

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

I.1 Introducción

Teniendo en cuenta la situación actual que atraviesa el planeta entero por la pandemia del Coronavirus Covid-19, tomando en cuenta más a fondo la situación de nuestro país y nuestro departamento, se propone y se desarrolla un prototipo de robot móvil controlado remotamente que usará un método de esterilización de ambientes a través de luz ultravioleta UVC, que será muy útil para ambientes tanto de hospitales como para consultorios particulares.

Si bien el producto puede ser utilizado en domicilios particulares, por las medidas de seguridad estrictas que deben tomarse en su empleo, el proyecto será enfocado a ambientes del sector salud.

Este tipo de rayo ultravioleta es particularmente efectivo para destruir el material genético de microorganismos como virus y bacterias, impidiendo su replicación. Desde su hallazgo en 1878, se ha convertido en un método básico de esterilización, siendo utilizado todos los días en hospitales, aviones, oficinas e incluso en fábricas de alimentos.

También es fundamental para el proceso de desinfección del agua potable pues algunos parásitos son resistentes a los antisépticos químicos como el cloro. Y hoy, con la irrupción del nuevo coronavirus en el mundo, la luz UVC ha vuelto a cobrar relevancia.

Así también mencionamos la tecnología IoT (Internet of Things o Internet de las Cosas), en los últimos años se vio una nueva tendencia de ir conectando cualquier tipo de aparato a distancia, controlándolos de manera remota por medio de cualquier dispositivo que tenga acceso a internet. Tomando esto como premisa el presente proyecto de grado utilizará IoT con su protocolo MQTT.

I.2 Antecedentes

En el estudio de antecedentes de la Caja de Salud de la Banca Privada de la ciudad de Tarija - Bolivia, se logró recabar información importante sobre los métodos de esterilización y desinfección de ambientes que si bien son los correctos y adecuados para una entidad como la mencionada, con la situación actual en nuestra ciudad y el mundo en general se busca métodos de esterilización alternativos que requieran del menor contacto directo con las superficies posiblemente contaminadas. A continuación citaremos algunas tesis o proyectos que podrían relacionarse con el presente trabajo.

En el presente trabajo del autor **Manotupa E. (2017)** en el trabajo de grado realizado “Diseño e implementación de un sistema de potabilización de agua de lluvia mediante un esterilizador ultravioleta en la Pontificia Universidad Católica del Perú” se basa en el diseño de un sistema de potabilización de agua de lluvia mediante lámpara UV germicida.

Del mismo modo tenemos el trabajo de grado de **Parisaca A. (2016)** “Sistema embebido para la prevención de accidentes de tránsito ocasionados por conductores en estado de ebriedad aplicando el internet de las cosas en la Universidad Mayor de San Andrés”. Se trata de la implementación de un sistema embebido que analice el grado alcohólico de un determinado conductor, con el objetivo de notificar la ubicación de la movilidad a los familiares/amigos de confianza del propietario de la movilidad.

Dentro de este orden de trabajos de grado podemos mencionar la tesis de egreso de **Quispe I. (2016)** “Internet de las cosas, control y seguimiento de un automóvil, en la Universidad Mayor de San Andrés”. En la cual se adopta el uso de una aplicación móvil y un controlador que sea capaz de mandar una alerta al propietario sin importar la distancia que los separe vía Smartphone cuando la misma sea activada.

Por último podemos mencionar la tesis de **Siegel J. (2016)** “Data Proxies, the Cognitive Layer, and Application Locality: Enablers of Cloud-Connected Vehicles and

Next-Generation Internet of Things (Proxies de datos, la capa cognitiva y la aplicación, Localidad: Facilitadores de vehículos conectados a la nube y la siguiente generación del Internet de las cosas)” del instituto de tecnología de Massachusetts. Esta tesis explora las mejoras de los vehículos individuales y propone una arquitectura segura y eficiente que admite la conexión de vehículos a aplicaciones, mediante el diagnóstico a bordo y datos de teléfonos inteligentes.

I.3 Justificación del Proyecto

Tecnológico

En el aspecto tecnológico se usará diferentes medios electrónicos como ser diferentes tipos de sensores y actuadores, en la parte del control remoto se abordarán diferentes medios de control donde se considera principalmente las Apps móviles o un participante que en los últimos años está siendo más utilizado como ser la tecnología IOT (“INTERNET OF THINGS”).

Para la situación actual que atraviesa el mundo, el manejo remoto de aparatos o componentes está en subida, por lo cual las tecnologías mencionadas presentan ventajas frente a sus similares de control netamente presencial.

Económico

La Caja de Salud de la Banca Privada se verá beneficiada en el ahorro de recursos económicos puesto que es más rentable poseer un robot móvil para realizar la esterilización de toda una planta del edificio que cuenta con varios ambientes en contrapartida de colocar o empotrar el mismo o similar procedimiento en las paredes de cada uno de los ambientes.

Social

El presente proyecto es de impacto social, aproximadamente 100 personas por día se verán beneficiadas, en este caso puntual el establecimiento beneficiado directamente es la “Caja de Salud de la Banca Privada” de la ciudad de Tarija.

