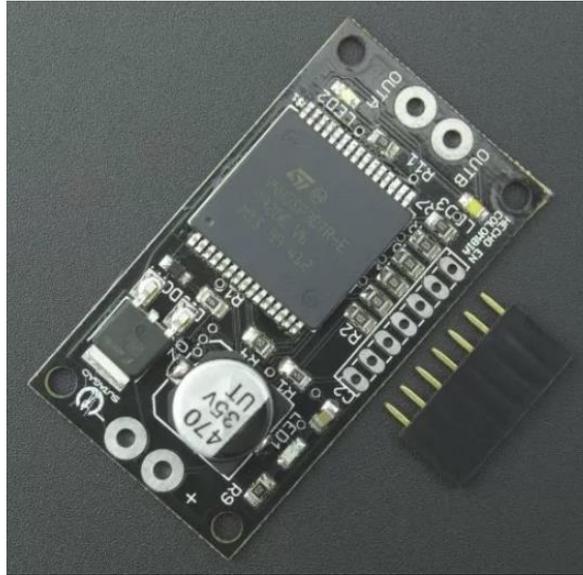


Nota. La gráfica muestra Motorreductor 6V 150RPM 5Kg.cm. Adaptado de <https://www.vistronica.com>

Puente H: Además, para permitirle a los motores girar en ambos sentidos, avanzar y retroceder, se utiliza un circuito integrado puente H como se puede ver en la figura 15.

Figura 15

Puente H



Nota. La gráfica muestra un Puente H. Adaptado de <https://www.vistronica.com>

Ruedas: Dependiendo del entorno en el que funcionará el robot se puede encontrar que hay llantas para suelo uniforme, como baldosa o frisado, y las llantas para suelos complicados, como pasto, tierra etc. (Sandoval y Pérez, 2015). (Ver figura 16).

Figura 16

Tipos de llantas



Nota. La gráfica muestra las ruedas para terreno liso y hostil. Adaptado de <https://www.polulu.com>

“Las ruedas para terreno hostil también funcionan en terreno liso” (Sandoval y Pérez, 2015), es por ello que se seleccionó una rueda como la que se puede ver en la figura 17, de 6.5 cm para Motorreductor TT, para robots que se movilicen en superficies lisas con diámetro total 6.5cm, ancho de la llanta: 2.7cm, apertura del eje: (rectangular) 0.5cm x 0.3cm.

Figura 17

Llanta 6.5cm para motorreductor TT



Nota. La gráfica muestra una rueda para terreno hostil. Adaptado de <https://www.vistronica.com>

Rueda orientable no centrada: Debido que el diseño del mecanismo del robot es diferencial, se necesitan dos ruedas no centradas (ruedas-locas) para dar soporte a la estructura, en la figura 18 se puede ver que se seleccionó una “Llanta rueda loca 2.4cm de diámetro, con soporte metálico para fijar a cualquier tipo de superficie, acta para robots que usan dos ruedas principales. La llanta tiene una apertura hexagonal. (Llanta rueda loca 2.4cm diámetro).

Figura 18

Rueda orientable no centrada

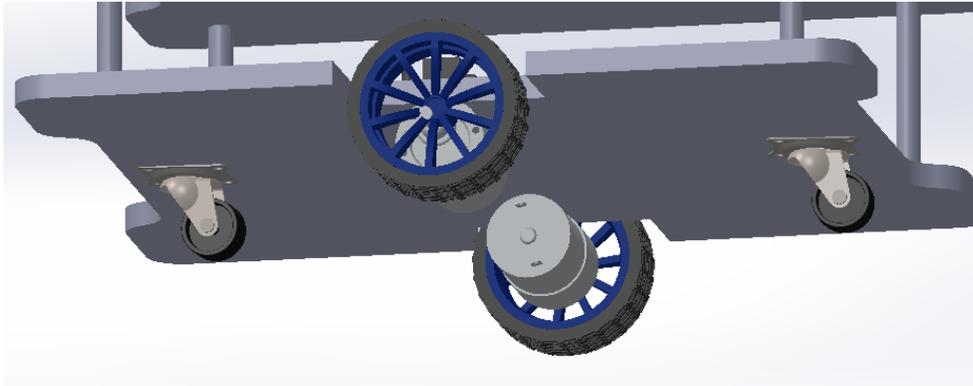


Nota. La gráfica muestra una rueda loca con soporte metálico. Adaptado de <https://www.vistronica.com>

Diseño del chasis del robot: Después de definir los motores y las ruedas del robot móvil, se diseña el chasis o cuerpo del robot, el chasis del robot debe tener una disposición para sostener las lámparas de luz U-V, debe poder soportar hasta 5 kg de carga útil, la distancia al suelo del robot debe medir 3 cm y debe ser de bajo costo.

Figura 19

Vista lateral del diseño en solidworks del chasis



Nota. La gráfica muestra la vista lateral del chasis del robot diseñada en SolidWorks. Adaptado de: Autoría propia.

3.1.2 Sistema Sensorial

El sistema sensorial del robot está formado por el componente que recibe información del entorno. Para ello se realizó una comparación de los sensores más adecuados para emitir imágenes tridimensionales, apoyada en tres características que son: nivel de alcance, costo y el beneficio del sensor como se muestra en la tabla 2.

A partir de esta comparación se seleccionó, el Kinect que es sensor de profundidad con una cámara RGB que sirve para emitir imágenes tridimensionales y que se acopla a la aplicación del robot.

Tabla 2.*Comparación de sensores*

SENSORES	NIVEL DE ALCANCE	COSTO	BENEFICIO
 <p>Kinect</p>	<p>Campo horizontal: 57° Campo vertical: 43° Libertad de inclinación: $\pm 27^\circ$ Rango del sensor de profundidad: 1,2m – 3,5m</p>	\$129.990	Cuenta con cámara RGB, sensor de profundidad y sensor 3D, que permite obtener una gran cantidad de datos.
 <p>Mynt Eye 3d</p>	<p>Rango flexible entre 0,5 y 20 metros. Precisión con un Amplio campo de visión a 140°</p>	\$1.349.900	Incluye dos sensores de profundidad para utilizar, como visión estéreo para calcular la profundidad de lo que ven. También implementan un sensor RGB para escalar los datos de color, y un proyector infrarrojo para iluminar objetos y mejorar los datos de profundidad que registra la cámara.

Nota. La tabla muestra muéstrala relación costo beneficio de la selección del sensor para el robot. Autoría propia.

Figura 20*Kinect*

Nota. La gráfica muestra el sensor de profundidad con cámara RGB. Adaptado de <https://mseudiantestech.wordpress.com>

El Kinect cuenta con las siguientes partes: (Sandoval y Pérez, 2015)

- Una cámara VGA 640×480 a color (CMOS) con un filtro de color Bayer.
- Una cámara infrarroja 640×480 (CMOS).
- Un proyector infrarrojo.
- Un pequeño motor.
- Algunos chips de control.
- 4 micrófonos.

Además, cuenta con un campo de visión con las siguientes características: (Sandoval y Pérez, 2015)

- Campo horizontal: 57°
- Campo vertical: 43°
- Libertad de inclinación: $\pm 27^\circ$
- Rango del sensor de profundidad: 1,2m – 3,5m
- El Kinect tiene un peso aproximado de 380 gr, funciona con una alimentación de 12 VDC, consumo nominal de 1.13 Ah y la transmisión de datos se efectúa mediante USB 2.0.

3.1.3 Sistema De Control

El sistema de control del robot está compuesto por dos sistemas embebidos que indican a cada parte del robot cómo y cuándo funcionar.

En la tabla 3 se presenta el análisis después de comparar varios sistemas embebidos basándonos principalmente en sus características, su costo y su beneficio que más se adecuan a los requerimientos del robot.

Tabla 3.

Características de los sistemas embebidos

CONTROLADORES	CARACTERÍSTICA	COSTO	BENEFICIO
<p>Arduino Mega</p> 	<p>Microcontrolador mínimo con 14 pines digitales I / O, 2 pines digitales salida pwm, comunicación serial</p>	\$60.306	<p>Familiarización con su manejo. Funciona con un software libre, además cuenta con distintas librerías que se acoplan a los requerimientos del Proyecto Ejecuta solo código C</p>
<p>Raspberry pi</p> 	<p>Ordenador de placa reducida puede realizar tareas considerablemente más complejas o ejecutar varias aplicaciones de forma paralela o consecutiva. Este miniordenador cuenta con varias interfaces y puertos (HDMI, WiFi, LAN) que se pueden integrar en las placas de Arduino.</p>	\$339.000	<p>La programación es básica, ya sea para usar los componentes de la propia Raspberry o los componentes externos que le conectemos. Funciona como un sistema independiente</p>

Nota. La tabla muéstrala relación costo beneficio de la selección de los sistemas embebidos para el sistema de control del robot. Autoría propia.

A continuación, se describe con más precisión la función de cada sistema en la aplicación del robot:

Arduino mega: La tarjeta de desarrollo Arduino mega es quien recibe las órdenes del PC, que en este caso quien cumple la función de un computador es el sistema embebido raspberry pi 4, entonces el Arduino es el medio por el que se operan los motorreductores que dan movimiento al robot, también lo hace con el servomotor de la lámpara posterior y acciona las lámparas UV.

En la figura 21, se puede observar el Arduino Mega 2560 “es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines de entrada / salida digital (de los cuales 15 se pueden

usar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador” (Arduino Mega 2560 Rev3 | Arduino Official Store, s.f.)

Figura 21

Arduino mega 2560

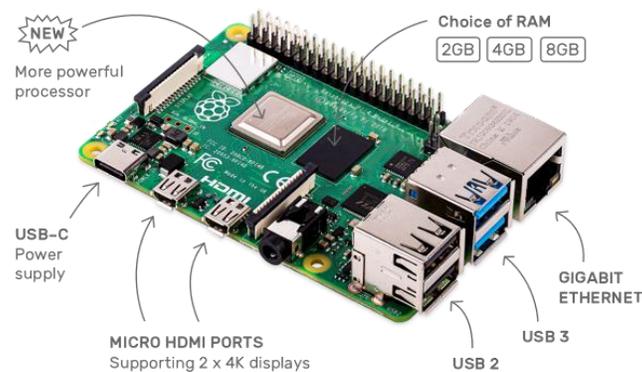


Nota. La gráfica muestra un Arduino mega 2560 Adaptado de (<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>)

Raspberry pi 4: Es un ordenador, que cumple la función o el papel de ser un "servidor", por una parte, permite que sea utilizada de forma remota con el protocolo VNC por otra computadora ya que la Raspberry cuenta con conexión a internet de forma inalámbrica, en esta viene instalado el software ROS Kinect el cual es el sistema con el que opera realmente todo el robot.