El proyecto está enfocado principalmente a los diferentes establecimientos de salud ya sean hospitales, consultorios privados, clínicas etc., donde el principal beneficiario

sería la población en general específicamente los asegurados y usuarios de los establecimientos mencionados.

I.4 Planteamiento del Problema

Escasez de procedimientos alternativos y remotos de esterilización o desinfección de ambientes dentro de la “Caja De Salud De La Banca Privada Sucursal Tarija”.

I.5 Objetivos

I.5.1 Objetivo General

Innovar los procedimientos de esterilización de los ambientes de la planta baja de la “Caja de Salud de la Banca Privada, Mediante Un Prototipo De Robot Móvil Con Luz UVC, Utilizando Conceptos IoT.

I.5.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un prototipo de robot móvil esterilizante, controlado remotamente por medio de tecnología IoT para la Caja de Salud de la Banca Privada de Tarija.
- Elaborar un programa de capacitación al personal responsable de la esterilización de ambientes.

I.6 Matriz de Marco Lógico (MML)

Resumen Narrativo del Proyecto	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Fin</p> <p>Fortalecimiento y satisfacción por parte del personal responsable en cuanto al uso del procedimiento de esterilización alternativo remoto.</p> <p>Minimización de riesgo de contagio para el personal de salud, administrativo y asegurados.</p>	<p>Al año de concluir el proyecto, se observa que un 80% del personal de esterilización y desinfección de la “Caja de Salud de la Banca Privada” se encuentra satisfecho con el procedimiento alternativo propuesto.</p>	<p>Carta del médico representante de La Caja de Salud de Banca Privada de Tarija avalando el grado de satisfacción en el uso y funcionamiento del prototipo de robot móvil.</p>	<p>El personal responsable hace uso del prototipo funcional automatizado.</p> <p>La Caja de Salud de Banca Privada de Tarija muestra interés y predisposición en el uso del procedimiento alternativo de esterilización de ambientes.</p>

<p>Objetivo General (Propósito) Innovar los procedimientos de esterilización de los ambientes de la planta baja de la caja de salud de la banca privada, mediante un prototipo de robot móvil con luz UVC, utilizando conceptos IoT.</p>	<p>Al finalizar se completó el desarrollo del proyecto en 95% tomando en cuenta los resultados arrojados por ambos componentes, mejorando la capacidad esterilizante y germicida de la planta baja de la “Caja de Salud de la Banca Privada”.</p>	<p>Carta por parte del médico representante de La Caja de Salud de Banca Privada de Tarija que manifiesta la realización del proyecto de manera exitosa cumpliendo los requerimientos solicitados.</p>	<p>Existencia del software necesario para la automatización del mismo.</p> <p>Apoyo para el desarrollo y ejecución del proyecto por parte del personal.</p> <p>Disponibilidad de información necesaria por parte del personal para mejoras del prototipo.</p>
--	---	--	---

<p>Objetivos Específicos (Componentes)</p> <p>I. Desarrollar un prototipo de robot móvil esterilizante, controlado remotamente por medio de tecnología IoT para la Caja de Salud de la Banca Privada de Tarija.</p> <p>II. Elaborar un programa de capacitación al personal responsable de la esterilización de ambientes.</p>	<p>Componente I</p> <p>Al finalizar el proyecto se logró completar un 88% de los requerimientos funcionales expresados en la norma IEEE 830 y se logró automatizar el prototipo funcional del robot móvil.</p> <p>Componente II</p> <p>La capacitación correspondiente sobre el manejo del robot móvil en base al cronograma permitió lograr un 100% de asistencia del personal responsable, en el cual se utilizó el manual de uso y servicio para cumplir éste propósito.</p>	<p>➤ Carta del médico responsable del seguimiento que expresa la realización del prototipo y de la realización de la capacitación correspondiente.</p> <p>➤ Lista de participantes de la capacitación.</p>	<p>Existencia del hardware necesario para montar el proyecto.</p> <p>Disponibilidad por parte del personal responsable de esterilización en aprender el manejo del prototipo funcional desarrollado.</p>
--	---	--	--