Figura 22

Raspberry pi 4



Nota. La figura muestra un micro ordenador Raspberry Pi 4. Adaptado de (<https://www.raspberrypi.org/>)

3.1.4 Otros Componentes

Lámpara germicida UV de esterilización: La lámpara de luz UV con una longitud de onda de 253nm proporciona una inactivación rápida y eficiente del hongo *Aspergillus Níger*, la lámpara que se implementó en el robot tiene una potencia de 8w, 9000 horas de duración, medida 310mm x 16mm y emite radiación de onda corta con un pico de 253.7 nanómetros (UV-C) para acción germicida.

Figura 23

Lámpara germicida UV de esterilización 8w



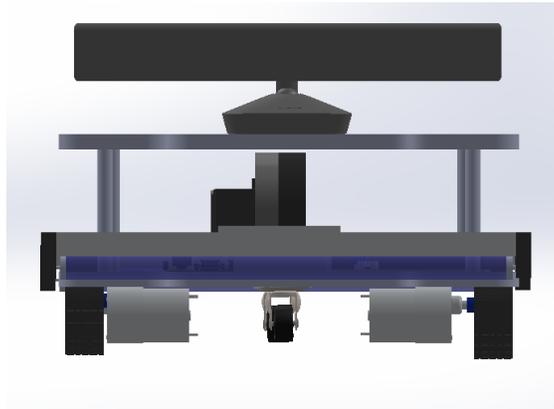
Nota. La figura muestra una lámpara germicida UV de 8w. Adaptado de (<https://articulo.mercadolibre.com.co>)

3.1.5 Diseño De La Estructura Completa Del Robot Móvil

El robot móvil se diseña en SolidWorks que es una herramienta de diseño CAD (Sistemas asistidos por computadora) con una arquitectura de dos secciones de manera que tenga una disposición para colocar componentes electrónicos y mecánicos en la primera sección y en la segunda sección el sensor. El resultado final se puede ver en las figuras 24, 25 y 26.

Figura 24

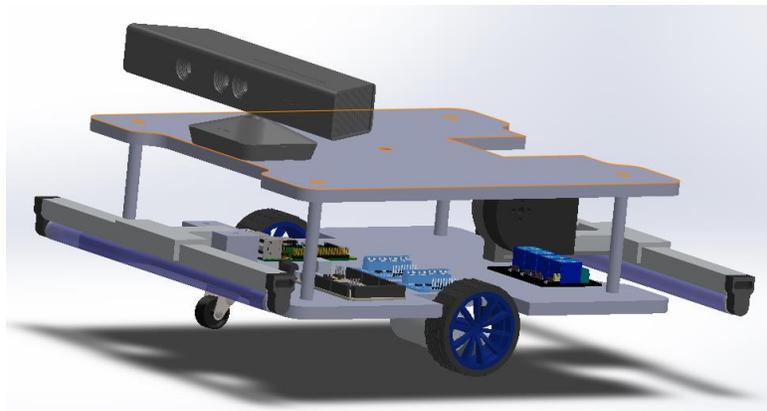
Vista frontal del robot en 3D



Nota. La gráfica muestra la vista frontal del robot en 3D. Autoría propia.

Figura 25

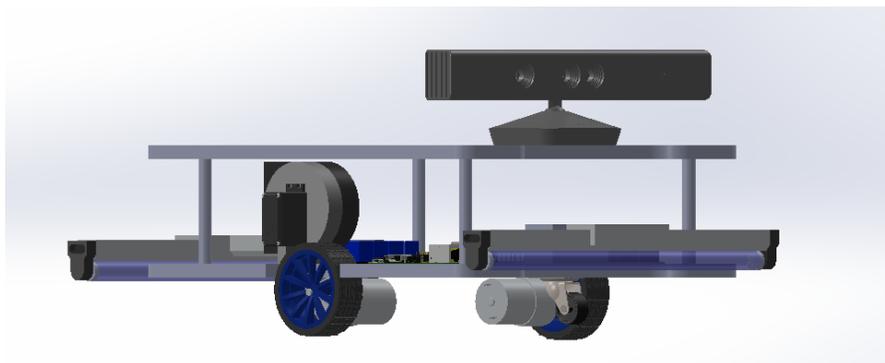
Vista lateral izquierda del robot en 3D



Nota. La gráfica muestra la vista lateral izquierda del robot en 3D. Autoría propia

Figura 26

Vista lateral derecha del robot en 3D



Nota. La gráfica muestra la vista lateral derecha del robot en 3D. Autoría propia.

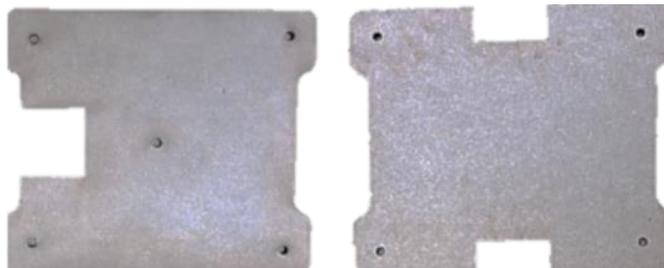
3.1.6 Construcción Del Robot

El ideal es realizar un robot económico que elimine el hongo *Aspergillus Níger* por medio de luz UV, para ello se seleccionó como material de la primera y segunda sección el MDF (fibras de densidad media) por su precio y resistencia necesaria para que el robot móvil se desempeñe adecuadamente, estas piezas se cortaron a laser y los soportes se imprimieron en PLA (ácido poliláctico) por su la resistencia a la tracción.

La primera sección y la segunda sección van atornilladas como medio de sujeción por medio de una varilla roscada, además de utilizar tornillos y tuercas para fijar algunos componentes y así continuar con las respectivas conexiones de los mismos.

Figura 27

Piezas de la primera y segunda capa en MDF



Nota. La gráfica muestra las dos piezas en MDF para la primera y segunda sección del robot. Autoría propia.

Figura 28

Soportes impresos en PLA

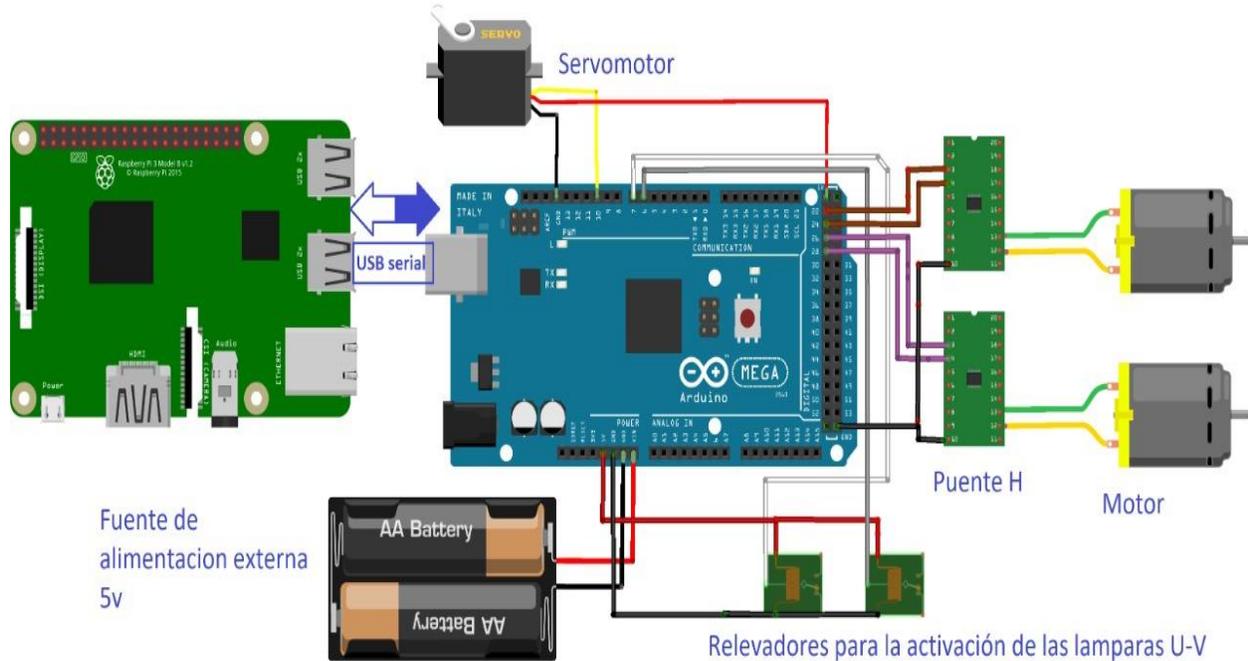


Nota. La gráfica muestra los soportes impresos en PLA (ácido poliláctico). Autoría propia.

Conexiones: Las conexiones de cada componente para su respectivo funcionamiento se aprecian en la figura 29 con su respectivo pin de programación y alimentación, también se observa la conexión de los sistemas embebidos por el puerto USB serial.

Figura 29

Diagrama de conexiones



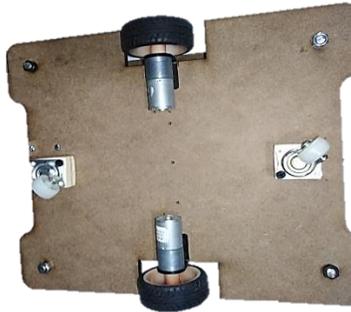
Nota. La gráfica muestra el diagrama de conexiones que conforman el sistema electrónico del robot móvil. Autoría propia.

El Arduino y la Raspberry Pi 4 se alimentan con una fuente de 5v, mientras que las lámparas de luz UV se alimentan directamente con corriente alterna junto con el Kinect que a su vez contiene un adaptador que le permite ser conectado por USB.

Ensamblaje de las piezas: El primer paso es realizar el acople de los componentes mecánicos y electrónicos en la primera sección con sus respectivos soportes, el segundo paso es unir esta primera sección con la segunda sección por medio de una varilla roscada y por último colocar el Kinect con su respectivo soporte.

Figura 30

Ensamblaje del chasis del robot móvil



Nota. La gráfica muestra el ensamblaje de los componentes que conforman el chasis del robot móvil. Autoría propia.