Actividades	PRESUPUESTO	Calendario propuesto para	El personal																																																																																																																																				
<p>Las actividades a realizar son las propias de la metodología ROS-XP:</p> <p>1. Planeación de Proyecto.</p> <p>2. Iteraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Planeación iteración ➤ Diseño ➤ Programación ➤ Pruebas <p>3. Producción</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>ITEM</th> <th>RUBROS</th> <th>Aporte Universidad</th> <th>Otro Aporte</th> <th>TOTAL (Bs.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10000</td> <td></td> <td>SERVICIOS PERSONALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>11000 Manó de obra por desarrollo de software</td> <td></td> <td></td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sub total rubro</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20000</td> <td></td> <td>SERVICIOS NO PERSONALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>21000. Servicios Básicos</td> <td></td> <td></td> <td>120</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>22000. Servicios de transporte</td> <td></td> <td></td> <td>80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>23000. Alquileres</td> <td></td> <td></td> <td>80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>24000. Mantenimiento y reparación</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sub total rubro</td> <td></td> <td></td> <td>280</td> </tr> <tr> <td>30000</td> <td></td> <td>MATERIALES Y SUMINISTROS</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>31000. Alimentos y Productos Forestales</td> <td></td> <td></td> <td>90</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>32000. Productos de Papel, Cartón e Impresos</td> <td></td> <td></td> <td>40</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>33000. Textiles y Vestuario.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>34000. Productos Químicos, Combustibles y Lubricantes</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>39000. Productos Varios.</td> <td></td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sub total rubro</td> <td></td> <td></td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>40000</td> <td></td> <td>ACTIVOS REALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>43000. Maquinaria y Equipo.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>44000. Otros Activos</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sub total rubro</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td>4460</td> </tr> </tbody> </table>	1	ITEM	RUBROS	Aporte Universidad	Otro Aporte	TOTAL (Bs.)	10000		SERVICIOS PERSONALES						11000 Manó de obra por desarrollo de software			4000			Sub total rubro				20000		SERVICIOS NO PERSONALES						21000. Servicios Básicos			120			22000. Servicios de transporte			80			23000. Alquileres			80			24000. Mantenimiento y reparación						Sub total rubro			280	30000		MATERIALES Y SUMINISTROS						31000. Alimentos y Productos Forestales			90			32000. Productos de Papel, Cartón e Impresos			40			33000. Textiles y Vestuario.						34000. Productos Químicos, Combustibles y Lubricantes						39000. Productos Varios.			50			Sub total rubro			180	40000		ACTIVOS REALES						43000. Maquinaria y Equipo.						44000. Otros Activos						Sub total rubro						TOTAL			4460	<p>el proyecto se cumple.</p> <p>Documentación de la automatización del prototipo</p> <p>Material Multimedia (fotos) que avalen la realización de la capacitación pertinente.</p> <p>Revisiones por parte de la docente de la materia Taller III.</p>	<p>proporciona información para el desarrollo del prototipo de acuerdo a las necesidades establecidas</p> <p>Asistencia a la capacitación por parte del personal responsable.</p>
1	ITEM	RUBROS	Aporte Universidad	Otro Aporte	TOTAL (Bs.)																																																																																																																																		
10000		SERVICIOS PERSONALES																																																																																																																																					
		11000 Manó de obra por desarrollo de software			4000																																																																																																																																		
		Sub total rubro																																																																																																																																					
20000		SERVICIOS NO PERSONALES																																																																																																																																					
		21000. Servicios Básicos			120																																																																																																																																		
		22000. Servicios de transporte			80																																																																																																																																		
		23000. Alquileres			80																																																																																																																																		
		24000. Mantenimiento y reparación																																																																																																																																					
		Sub total rubro			280																																																																																																																																		
30000		MATERIALES Y SUMINISTROS																																																																																																																																					
		31000. Alimentos y Productos Forestales			90																																																																																																																																		
		32000. Productos de Papel, Cartón e Impresos			40																																																																																																																																		
		33000. Textiles y Vestuario.																																																																																																																																					
		34000. Productos Químicos, Combustibles y Lubricantes																																																																																																																																					
		39000. Productos Varios.			50																																																																																																																																		
		Sub total rubro			180																																																																																																																																		
40000		ACTIVOS REALES																																																																																																																																					
		43000. Maquinaria y Equipo.																																																																																																																																					
		44000. Otros Activos																																																																																																																																					
		Sub total rubro																																																																																																																																					
		TOTAL			4460																																																																																																																																		

I.7 Resultados Esperados

- Se espera que el diseño y desarrollo de la infraestructura del prototipo sea con materiales económicos en la medida de lo posible de carácter reciclado, esta infraestructura o esqueleto del prototipo será diseñada adaptándose a las características de los componentes.
- La automatización del prototipo será en base a la integración de los componentes con el esqueleto, creando un equilibrio funcional de las conexiones cableadas realizadas.
- Post capacitación se espera que los responsables de esterilización de ambientes de la caja de salud sean capaces de manipular el prototipo de manera sencilla sin presentar problemas críticos.

I.8 Beneficiarios

I.8.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos son todo el personal responsable de la esterilización y desinfección de los ambientes de la planta baja del edificio de la “Caja de Salud de la Banca Privada”.

I.8.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos son todos los asegurados, pacientes externos no asegurados, personal activo, tanto el personal de salud como el administrativo de la “Caja de Salud de la Banca Privada”.

I.9 Alcances

- El procedimiento de esterilización se llevará a cabo en los ambientes de la planta baja del edificio.
- Se controla remotamente el procedimiento de esterilización mediante el control remoto del prototipo de robot móvil.
- Se aplicarán conceptos de IoT.
- Se desplegará el proyecto mediante repositorio a través de un sistema de control de versiones.

- Se buscará implementar el uso de servidores y servicios desde la nube.
- Se buscará usar una metodología óptima.
- Se utilizarán lenguajes de programación orientado a objetos acordes al paradigma.