Figura 31

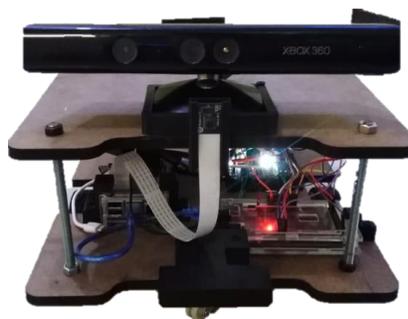
Ensamblaje de las secciones del robot móvil



Nota. La gráfica muestra el ensamblaje de la primera y segunda sección que conforma el robot. Autoría propia.

Figura 32

Ensamblaje final del robot móvil



Nota. La gráfica muestra el robot completamente ensamblado y listo para la aplicación de pruebas. Autoría propia.

3.1.7 Selección del software

En la tabla 4 se presentan las características fundamentales del software que se seleccionó tanto para el sistema de visión artificial como para el sistema de tele operación.

Tabla 4.

Características de selección de software

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
 <p>OpenCV</p>	<p>Procesamiento multi-core. Eficiencia computacional. Requiere de software adicional para su programación.</p>	<p>Enfocado en aplicaciones de visión artificial</p>
 <p>ROS</p>	<p>Comunicación directa entre software y hardware</p> <p>Integración directa de la biblioteca OpenCV. Diseñado específicamente para robótica.</p>	<p>Es aplicado en todas las áreas, desde investigación y desarrollo hasta para diversión y educación.</p>

Nota. La tabla muestra las características y aplicación del software que se seleccionó.

Autoría propia.

3.2 Visión Artificial

En este apartado se describe el procedimiento que ejecuta el sistema de visión artificial para ser aplicado cuando el robot esta estático, para que la programación no detecte errores cuando se está analizando el campo visual, y si detecta cualquier objeto en movimiento lanza una alerta al usuario, en donde este toma la decisión de encender o no las lámparas UV, dependiendo de su criterio.

3.2.1 Sistema De Visión Artificial

Para la detección de seres vivos, se ejecuta un programa de detección de movimientos por medio de una herramienta de openCV para funciones de análisis de formas, conocida como “cv2.findContours” que se encarga de unir puntos continuamente a lo largo de un límite o borde creando así un “contorno”, el problema con estos puntos es que pueden ser demasiados en dependencia del tamaño de la imagen por lo cual se implementa dentro de cv2.findContours el complemento cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE que se encarga de reducir estos puntos en más de un 99% según (*Contours : Getting Started — OpenCV-Python Tutorials 1 documentation, s.f.*) luego la función cv2.contourArea(c) calcula internamente (ya que no arroja ningún valor del área encontrada) el área de un contorno cerrado por medio de la formula o teorema de Green en base a los puntos encontrados en el mismo, en este caso se impone una condición en la cual si el área (que es constante si un objeto se encuentra de forma estática) sobrepasa un valor dado de forma aleatoria esta se reconoce como un área en “movimiento”.

Cabe destacar que este programa no solo reconoce o detecta seres vivos por medio de movimiento también lo hace con cualquier objeto que supere el valor de área establecido en este, se hace de esta forma ya que no solamente los seres vivos en movimiento pueden afectar la tarea de desinfección o eliminación del robot sino que cualquier objeto que no se encuentre estático puede hacerlo siendo también este un protocolo de seguridad para la conservar la integridad de un objeto, ser vivo o del mismo robot, este último debe permanecer completamente estático cuando el programa de detección se ejecute, esto para el correcto funcionamiento del mismo.

Código del sistema de visión artificial:

```
for c in cnts:
```

```
    area = cv2.contourArea(c)
```

```
    if area > 4000:
```

```
cv2.putText(frame,"Detectado Movimiento", (30,30), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1,
```

(0,0,255))

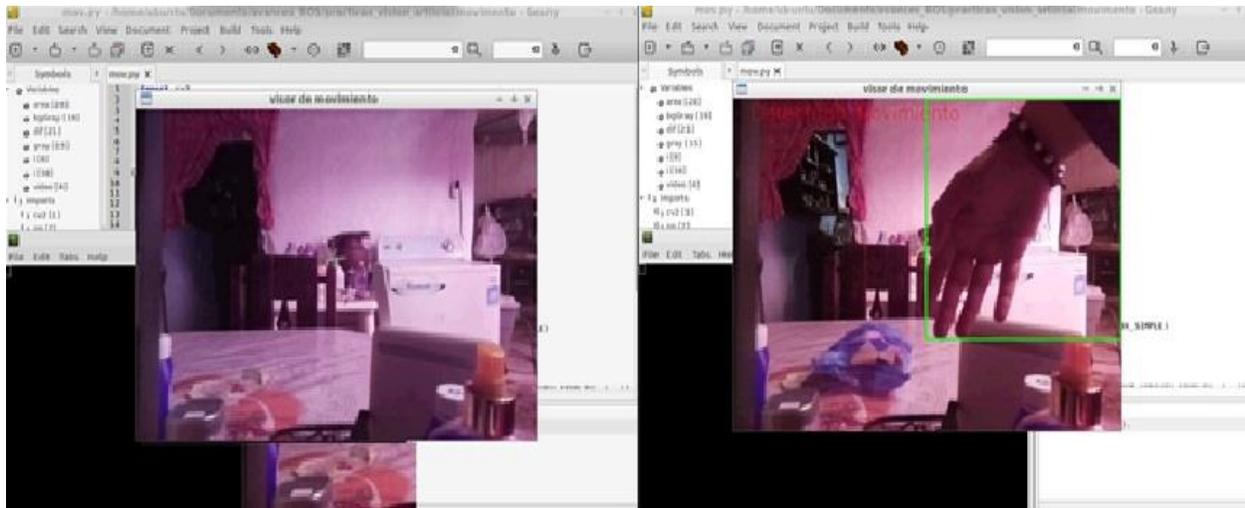
```
x,y,w,h = cv2.boundingRect(c)
```

```
cv2.rectangle(frame, (x,y), (x+w,y+h),(0,255,0),2)
```

```
cv2.imshow('visor de movimiento',frame)
```

Figura 33

Sistema de visión artificial



Nota. La gráfica muestra la prueba de ejecución del programa de detección de movimiento por medio de OpenCV. *Autoría propia.*

3.3 Tele Operación Y Mapeo

En este apartado se describe el procedimiento usado para programar la tele operación por medio del software ROS. La tele operación está compuesta de dos partes; la primera, es el protocolo de comunicación de pantalla para tele operar los motores; y la segunda, es la operación de los motores por parte del servidor, que en este caso es la raspberry pi 4; por último, se realiza el proceso de mapeo por medio del programa Rviz que permite visualizar el entorno en 3D a medida que el robot se desplaza por este.

3.3.1 Tele Operación

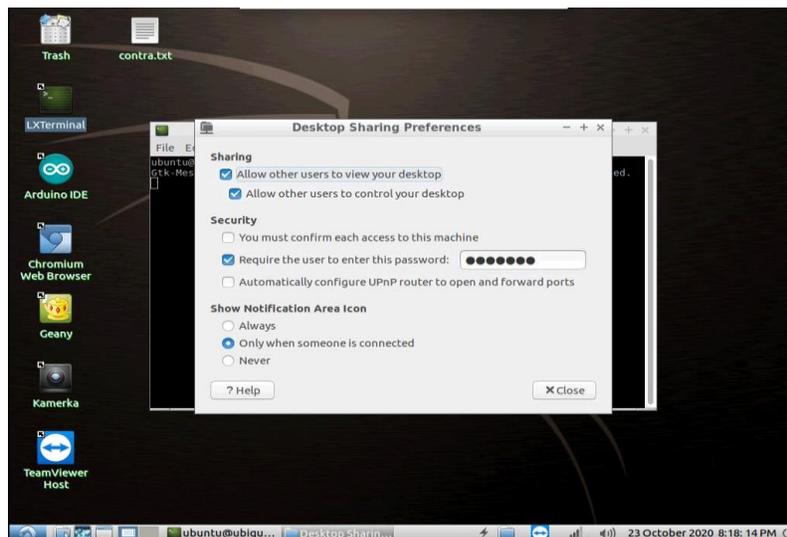
El desarrollo de la tele operación se divide en dos partes:

Primera parte: *Protocolo de comunicación de pantalla remota para tele operar los motores o el robot.*

Se inició configurando en el servidor, en este caso la raspberry pi 4 (instalada en el robot) los parámetros de preferencia de control de pantalla y de seguridad para acceder a la misma utilizando vino-preferences desde el terminal del sistema operativo como se presenta en la figura 34.

Figura 34

Configuración del servidor para la operación remota.



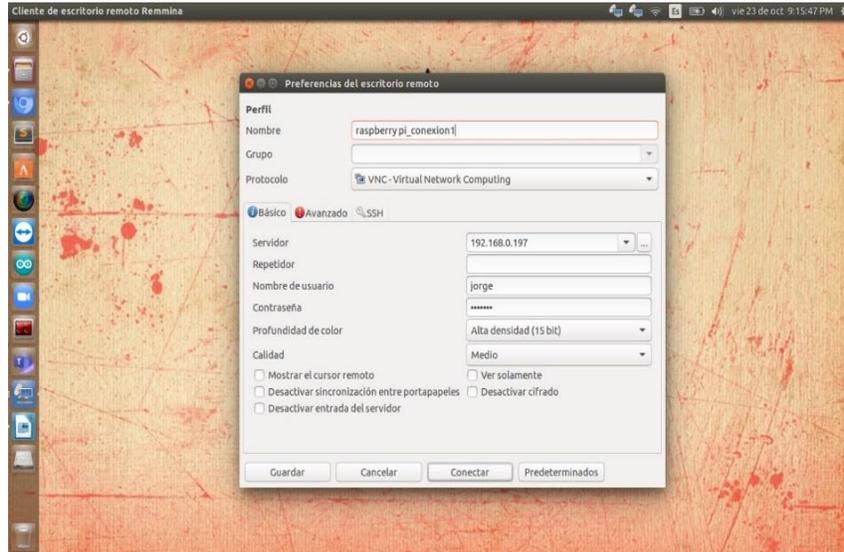
Nota. La gráfica muestra la configuración del servidor para el control remoto del robot móvil. *Autoría propia.*

por medio de la herramienta de escritorio Remoto de Remmina instalada en un computador portátil con un sistema operativo basado en Linux (en este caso Ubuntu 16.0.4) que se desempeña como cliente, se realizan las configuraciones que permiten que el servidor en este caso la Raspberry Pi (con sistema operativo Lubuntu 16.04 de ubiquity robotics) sea controlada remotamente

mediante la implementación del protocolo VNC (Virtual Network Computing), ya que permiten que dos equipos sean compatibles remotamente, ingresando el valor de la IP que emita el servidor con la conexión a Internet del mismo (Inalámbrica o cableada).