I.10 Limitaciones

- Se hará hincapié en el uso de tecnologías web:
 - http.
 - wss.
 - mqtt.
- No se considerará el uso de una base de datos relacional.
- No se considerará una administración de usuarios.
- Se hará énfasis en el uso de lenguajes como:
 - C++
 - PH
- No se contempla controles de calidad o procesos de evaluación sobre los procedimientos esterilización.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

II.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo adentrarnos en el concepto de lo que es el internet de las cosas y para que se la utiliza actualmente, también nos familiarizaremos con los conceptos de desinfección y esterilización, donde conoceremos algunos de los métodos o procedimientos de los mismos que se utilizan actualmente en los centros de salud.

A su vez se mencionarán los diferentes componentes hardware (componentes electrónicos) y la variedad de herramientas software que se utilizaron en el desarrollo de proyecto, por otra parte se explicará las fases de la metodología ROS-XP que fue la elegida para el desarrollo del proyecto, también se dará una breve descripción del prototipo de robot móvil y del entorno en el que se desplegará.

II.2 IOT Internet of Things (Internet de las Cosas)

Bajo los conceptos de **La Comunidad Argentina de Inteligencia Artificial** (2020). Podemos definir al Internet de las cosas o IoT como una colección de cosas u objetos que se conectan a internet, y entre sí. Como ya dijimos, estos objetos podrían ser casi cualquier cosa: desde una computadora, una tableta o un Smartphone, a un dispositivo de aire acondicionado, una cerradura de una puerta, un libro, un motor de avión, o una heladera. Cada uno de estos dispositivos o cosas tiene un número de identificación único (UID) y una dirección IP. Estos objetos se pueden conectar a través de cables, fibra óptica o tecnologías inalámbricas, como ser redes celulares, redes satelitales, Wi-Fi y Bluetooth. Utilizan circuitos electrónicos incorporados, así como capacidades de identificación por radiofrecuencia (RFID) o de comunicación de campo cercano (NFC) que se añaden posteriormente a través de chips y plaquetas. Independientemente del enfoque exacto, el IoT implica el movimiento de datos a través de internet para permitir procesos desde una ubicación en particular hacia alguna parte al otro lado del mundo.

La IoT está creando una explosión en la diversidad de dispositivos conectados a internet. Estamos viendo como objetos familiares ganan conectividad y potencia computacional, así como nuevas categorías de dispositivos que sólo pueden existir

como resultado de las redes interconectadas. Los sensores y actuadores crean nuevas posibilidades para unir información y acciones en los mundos real y digital.

II.3 Esterilización y Desinfección

Los procesos de esterilización y/o desinfección son diariamente llevados a cabo, no solamente en el laboratorio, donde son fundamentales para evitar la contaminación de medios, cultivos, placas etc., sino también en otros ámbitos tales como los hospitales, donde fallas en estos procedimientos aumentan la morbimortalidad de los pacientes.

Podríamos resumir a continuación los conceptos de esterilización y desinfección según **Vignoli R. (2008)** en el libro **Temas de Bacteriología y Virología Médica** de la Facultad de Medicina de Montevideo de la Universidad Nacional de Uruguay.

Esterilización: Es el proceso mediante el cual se alcanza la muerte de todas las formas de vida microbianas, incluyendo bacterias y sus formas esporuladas altamente resistentes, hongos y sus esporos, y virus. Se entiende por muerte, la pérdida irreversible de la capacidad reproductiva del microorganismo. Se trata de un término absoluto, donde un objeto está estéril o no lo está, sin rangos intermedios.

Desinfección: En este proceso se eliminan los agentes patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbianas. Es un término relativo, donde existen diversos niveles de desinfección, desde una esterilización química, a una mínima reducción del número de microorganismos contaminantes. Estos procedimientos se aplican únicamente a objetos inanimados.

II.4 Métodos de Esterilización y Desinfección

Dentro de este marco de referencia podemos citar distintos métodos de esterilización y desinfección para lo cual usaremos de guía a **La Organización Panamericana de la Salud (2018)**, en su libro **Manual de Esterilización para Centros de Salud**.

II.4.1 Método de Desinfección Hervido

Este método utiliza el agua hirviendo a temperaturas muy altas para lograr la desinfección. Por ejemplo, para una DAN, se hierven los instrumentos en un recipiente con tapa de 15 a 20 minutos contabilizando el tiempo desde que el agua rompa el hervor. Los objetos serán cubiertos por completo con el agua durante el hervido, y no se añadirá ningún otro elemento mientras esté hirviendo. El fuego será suave, ya que el fuego alto hace rebotar los objetos, disminuye el nivel de agua y consume más gas. Se recomienda usar tiempos más prolongados para lugares de gran altura sobre el nivel del mar. Se seca al aire o con una toalla esterilizada antes de volver a utilizar los materiales o almacenarlos. Este método no se utiliza en el medio hospitalario.

II.4.2 Método de Desinfección Químico Líquido

Es el más utilizado en nuestro sistema hospitalario y existen múltiples agentes germicidas en forma líquida. Este método requiere muchos controles en su ejecución. Por ser un método realizado en su mayoría de forma manual, todas las etapas del protocolo recomendado por el fabricante y validado deben ser seguidas celosamente. Las fallas en el proceso de desinfección pueden dar lugar a complicaciones infecciosas o inflamatorias graves en los enfermos que entran en contacto con estos artículos. Los principales desinfectantes utilizados en el ámbito hospitalario son: orthophthaldehído, glutaraldehído, cloro y compuestos clorinados, formaldehído, peróxido de hidrógeno, ácido peracético, fenoles y amonios cuaternarios. Es importante mencionar al respecto que no todos los desinfectantes están disponibles en todos los países.

II.4.3 Método de Desinfección Amonios Cuaternarios

Los compuestos más usados en las unidades hospitalarias son cloruro de alquil-dimetil-benzil-amonio, cloruro de alquil-didecildimetil-amonio, y el cloruro de dialquil-dimetil-amonio.

Mecanismo de acción: Su acción se debe a la inactivación de enzimas productoras de energía, a la desnaturalización de las proteínas celulares y a la ruptura de la membrana celular.

Espectro: Fungicida, bactericida y virucida sólo contra los virus lipofílicos. No es esporicida, ni micobactericida, ni tampoco presenta acción sobre los virus hidrofílicos.

Ventajas y desventajas: Constituye un buen agente para la limpieza debido a su baja toxicidad. Los restos de gasa y algodón pueden afectar su acción.

Indicaciones de uso: Por su baja toxicidad puede ser utilizado para la desinfección de superficies y mobiliario.

Concentraciones de uso: Las concentraciones de uso varían de acuerdo con la combinación de compuestos de amonio cuaternarios en cada formulación comercial.

II.4.4 Método de Esterilización UVC

Este método inactiva a los microorganismos en los rangos 240 – 280 nm. Su acción se ejerce por desnaturalización de los ácidos nucleicos, pero su efectividad se ve influenciada por factores como la potencia de los tubos UV, presencia de materia orgánica, longitud de la onda, temperatura, tipo de microorganismos y la intensidad de UV que se ve afectada por la distancia y suciedad de los tubos.

La Luz UV-C ofrece grandes ventajas comparado con otros métodos germicidas, manteniendo los intercambiadores de calor y bandejas de drenaje completamente limpias, reduciendo costes de mantenimiento, explotación y asegurando la Bioseguridad del equipo. A diferencia de los métodos químicos para la desinfección, la luz 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.

Ventajas adicionales frente a medios de desinfección químicos (por ej. Cloro)

Se trata de un proceso libre de sustancias químicas que no añade nada al agua ni al aire, excepto luz UVc.

La luz UVc no requiere transporte, almacenamiento ni manipulación de sustancias químicas tóxicas o corrosivas, lo que representa un beneficio para la seguridad de los operarios de las plantas y la población circundante.

El tratamiento por UV no genera subproductos carcinógenos de la desinfección que puedan afectar negativamente a la calidad del agua.

La desinfección por UV es muy eficaz en la inactivación de una gran diversidad de microorganismos, incluidos patógenos resistentes al cloro como *Cryptosporidium* y *Giardia*.

II.4.5 Método de Esterilización por Calor Húmedo o Esterilización a Vapor

La esterilización a vapor es el procedimiento de esterilización más común (excepto para los materiales que no pueden resistir el calor y la humedad), y al equipo que se utiliza se le denomina autoclave. El mecanismo de acción del calor húmedo es por desnaturalización de las proteínas. Este método se debe considerar de elección cada vez que los materiales lo permitan. Tiene la ventaja de producir una elevación de la temperatura en forma rápida en cortos tiempos de esterilización y de no dejar residuos tóxicos en el material.

II.4.6 Método de Esterilización Autoclave Instantánea

Autoclaves instantáneas (flash). Son esterilizadores especiales de alta velocidad que generalmente los ubican entre los quirófanos para procesar los instrumentos desempaquetados y para usos de extrema urgencia. Estos esterilizadores operan a 134°C durante 3 o 4 minutos. Este método de esterilización debe ser evitado, ya que el material es esterilizado sin embalaje y el ciclo elimina el secado; por lo tanto, la recontaminación del mismo se verá favorecida.

II.5 Componentes Hardware

II.5.1 Placa de desarrollo ESP32

La plataforma ESP32 ofrece a bajo costo capacidades wifi, bluetooth y BLE. Tiene un CPU de dos núcleos de hasta 240Mhz que se pueden controlar independientemente. Además integra internamente una gran cantidad de periféricos incluyendo: sensores táctiles capacitivos, sensor de efecto Hall, amplificadores de bajo ruido, interfaz para tarjeta SD, Ethernet, SPI de alta velocidad, UART, I2S e I2C.