Figura 35

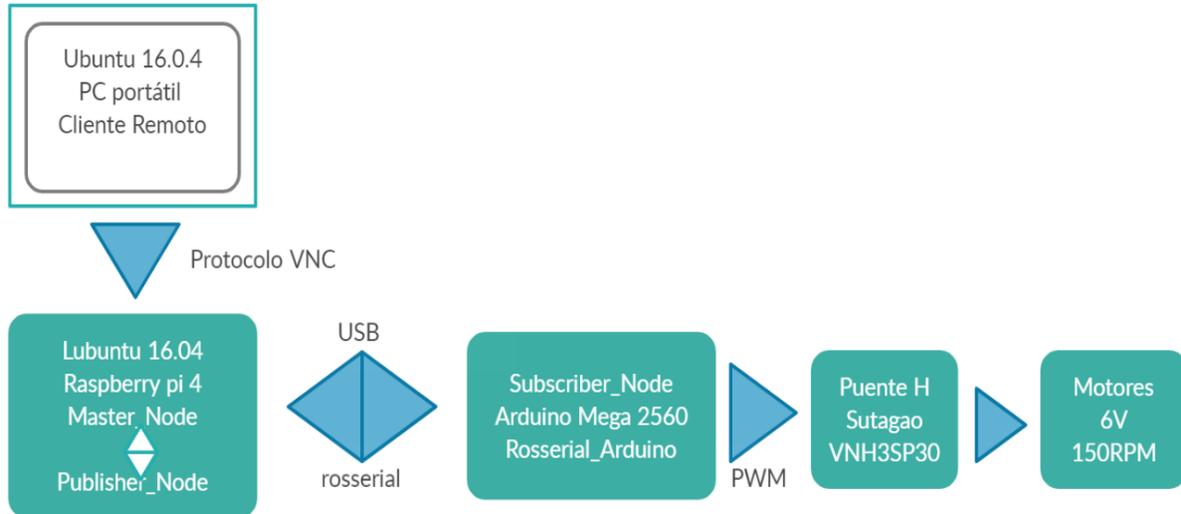
Configuración de los parámetros de control del escritorio remoto.



Nota. La gráfica muestra la configuración de los parámetros de control de escritorio remoto del servidor, desde el cliente. *Autoría propia.*

Segunda parte: *Operación de los motores por parte del servidor (raspberrypi 4).*

Se empieza por establecer una comunicación de arduino y ROS por medio del soporte `rosserial_arduino` que contiene extensiones específicas para Arduino ejecutando mensajes y servicios con ROS, este soporte es en parte un librería acoplable a arduino (previamente configurada), esto ligado al `rosserial` que es un protocolo para enviar datos a través de una interfaz en serie, en este caso USB, en una implementación `rosserial` cliente-servidor en la cual el `rosserial-server` es la raspberrypi 4 que ejecuta ROS en su sistema operativo y el `rosserial-client` corresponde al arduino que transmite las ordenes en nodos, emitidas desde ROS como `nodo-maestro` (`Master_node`), al micro controlador como `nodo-suscriptor` (`subscriber_node`) y desde este último al puente encargado de la velocidad y sentido de giro de los motores y por correspondiente al robot mismo.

Figura 36*Esquema de funcionamiento del sistema de tele operación*

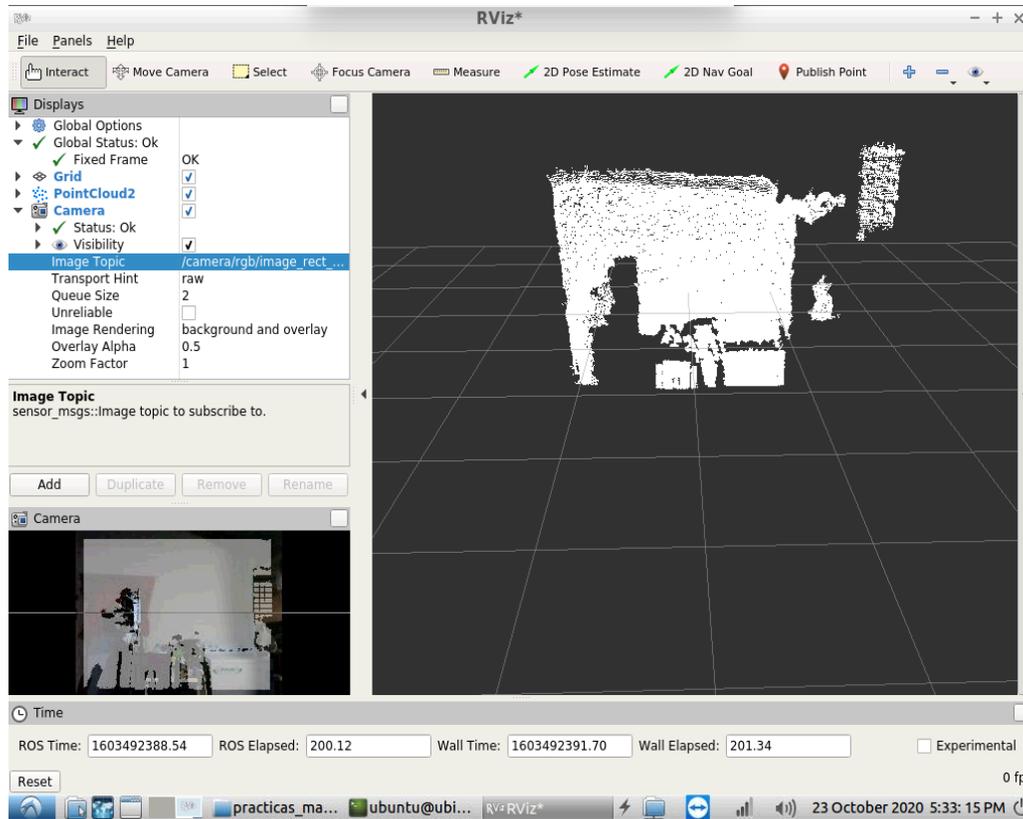
Nota. La gráfica muestra el esquema de funcionamiento del sistema de tele operación.

Autoría propia.

3.3.2 Mapeo

Mediante el uso del sensor Kinect, Por medio del programa Rviz se logra la visualización de un entorno en 3D utilizando la herramienta “freenect” de Rviz que activa el escáner láser del Kinect que genera una nube de puntos, la cual se compone por una gran cantidad de puntos posicionados de forma tridimensional en el espacio representando así una superficie externa. El mapeo se realiza moviendo o trasladando por el entorno, el robot con el sensor instalado en el mismo, el mapa generado puede evidenciar la labor de eliminación del robot en dicho entorno mostrando los espacios intervenidos por este.

Figura 37

Programa RViz.

Nota. La gráfica muestra la prueba de funcionamiento del Programa en RViz para la captura y visualización de nubes de puntos del kinect. Autoría propia.

CAPITULO IV

4. Pruebas Y Resultados

Dentro de las pruebas realizadas en este capítulo, también se encuentran los resultados de la construcción, la implementación del sistema de visión artificial y tele operación del robot móvil, debido a que, durante este proceso se realizan las correcciones y ajustes pertinentes para obtener finalmente los resultados definitivos.

4.1 Pruebas Y Resultados Del Funcionamiento Del Robot Móvil

Una vez realizado el ensamblaje, se realizaron las pruebas del mismo para ello se tienen en cuenta las conexiones y la estabilidad del robot al colocarlo en movimiento en el suelo con las lámparas de luz ultravioleta. Se observó que principalmente el agregar otra rueda orientable no centrada le da más estabilidad y más movilidad por lo que no hubo problemas de diseño. Es importante tener presente que el robot realiza los movimientos con pausas entre secciones, dichas pausas deben ser en intervalos entre 20 y 30 segundos.

Figura 38

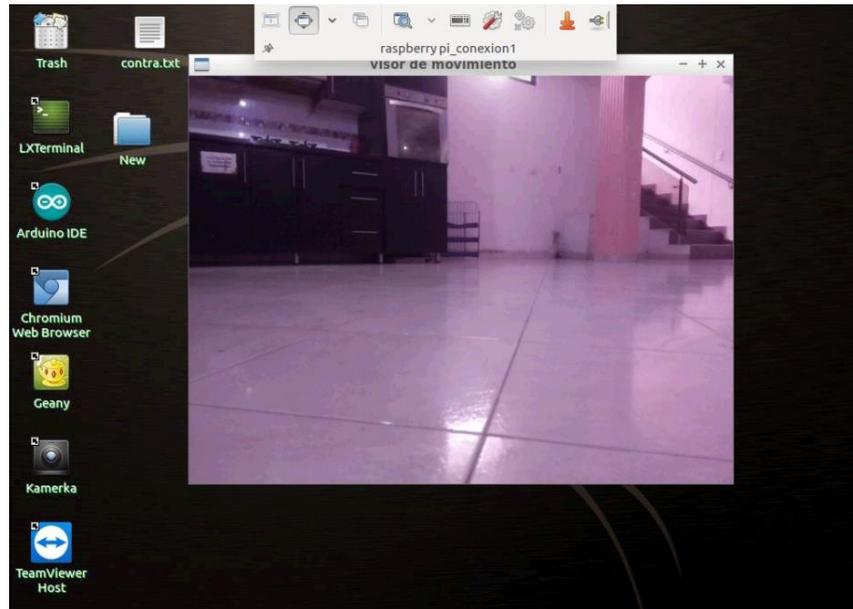
Robot móvil en funcionamiento con las lámparas UV



Nota. La gráfica muestra el robot móvil en funcionamiento con las lámparas UV Autoría propia.