El punto fuerte de esta plataforma es su gran comunidad en internet que le brinda soporte y desarrolla constantemente nuevas herramientas para su uso. Para el presente proyecto se eligió esta placa por su versatilidad y gran cantidad de variantes que nos brinda, la ESP32 junto con su módulo cámara son las partes centrales del procesamiento de ordenes en los cuales gira todo el proyecto. Algunas de sus características técnicas son:

- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- SoC: ESP32
- CPU principal: Tensilica Xtensa 32-bit LX6
- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Procesador secundario: Permite hacer operaciones básica en modo de ultra bajo consumo
- Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth:v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 microprocessors, up to 600 DMIPS
- Memoria:
- 448 KByte ROM
- 520 KByte SRAM
- Byte SRAM in RTC
- QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes

- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Conversor Analógico Digital: Dos ADC de 12bits tipo SAR, soporta mediciones en hasta 18 canales, algunos pines soporta un amplificador con ganancia programable
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Antena en PCB
- Seguridad:
 - Estandares IEEE 802.11 incluyendo WFA, WPA/WPA2 and WAPI1024-bit OTP, up to 768-bit for customers
 - Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG

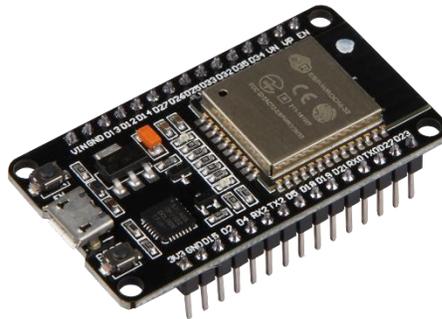


Figura 1: Placa ESP32

Fuente: <https://joy-it.net/en/products/SBC-NodeMCU-ESP32>

II.5.2 Placa de Desarrollo ESP32 CAM

ESP32-CAM es una placa de desarrollo de bajo costo con cámara WiFi. Permite crear proyectos de cámaras IP para transmisión de video con diferentes resoluciones. ESP32-CAM tiene una antena PCB incorporada.

ESP32-CAM-UFL es la misma placa pero con conector U.FL Módulo ESP - se puede conectar una antena externa. Esta placa con su módulo cámara será la encargada de la retroalimentación mediante transmisión de video en tiempo real del entorno en el que se encuentra nuestro robot móvil.



Figura 2: Placa ESP32 CAM

Fuente: <https://www.reichelt.com/in/en/developer-boards-esp32-camera-ov2640-debo-cam-esp32-p266036.html?&nbc=1>

II.5.3 Placa Protoboard

Una placa de pruebas o placa de inserción (en inglés Protoboard o Breadboard) es un tablero con orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna, habitualmente siguiendo patrones de líneas, en el cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para el armado y prototipado de circuitos electrónicos y sistemas similares. Está hecho de dos materiales, un aislante, generalmente un plástico, y un conductor que conecta los diversos orificios entre sí. Uno de sus usos principales es la creación y comprobación de prototipos de circuitos electrónicos antes de llegar a la impresión mecánica del circuito en sistemas de producción comercial.

Es la placa elegida para desarrollar y montar el circuito del proyecto, se eligió la misma por su facilidad de uso a la hora de realizar conexiones y soldaduras.

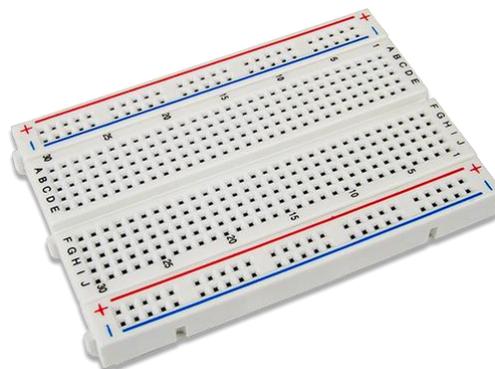


Figura 3: Protoboard

Fuente: <https://www.freepng.es/png-ay5yhw/>

II.5.4 Espadines Macho Hembra

Los conectores Berg son normalmente conectores macho (aunque existen también conectores hembra, pero estos se denominan generalmente conectores de cable plano) y es interior utilizado mayoritariamente equipamiento, más que ser utilizado como conector en el exterior del dispositivo. La distancia entre pins es generalmente referido como paso en la comunidad electrónica.

Este tipo de conectores son usados en el proyecto por la facilidad y comodidad que brindan a la hora de la distribución de entradas y salidas con los distintos pins de los componentes electrónicos utilizados.

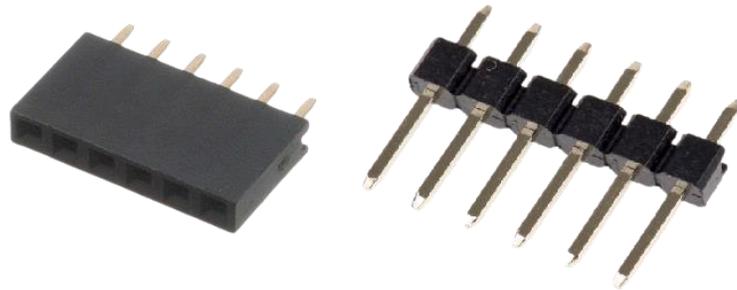


Figura 4: Espadines

Fuente: <https://tienda.sawers.com.bo/espadin-macho-conector-berg-2mm>

II.5.5 Cables de Conexión o Jumper

Un cable dupont para prototipos, es un cable con un conector en cada punta, que se usa normalmente para interconectar entre sí los componentes en una placa de pruebas. Se utilizan de forma general para transferir señales eléctricas de cualquier parte de la placa de prototipos.