Figura 40

Ventana donde se muestra el entorno captado por el robot



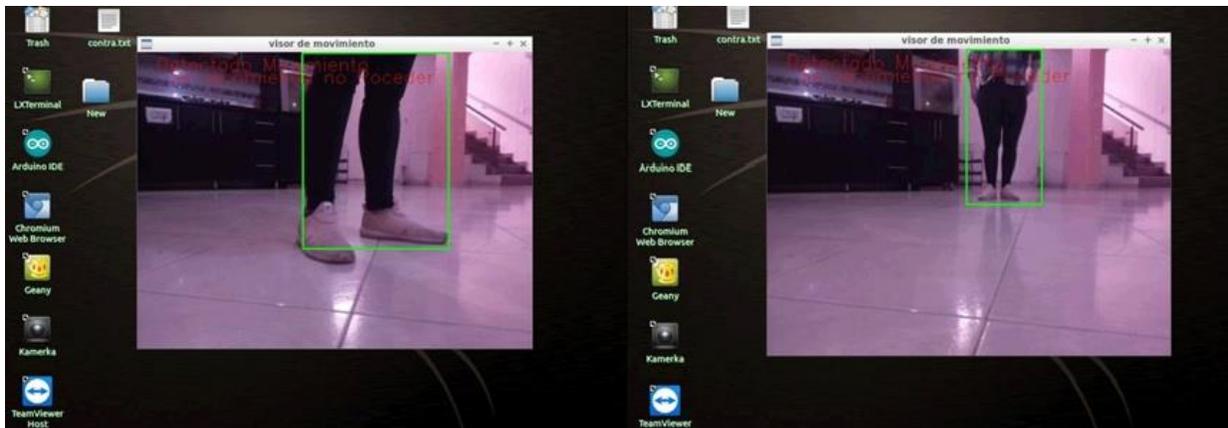
Nota. La gráfica muestra la ventana donde se aprecia el entorno captado por el robot.

Autoría propia.

Con base a la exactitud que se tenga al detectar movimientos, se procede a ajustar a modo de prueba y error el parámetro que indica el área mínima de detección como la distancia (respecto a la cámara) con la cual se detecta algún movimiento, esto con el fin de calibrar la programación a lo requerido por el robot.

Figura 41

Movimientos captados por el robot



Nota. La gráfica muestra movimientos captados por el robot. *Autoría propia.*

4.3 Pruebas Y Resultados Del Sistema De Teleoperación Y Mapeo

4.3.1 Pruebas Y Resultados De La Teleoperación

Se empieza cargando al Arduino Mega 2560, el código correspondiente a la tele operación por teclado de los motores quienes se operan por medio de una conexión a puente-h cada uno.

Figura 42

Compilación de la programación en arduino



```
Arduino IDE - motores2 | Arduino 2:1.0.5+dfsg2-4
File Edit Sketch Tools Help
[Icons]
motores2
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ros.h>
#include <geometry_msgs/Twist.h>
#include <std_msgs/Empty.h>

#define ENA 2
#define ENB 3

#define ENAa 5
#define ENBb 4

#define IN1 24
#define IN2 22

#define IN3 26
#define IN4 28

#define test 13

// SoftwareSerial: RX (2, 3), TX (4, 5)
Compiling sketch...
1 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on /dev/ttyUSB0
```

Nota. La gráfica muestra la compilación de la programación para la tele operación realizada en arduino *Autoría propia.*

En dependencia del desempeño de los movimientos del robot en el terreno del entorno, se procede a ajustar los valores correspondientes al PWM enviados a cada puente-h.

Figura 43

Prueba de movimientos del robot para ajustes cada puente h



Nota. La grafica muestra las pruebas realizadas al robot moviéndose para calibrar los datos de cada puente H. *Autoría Propia.*

En el terminal del sistema operativo se inicializa el nodo que conecta ROS con el código ya cargado en el Arduino con el comando: `roslaunch rosserial_python serial_node.py /dev/ttyUSB0`, con esto se evidencia la conexión serie por medio de cable USB entre ambas partes.

Figura 44

Ventana de inicialización del programa en ROS

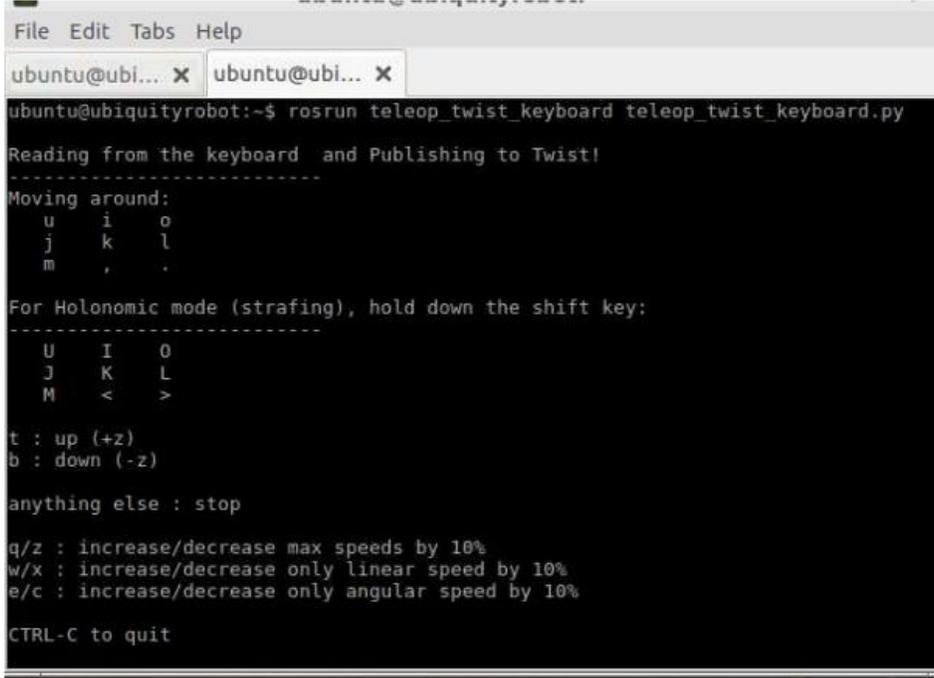
```
ubuntu@ubiquityrobot: ~  
File Edit Tabs Help  
ubuntu@ubiquityrobot:~$ roslaunch rosserial_python serial_node.py /dev/ttyUSB0  
[INFO] [1455208511.459711]: ROS Serial Python Node  
[INFO] [1455208511.473967]: Connecting to /dev/ttyUSB0 at 57600 baud  
[INFO] [1455208513.672728]: Note: subscribe buffer size is 512 bytes  
[INFO] [1455208513.674984]: Setup subscriber on cmd_vel [geometry_msgs/Twist]
```

Nota. La gráfica muestra la ventana de inicialización del programa en ROS. *Autoría propia.*

En otra pestaña del mismo terminal se ingresa el comando: `roslaunch teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard.py` que permite la tele operación por teclado de los motores o en su defecto del robot mismo.

Figura 45

Ventana de inicialización de la tele operación en ROS



```
File Edit Tabs Help
ubuntu@ubi... X ubuntu@ubi... X
ubuntu@ubiquityrobot:~$ roslaunch teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard.py
Reading from the keyboard and Publishing to Twist!
-----
Moving around:
  u   i   o
  j   k   l
  m   ,   .

For Holonomic mode (strafing), hold down the shift key:
-----
  U   I   O
  J   K   L
  M   <  >

t : up (+z)
b : down (-z)

anything else : stop

q/z : increase/decrease max speeds by 10%
w/x : increase/decrease only linear speed by 10%
e/c : increase/decrease only angular speed by 10%

CTRL-C to quit
```

Nota. La gráfica muestra la ventana de inicialización de la teleoperación en ROS. *Autoría propia.*

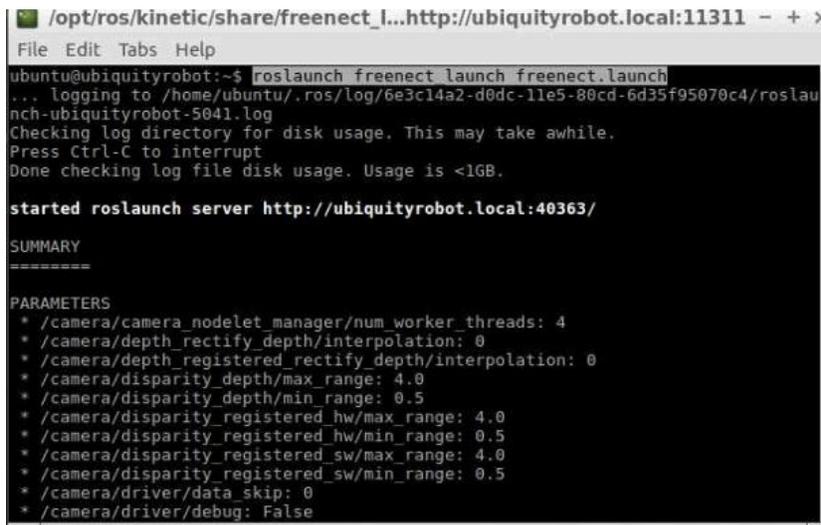
Más exactamente las únicas teclas utilizadas para esta labor y su función son: I=adelante, J=izquierda, L= Derecha, coma (,) = atrás y K= Detener movimiento.

4.3.2 Pruebas Y Resultados Del Mapeo

En el terminal del sistema, posterior a conectar el Kinect a la raspberry pi, se ingresa el comando: `roslaunch freenect_launch freenect_launch`, lo que en resumidas palabras activa el sensor laser tridimensional del Kinect.

Figura 46

Activación del sensor



```
/opt/ros/kinetic/share/freenect_l...http://ubiquityrobot.local:11311 - + x
File Edit Tabs Help
ubuntu@ubiquityrobot:~$ roslaunch freenect launch freenect.launch
... logging to /home/ubuntu/.ros/log/6e3c14a2-d0dc-11e5-80cd-6d35f95070c4/roslau
nch-ubiquityrobot-5041.log
Checking log directory for disk usage. This may take awhile.
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is <1GB.

started roslaunch server http://ubiquityrobot.local:40363/

SUMMARY
-----
PARAMETERS
* /camera/camera_nodelet_manager/num_worker_threads: 4
* /camera/depth_rectify_depth/interpolation: 0
* /camera/depth_registered_rectify_depth/interpolation: 0
* /camera/disparity_depth/max_range: 4.0
* /camera/disparity_depth/min_range: 0.5
* /camera/disparity_registered_hw/max_range: 4.0
* /camera/disparity_registered_hw/min_range: 0.5
* /camera/disparity_registered_sw/max_range: 4.0
* /camera/disparity_registered_sw/min_range: 0.5
* /camera/driver/data_skip: 0
* /camera/driver/debug: False
```

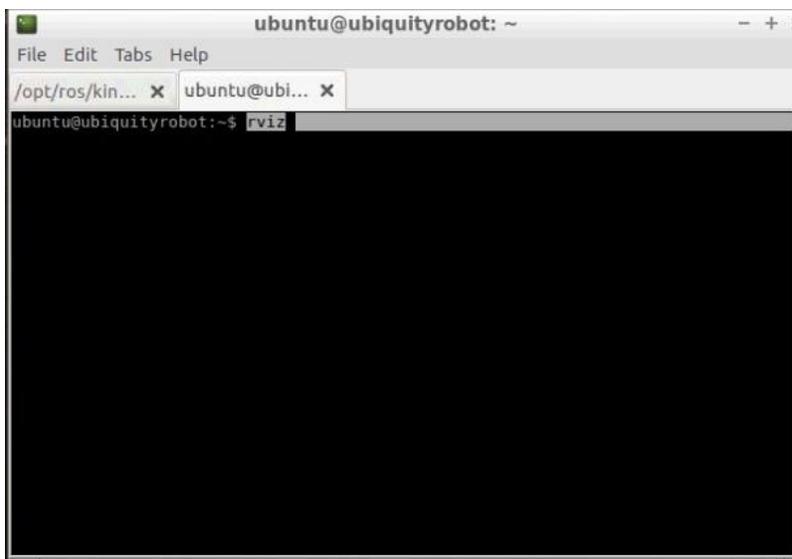
Nota. La gráfica muestra la ventana donde se ingresa el comando para activar el sensor.

Autoría propia.

En otra pestaña del terminal se ingresa el comando: `rviz`, permite que la acción del láser del Kinect pueda ser visualizada en una interfaz gráfica de fácil funcionamiento.

Figura 47

Ingreso a Rviz para visualizar el entorno en 3D



```
ubuntu@ubiquityrobot: ~
File Edit Tabs Help
/opt/ros/kin... x ubuntu@ubi... x
ubuntu@ubiquityrobot:~$ rviz
```

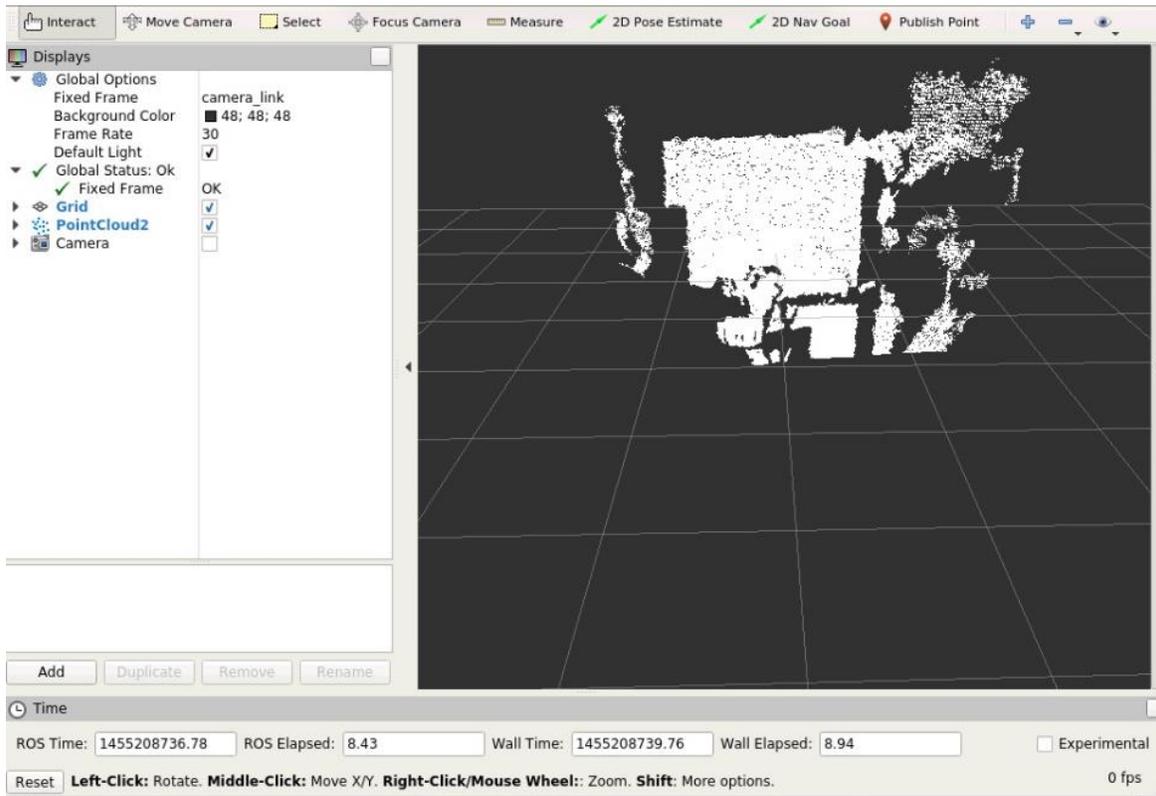
Nota. La gráfica muestra la ventana donde ingreso a rviz para visualizar el entorno en 3D.

Autoría propia.

Por cuestiones de procesamiento, la visualización tridimensional en esta etapa se hace sin color, pero se puede evidenciar lo que se muestra en este programa acompañando la tarea con la cámara del robot.

Figura 48

Interfaz gráfica de Rviz.



Nota. La gráfica muestra la interfaz gráfica de Rviz. *Autoría propia.*

La tarea o proceso del mapeo tridimensional del entorno conlleva un tiempo considerable por lo que se emplea en una etapa diferente en la que el robot se traslade por el entorno para la eliminación del hongo en cuestión, este procedimiento se utiliza para analizar el entorno posteriormente en busca de mejores resultados en futuras tareas de desinfección.

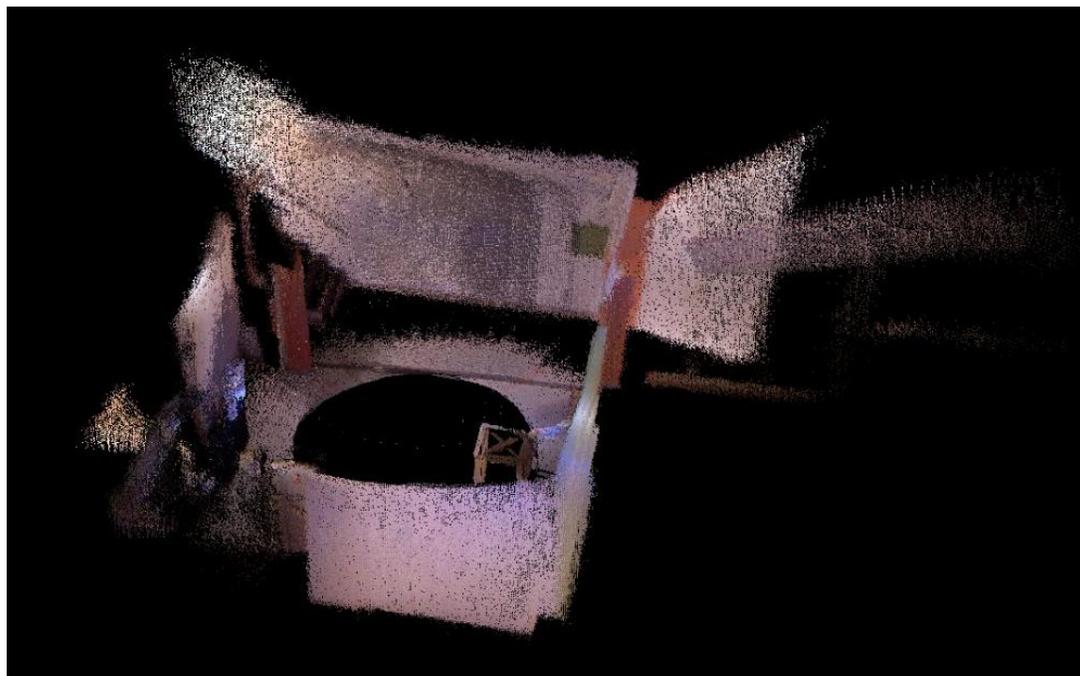
Figura 49 (A-B-C)

Mapeo tridimensional realizado por el robot

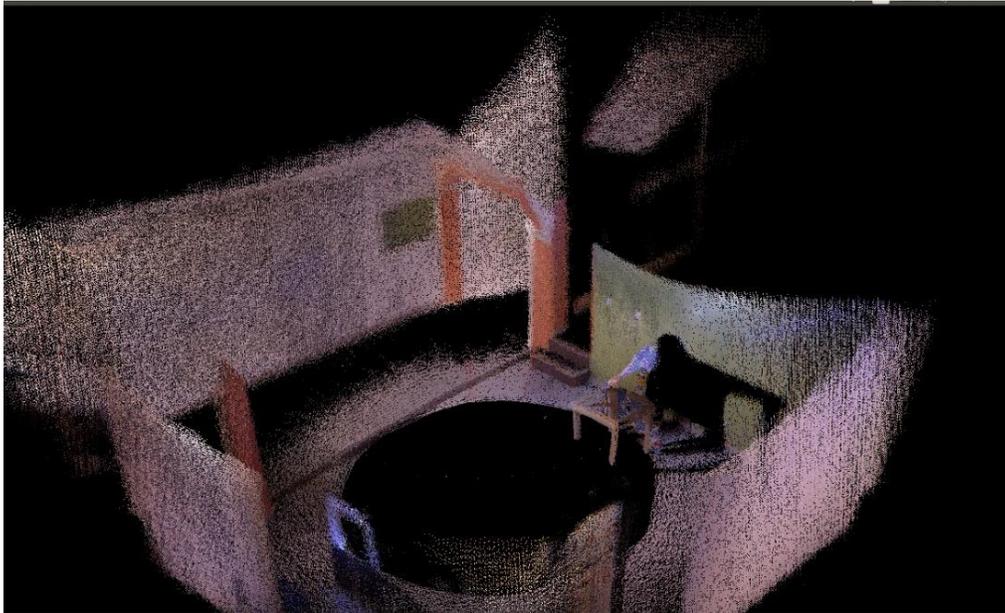
A



B



C



Nota. La gráfica muestra el mapeo tridimensional realizado por el robot. *Autoría propia.*

Conclusiones

- El diseño del prototipo está basado en un diseño típico de robot diferencial que cuenta con un único par de ruedas y dos ruedas que dan soporte y estabilidad a la estructura, diseño el cual fue sujeto a múltiples modificaciones en el software CAD, para así poder ajustarlo a los materiales y componentes empleados para las múltiples tareas a ejecutar.
- El contar con un sistema de visión artificial que detecte seres vivos mediante movimiento, demostró ser un estándar de seguridad ideal en este prototipo, abarcando más conceptos que no se pueden desestimar al momento de utilizar un robot móvil, que mediante luz ultravioleta realiza tareas de desinfección, conceptos como objetos en movimiento que pueden seguramente ser un obstáculo o comprometer la integridad del robot.
- El protocolo utilizado para la tele operación inalámbrica del robot permite establecer una conexión de forma local, esto garantiza una mayor velocidad en la respuesta a los comandos dados remotamente además de que se puede dar una mejor supervisión a las acciones del robot en tiempo real.
- La dificultad de crear sepas del hongo *Aspergillus Níger* para su respectivo estudio con las lámparas de luz ultravioleta, se debe en parte a que para crearlas se debe tener un mínimo de conocimiento en el área de la bacteriología para la manipulación de estos microorganismos, ya que para las respectivas pruebas se deben crear cultivos de forma artificial y en cantidades suficientes, cantidades y cultivos que solo se consiguen en laboratorios certificados con los cuales no se pudieron contar debido al cierre de algunos y a la exclusiva demanda de otros en tiempo de la pandemia actual. Pese a esto, se pudo demostrar teóricamente que, de acuerdo a los parámetros técnicos que tienen las lámparas de luz ultravioleta empleadas se logra efectivamente la eliminación del hongo en cuestión.