Los cables de conexión tanto de audio como dupont (jumper), son utilizados para realizar las conexiones en todo el circuito eléctrico del proyecto tanto, para las placas, actuadores y controladores.



Figura 5: Jumpers

Fuente: <https://leantec.es/tienda/40-cables-macho-hembra-10cm-jumpers-dupont-254-arduino-pic-protoboards/>

II.5.6 Tira LED 12v.

Las tiras LED son diodos montados en superficie o SMD (del inglés, surface-mount device) se identifican mediante un número de cuatro dígitos. Este código es menos complicado de lo que parece, simplemente indica el tamaño del chip LED en milímetros. Por ejemplo, las dimensiones de los SMD en las tiras LED 5050 son de 5.0mm x 5.0mm.

Las tiras LED SMD 5050 tienen un tamaño de 50mm x 50mm, siendo más grandes que las tiras SMD3528. Se trata de un tipo de tira LED con mayor potencia y consumo, lo que también implica un mayor flujo luminoso que las tiras LED SMD 3528.

Las tiras elegidas para el desarrollo del presente proyecto fueron las 5050 por su mayor luminosidad y facilidad de recreación o simulación de luz UVC. Toda la gama de colores puede ser controlada mediante pwm.



Figura 6: Tira LED

Fuente: <https://energialis.com/tienda/producto/tira-de-led-12v-dc-smd5050-ip20-ultravioleta-60-led-m-5-metros/>

II.5.7 Perfil de Aluminio para LED

Los perfiles de aluminio permiten ocultar las tiras LED para realizar instalaciones profesionales, limpias y con estilo. Los Perfiles de Aluminio se utilizan para proteger las Tiras de LED contra polvo, golpes y humedad, instalándolas en su interior, dando un acabado profesional a las instalaciones.



Figura 7: Perfil de Aluminio

Fuente: <https://gneticglass.com/inicio/tira-led/agregados/perfil-de-aluminio/perfil-de-aluminio-para-tira-de-led-de-1m-2/>

II.5.8 Transistor ULN2003A

El ULN2003A es una matriz de siete transistores NPN Darlington con capacidad de 500 mA, 50 V de salida. Cuenta con diodos flyback de cátodo común para conmutar cargas inductivas. Puede venir en empaques PDIP , SOIC , SOP o TSSOP . En la misma familia se encuentran ULN2002A, ULN2004A, así como ULQ2003A y ULQ2004A, diseñados para diferentes niveles de entrada lógica.

Los siete pares de Darlington en ULN2003 pueden funcionar de forma independiente, excepto los diodos de cátodo común que se conectan a sus respectivos colectores. Con esta matriz de transistores que posee la cualidad de amplificar la corriente es que se lograra controlar las tiras LED que simularan el funcionamiento de la luz UVC.



Figura 8: ULN2003a

Fuente: <https://handsontec.com/index.php/product/uln2003a/>

II.5.9 Controlador L298N (Puente H)

El driver L298N es un dispositivo que puede controlar el sentido de funcionamiento de motores a una corriente de salida por canal de hasta 2A. Este driver cuenta con un disipador de calor acorde a las características excepcional, puede trabajar hasta con un nivel de tensión de entrada de 46V, por seguridad se recomienda usar niveles de tensión algo debajo de este valor límite. Es con este driver que controlaremos la polaridad de la corriente definiendo así el sentido en el cual queremos que rote el motor de acuerdo a la orden que se le otorgue.

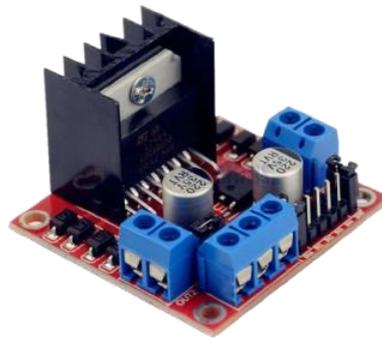


Figura 9: L298N

Fuente: <http://www.electronicapty.com/tienda/modulos-y-sensores-para-arduino/modulo-puente-h-driver-l298n-para-motores-paso-a-paso-detail>

II.5.10 Motor DC

El motor de corriente continua, denominado también motor de corriente directa, motor CC o motor DC (por las iniciales en inglés direct current), es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético.

Es posible controlar la velocidad y el par de estos motores utilizando técnicas de control de motores de corriente continua.