Trabajos Futuros

- Instalar otra cámara en el entorno que permita monitorear mejor los movimientos del robot en el entorno y así evadir mejor los obstáculos.
- Añadir un mecanismo retráctil para que el cableado no obstruya las labores del robot.
- Crear una interfaz gráfica que le facilite al usuario controlar el robot.
- Crear una red de comunicación de área de global que permita controlar el robot desde otro lugar sin importar la distancia.
- Diseñar la carcasa del robot.
- Añadir baterías y un conversor de voltaje para solucionar el problema del cableado mientras el robot esta en funcionamiento.

Referencias

- Abd Rahman Tamuri, Muhamad Assyafiq Sahar, Noor Sarah Akmal Abu Bakar, Mohd Nizam Lani, Moses Elisha Kundel and Yaacob Mat Daud. (2014). Ultraviolet (UV) Light Spectrum of fluorescent lamps. ResearchGate, 10.13140/2.1.3114.6886.
- Araújo, A., Portugal, D., Couceiro, M. S., Sales, J., y Rocha, R. P. (2014). Desarrollo de un robot móvil compacto integrado en el middleware ROS. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 11, 315–326.
<https://doi.org/10.1016/j.riai.2014.02.009>
- Arduino Mega 2560 Rev3 | Arduino Official Store*. (s.f.). Recuperado Septiembre 11, 2020, de <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Aspergillus niger: características, morfología y patologías - Lifeder*. (s.f.). Recuperado Septiembre 9, 2020, de <https://www.lifeder.com/aspergillus-niger/>
- Aspergillus niger - EcuRed*. (s.f.). Recuperado Septiembre 9, 2020, de https://www.ecured.cu/Aspergillus_niger
- Aspergilosis - Síntomas y causas - Mayo Clinic*. (s.f.). Recuperado Septiembre 9, 2020, de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/aspergillosis/symptoms-causes/syc-20369619>
- Bambino, I. (2008). Aadeca. *Una Introducción a los Robots Móviles*.
http://www.aadeca.org/pdf/CP_monografias/monografia_robot_movil.pdf.
- Bhullar, M. S., Patras, A., Kilonzo-Nthenge, A., Pokharel, B., y Sasges, M. (2019). Ultraviolet inactivation of bacteria and model viruses in coconut water using a collimated beam

system. *Food Science and Technology International*, 25(7), 562–572.

<https://doi.org/10.1177/1082013219843395>

Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., y Robinson, R. K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - A critical review. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 80, Issue 6, pp. 637–645). John Wiley & Sons, Ltd. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000501\)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1)

Contours : Getting Started — OpenCV-Python Tutorials 1 documentation. (s.f.). Recuperado Agosto 21, 2020, de https://opencv-python-tutorials.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_contours/py_contours_begin/py_contours_begin.html

Correa, A. C. (2005). SISTEMAS ROBOTICOS TELEOPERADOS Teleoperated Robotics Systems. In *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, ISSN-e 0124-8170, Vol. 15, N°. 1, 2005, 8 págs. (Vol. 15, Issue 1). Universidad Militar Nueva Granada.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2332401&info=resumen&idioma=SPA>

Danilo, A., y Saldaña, A. (2012). *Diseño y construcción de un robot móvil tele operado para la asistencia en operaciones de alto riesgo del Cuerpo de Bomberos*.

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2424>

Esteve, J (2004). Robots Móviles. Recuperado septiembre 20, 2020, de

http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.5.htm

Ethington, T., Newsome, S., Waugh, J., y Lee, L. D. (2018). Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital. *American Journal of Infection Control*, 46(5), 482–486.

<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.11.008>

Guntur, S. R., Gorrepati, R. R., y Dirisala, V. R. (2019). Robotics in Healthcare: An Internet of Medical Robotic Things (IoMRT) Perspective. In *Machine Learning in Bio-Signal Analysis and Diagnostic Imaging* (pp. 293–318). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816086-2.00012-6>

Introducción a la desinfección por UV - TrojanUV - ES. (s.f.). Recuperado Octubre 9, 2020, de <https://www.trojanuv.com/es/uv-basics>

Joseph, L. (2015a). Learning Robotics Using Python. In *Packt Publishing* (Vol. 44, Issue 8). [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=3ueuCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lentin,+J.:+Learning+Robotics+Using+Python.+PACKT+\(2015\)&ots=UKvVjB8CmX&sig=XoGsrh-QxQd3bxtLHM2Q91xQK20&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false%0Ahttp://arxiv.org/abs/1011.1669%0Ahttp://](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=3ueuCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lentin,+J.:+Learning+Robotics+Using+Python.+PACKT+(2015)&ots=UKvVjB8CmX&sig=XoGsrh-QxQd3bxtLHM2Q91xQK20&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false%0Ahttp://arxiv.org/abs/1011.1669%0Ahttp://)

Joseph, L. (2015b). Mastering ROS for Robotics Programming. In *Physiological Research* (Vol. 64, Issue 6).

Kumar, A. (2018). Methods and Materials for Smart Manufacturing: Additive Manufacturing, Internet of Things, Flexible Sensors and Soft Robotics. *Manufacturing Letters*, 15, 122–125. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2017.12.014>

Kurebwa, J. G., y Mushiri, T. (2019). Internet of things architecture for a smart passenger-car robotic first aid system. *Procedia Manufacturing*, 35, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.05.006>

López, J., Pérez, D., Pinillos, R., Domínguez, S., Zalama, E., y Gómez-García-Bermejo, J. (2012). Diseño y desarrollo de un sistema de transporte reconfigurable para entornos

- hospitalarios. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 9(1), 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2011.11.008>
- López, J. Velazco, M. Solano, N. Martínez, A y Sabino, J. Lámparas Germicidas UV <http://designblog.uniandes.edu.co/blogs/dise2308/files/2011/09/GERMICIDAL-LIGHT1.pdf>
- López, V. Artés, H. F y Artés, C. F. (2007). Evaluación de la calidad de granadas tratadas con uv-c y almacenadas en atmósfera controlada. Universidad de Cartagena. <http://hdl.handle.net/10317/491>
- Luongo, J. C., Brownstein, J., y Miller, S. L. (2017). Ultraviolet germicidal coil cleaning: Impact on heat transfer effectiveness and static pressure drop. *Building and Environment*, 112, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.022>
- Lyon, S. A., Fletcher, D L, y Berrang, M. E. (s.f.). Recuperado septiembre 20, 2020, de *Germicidal Ultraviolet Light to Lower Numbers of Listeria monocytogenes on Broiler Breast Fillets 1*.
- Lyu, Y., y Yin, P. (2020). Internet of Things transmission and network reliability in complex environment. *Computer Communications*, 150, 757–763. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.11.054>
- Mahieu, C., Ongenaes, F., De Backere, F., Bonte, P., De Turck, F., y Simoens, P. (s.f.). Recuperado septiembre 20, 2020, de *Semantics-based platform for context-aware and personalized robot interaction in the Internet of Robotic Things*.
- Mbonimpa, E. G., Blatchley, E. R., Applegate, B., y Harper, W. F. (2018). Ultraviolet A and B wavelength-dependent inactivation of viruses and bacteria in the water. *Journal of Water and Health*, 16(5), 796–806. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.071>

Memarzadeh, F., Olmsted, R. N., y Bartley, J. M. (2010). Applications of ultraviolet germicidal

irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone

technology. *American Journal of Infection Control*, 38(5 SUPPL.), S13–S24.

<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.04.208>

Millán Villarroel, D., roMero González, lucía, brito, M., y ynDira raMos-Villarroel, ana.

(2015). *Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas ultraviolet light: Microbial*

inactivation on fruits. 27, 454–469.

Mills, D., Harnish, D. A., Lawrence, C., Sandoval-Powers, M., y Heimbuch, B. K. (2018).

Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece

respirators. *American Journal of Infection Control*, 46(7), e49–e55.

<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.018>

Ollero, A. Robótica. Manipuladores y robots móviles. MARCOMBO. Barcelona, España, 2001

Patterson, T. F., Thompson, G. R., Denning, D. W., Fishman, J. A., Hadley, S., Herbrecht, R.,

Kontoyiannis, D. P., Marr, K. A., Morrison, V. A., Nguyen, M. H., Segal, B. H.,

Steinbach, W. J., Stevens, D. A., Walsh, T. J., Wingard, J. R., Young, J. A. H., y Bennett,

J. E. (2016). Practice guidelines for the diagnosis and management of aspergillosis: 2016

update by the infectious diseases society of America. In *Clinical Infectious Diseases*

(Vol. 63, Issue 4, pp. e1–e60). Oxford University Press.

<https://doi.org/10.1093/cid/ciw326>

Passold, F. (2012). Introducción a la robótica móvil. Universidad Federal de Santa Catarina

(UFSC). Departamento de Automatización de Sistemas (DAS). Brasil. p 32.

Paulo Sánchez, J. C., Arias Echandi, M., Armenta Prada, J., y Salas Segura, D. (2012). Luz

ultravioleta germicida y control de microorganismos ambientales en hospitales. In *Rev*

- Costarr Salud Pública* (Vol. 21, Issue 1). Asociación Costarricense de Salud Pública.
<http://repositorio.binasss.sa.cr/xmlui/handle/20.500.11764/1314>
- Pharmaceutical / Biotechnology Decontamination Solutions*. (s.f.). Recuperado Noviembre 9, 2020, de <https://www.bioquell.com/life-sciences/systems-for-life-sciences/?lang=en-uk>
- Razafimandimby, C., Loscrí, V., Vegni, A. M., y Benslimane, A. (2019). Neuro-Dominating set scheme for a fast and efficient robot deployment in internet of robotic things. *Ad Hoc Networks*, 86, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.08.016>
- Reid, D., Ternes, K., Winowiecki, L., Yonke, C., Riege, B., Fregoli, F., Passey, D., Stibich, M., y Olmsted, R. N. (2020). Germicidal irradiation of portable medical equipment: Mitigating microbes and improving the margin of safety using a novel, point of care, germicidal disinfection pod. *American Journal of Infection Control*, 48(1), 103–105.
<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2019.07.021>
- Roberti, F., Toibero, J. M., Frizera Vassallo, R., y Carelli, R. (2011). *Control Estable de Formación Basado en Visión Omnidireccional para Robots Móviles No Holonómicos*. 8(1), 29–37. <https://doi.org/10.4995/RIAI.2011.01.05>
- Robot móvil UVD para la desinfección por radiación ultravioleta*. (s.f.). Recuperado Agosto 9, 2020, de <https://hospitecna.com/productos/matachana-robot-movil-uvd-desinfeccion-radiacion-ultravioleta/>
- ROS.org | Powering the world's robots*. (s.f.). Recuperado Octubre 15, 2020, de <https://www.ros.org/>
- Sacre, J. A. D. C. (2009). *Inactivación de esporas de Aspergilli mediante la combinación de radiación ultravioleta de onda corta y agentes antimicrobianos en nectar de durazno*.
- Sandoval, J., y Perez, E. (2015). *Diseño e implementación de un robot móvil para fines de*

navegacion y mapeo usando tecnicas de vision artificial. Universidad de Pamplona.
Villa del Rosario.

- Sanmarco, E. 2017. Propuesta de plan de validación del proceso de esterilización por calor húmedo en una Central de Esterilización de un Hospital público de máxima complejidad. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Ingeniería Biomédica. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6440/PI-IB-Sanmarco%2c%20Elena%20Mar%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sharma, R. R., y Demirci, A. (2003). Inactivation of Escherichia coli O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with pulsed ultraviolet light and response surface modeling. *Journal of Food Science*, 68(4), 1448–1453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09665.x>
- Skytron 3200 Max, Large UVC Sterilizer | Skytron - Skytron, LLC*. (s.f.). Recuperado Agosto 9, 2020, de <https://www.skytron.com/products/infection-prevention/uvc-light-disinfection-robots/3200-max/>
- Solsona, F., y Mendez, J. P. (2002). Desinfeccion del agua. *OPS/CEPIS/PUB/02.83*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE2002106226>
- SomData, visión artificial para detectar los microorganismos del agua - Valencia Plaza*. (s.f.). Recuperado Agosto 9, 2020, de <https://valenciaplaza.com/som-data-escaner-deteccion-microorganismos-agua>
- Souza, V. R., y Koutchma, T. (2021). Ultraviolet Light Microbial Inactivation in Liquid Foods. In *Innovative Food Processing Technologies* (pp. 146–170). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22971-5>
- Suárez, R. (2001). Conservación de alimentos por irradiación. *Invenio*, 4(6), 85–124.
- Takahashi, M., Suzuki, T., Cinquegrani, F., Sorbello, R., y Pagello, E. (2009). A mobile robot for

- transport applications in hospital domain with safe human detection algorithm. 2009
IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, ROBIO 2009, 1543–1548.
<https://doi.org/10.1109/ROBIO.2009.5420402>
- Tang, J., Dong, T., Li, L., y Shao, L. (2018). Intelligent Monitoring System Based on Internet of Things. *Wireless Personal Communications*, 102(2), 1521–1537.
<https://doi.org/10.1007/s11277-017-5209-9>
- Visión artificial, OpenCV y Python, primeros pasos para analizar imágenes.* (s.f.). Recuperado Septiembre 30, 2020, de <https://programarfacil.com/podcast/81-vision-artificial-opencv-phyton/>
- Vision artificial: sistemas y aplicaciones / Neosentec.* (s.f.). Recuperado Agosto 23, 2020, de <https://www.neosentec.com/vision-artificial/>
- Wang, Y. (2020). Construction and simulation of performance evaluation index system of Internet of Things based on cloud model. *Computer Communications*, 153, 177–187.
<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.016>
- Yang, Y., Lai, A. C. K., y Wu, C. (2016). Study on the disinfection efficiency of multiple upper-room ultraviolet germicidal fixtures system on airborne microorganisms. *Building and Environment*, 103, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.04.004>
- Zabala, G., Teragni, M., Morán, R., Blanco, S., y Perez, G. (s.f.). Recuperado septiembre 20, 2020, de *Localización y Mapeo Simultáneo (SLAM) utilizando un sensor de profundidad por Infrarrojo.*
- 4.1. Componentes de un robot (s.f.). Recuperado septiembre 20, 2020, de http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/30032017/4f/esan_2017033012_9121323/41_componentes_de_un_robot.html

ANEXOS

Anexo 1. Código de operación de los dos puentes H y de los motores

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ros.h>
#include <geometry_msgs/Twist.h>

#define ENA 2
#define ENB 3

#define IN1 24
#define IN2 22
#define IN3 26
#define IN4 28

#define test 13

ros::NodeHandle node;
geometry_msgs::Twist msg;

void adelante()
{
  analogWrite(ENA, 120);
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);

  analogWrite(ENB, 120);
```

```
digitalWrite(IN3, HIGH);  
digitalWrite(IN4, LOW);  
}
```

```
void izquierda()
```

```
{  
  analogWrite(ENA, 120);  
  digitalWrite(IN1, HIGH);  
  digitalWrite(IN2, LOW);  
  digitalWrite(IN3, LOW);  
  digitalWrite(IN4, LOW);  
}
```

```
void parar()
```

```
{  
  digitalWrite(IN1, LOW);  
  digitalWrite(IN2, LOW);  
  digitalWrite(IN3, LOW);  
  digitalWrite(IN4, LOW);  
}
```

```
void derecha()
```

```
{  
  digitalWrite(IN1, LOW);  
  digitalWrite(IN2, LOW);  
  analogWrite(ENB, 120);  
  digitalWrite(IN3, HIGH);  
  digitalWrite(IN4, LOW);  
}
```

```
void atras()
```

```
{
  analogWrite(ENA, 120);
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  analogWrite(ENB, 120);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}
ros::Subscriber <geometry_msgs::Twist> sub("cmd_vel", roverCallBack);
```

```
void setup()
{
  // Serial.begin(57600);
  // BT1.begin(57600);
  node.initNode();
  node.subscribe(sub);
  pinMode(test, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
}
void loop()
{
  digitalWrite(test, LOW);
  // if(Serial.available())
  // {
  //   BT1.print((char)Serial.read());
  // }
```

```
// if(BT1.available())
// {
//   Serial.print((char)BT1.read());
// }
  node.spinOnce();
  delay(1);
}
```

Anexo 2. Código de operación para el servomotor en arduino

```
#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
#include "Arduino.h"
#else
#include <WProgram.h>
#endif

#include <Servo.h>
#include <ros.h>
#include <std_msgs/UInt16.h>

ros::NodeHandle nh;
  Servo servo;
void servo_cb( const std_msgs::UInt16& cmd_msg)
{
  servo.write(cmd_msg.data);
  digitalWrite(13, HIGH-digitalRead(13));
}
ros::Subscriber<std_msgs::UInt16> sub("servo", servo_cb);

void setup(){
  pinMode(13, OUTPUT);
```

```
nh.initNode();
nh.subscribe(sub);
servo.attach(9);
}
void loop()
{
nh.spinOnce();
delay(1);
}
```

Anexo 3. Código de operación de visión artificial Python OpenCv

```
import cv2
import numpy as np
video = cv2.VideoCapture(0)
i = 0
while True:
    ret, frame = video.read()
    if ret == False: break
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    if i == 20:
        bgGray = gray
    if i > 20:
        dif = cv2.absdiff(gray, bgGray)
        _, th = cv2.threshold(dif, 40, 255, cv2.THRESH_BINARY)
        cnts, _ = cv2.findContours(th, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
        for c in cnts:
            area = cv2.contourArea(c)
            if area > 2300:
```

```
        cv2.putText(frame,"Detectado Movimiento", (30,30),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0,0,255))

        cv2.putText(frame,'Se recomienda no Pocer',(50,50),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0,0,255))

        x,y,w,h = cv2.boundingRect(c)

        cv2.rectangle(frame, (x,y), (x+w,y+h),(0,255,0),2)

cv2.imshow('visor de movimiento',frame)

i = i+1

if cv2.waitKey(30) & 0xFF == ord('q'):
    break

video.release()
```

Anexo 4. Comandos de ejecución en ROS

Los comandos de ROS se ejecutan en el siguiente orden

1. `roslaunch rosserial_python serial_node.py /dev/ttyUSB0` (luego de cargar los códigos correspondientes de Arduino, se ingresa este comando en el terminal del sistema, esto para establecer la conexión serial entre Arduino y ROS conexión denominada “rosserial”)
2. `rostopic pub servo std_msgs/UInt16 35` (Este comando se ejecuta en una nueva pestaña del terminal donde ya debe estar ingresado el anterior comando (1), con este comando se ingresa el ángulo que se quiere dar al servomotor siendo el último número (35) el ángulo establecido para la tarea correspondiente al robot).
3. `roslaunch teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard.py` (se ejecuta de igual forma en otra pestaña del terminal donde el comando (1) tiene que estar funcionando, cerrando la pestaña del comando (2) y cargando previamente al Arduino, el código correspondiente al funcionamiento del puente h y los motores).
4. `roslaunch freenect_launch freenect.launch` (Con este comando se activa el escáner laser del sensor Kinect, esto para realizar el mapeo tridimensional de un entorno cerrado).
5. Rviz (este comando se ejecuta en una pestaña aparte una vez ejecutado el comando (4), con esto se inicializa la interfaz gráfica correspondiente a Rviz)

Anexo 5. Planos técnicos del robot móvil