Figura 10: Motor DC

Fuente: [https://tienda.sawers.com.bo/zgb102fh-motorreductor-12v-30rpm-
?search=motorreductor&page=2](https://tienda.sawers.com.bo/zgb102fh-motorreductor-12v-30rpm-?search=motorreductor&page=2)

II.5.11 Trupan

El fibropanel de densidad media o MDF (por sus siglas en inglés Medium Density Fibreboard o también llamado DM, Trupán1 o Fibrofácil 2) es un producto de madera reconstituida que se obtiene descomponiendo residuos de madera dura o blanda en fibras de madera, a menudo en un desfibrilador, combinándolo con cera y un aglutinante de resina, y formando paneles mediante la aplicación de alta temperatura y presión. El MDF es por lo general más denso que el contrachapado. El MDF es más fuerte y denso que el aglomerado.

Debido a su facilidad de manipulación y corte se eligió este material para realizar el chasis y base de la estructura del robot móvil.



Figura 11: Trupán

Fuente: <https://www.msmaderas.com.ar/index.php/catalogo-de-productos-ms-maderas/itemlist/category/19-trupan>

II.5.12 Ruedas

Máquina elemental, en forma circular y de poco grueso respecto a su radio, que puede girar sobre un eje o sobre su centro. Permite transformar el rozamiento de deslizamiento en otro de rodamiento.



Figura 12: Ruedas

Fuente: <https://www.todo-ruedas.com.ar/ruedas/>

II.5.13 Rodamientos

Es la denominación de una pieza que, en algunos países, se conoce como rodaje, rolinera, balero, bolillero o rulemán. Se trata de un cojinete: un elemento que sirve como apoyo a un eje y sobre el cual este gira.

El rodamiento será el cojinete que minimiza la fricción que se produce entre el eje y las piezas que están conectadas a él en el caso del proyecto vendrían a ser las ruedas y sus ejes correspondientes. Esta pieza está formada por un par de cilindros concéntricos, separados por una corona de rodillos o bolas que giran de manera libre.



Figura 13: Rodamientos

Fuente: <https://www.nskamericas.com/es/products/nsk-innovative-products/deep-groove-ball-bearings-with-special-heat-treatment.html>

II.5.14 Cadenillas de Distribución

Una cadena de distribución sirve para transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.



Figura 14: Cadenillas de Distribución

Fuente: https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-530723651-cadenilla-de-distribucion-pulsar-200ns-colmotos-JM#searchVariation=57466864110&position=3&type=item&tracking_id=34134a8a-f0d7-4274-9f07-1cf7625fcfe9

II.5.15 Estrella de Distribución

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica de un componente a otro. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas.



Figura 15: Estrellas de Distribución

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-866693424-engranaje-de-distribucion-honda-cg150-titan-n-w--JM#searchVariation=59453247075&position=4&type=item&tracking_id=0275f042-f6d3-4f48-b302-832d1eace938

II.5.16 Ejes Metálicos

Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. El eje puede bien ser solidario a la rueda o al vehículo. En el primer caso -por ejemplo en el ferrocarril- el eje se monta sobre cojinetes o rodamientos de modo que pueda girar sobre los puntos sobre los que soporta al vehículo. En el segundo caso las ruedas tienen un agujero central que acoge un dispositivo conocido buje o cubo en el que el eje tiene un determinado tipo de ajuste, generalmente mediante la introducción de un vástago o muñón -spindle- en un rodamiento en el interior del cubo.



Figura 16: Ejes

Fuente: <https://kaddam.com/producto/eje-interior-metalico-pun%CC%83o-de-mando/>

II.5.17 Servomotor

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. En el presente proyecto el servomotor actuará como volante de dirección, será el encargado de indicar los movimientos laterales de robot móvil.



Figura 17: Servomotor

Fuente: <https://tienda.sawers.com.bo/servomotor-dms15-?search=servomotor>

II.5.18 Fuente de Alimentación

Una fuente de alimentación convierte la corriente alterna (AC) en una forma continua de energía que los componentes del ordenador necesitan para funcionar, llamada corriente continua (DC). La fuente de alimentación es a menudo abreviada como PSU y también se conoce como fuente de poder. Para objetivo del proyecto este tipo de fuente será la encargada de la alimentación del mismo produciendo 12 voltios y 10 amperios.



Figura 18: Fuente de Alimentación

Fuente: <https://www.prometec.net/las-fuentes-de-alimentacion-de-pc/>

II.6 Componentes Software

II.6.1 Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino es una aplicación multiplataforma (para Windows, macOS, Linux) que está escrita en el lenguaje de programación Java . Se utiliza para escribir y cargar programas en tableros compatibles con Arduino.

El IDE de Arduino suministra una biblioteca de software, que proporciona muchos procedimientos comunes de entrada y salida. El código escrito por el usuario solo requiere dos funciones básicas, para iniciar el boceto y el ciclo principal del programa, el IDE de Arduino emplea el programa avrdude para convertir el código ejecutable en un archivo de texto en codificación hexadecimal que se carga en la placa Arduino mediante un programa de carga en el firmware de la placa.

El IDE de Arduino es una auténtica navaja suiza que además de permitirnos programar los distintos modelos de las placas originadas en Italia también es de utilidad para trabajar con una amplia variedad de placas completamente diferentes como en este caso particular lo usamos con la placa ESP32.

Se utilizan varias librerías tanto propias de arduino como específicas de la placa ESP32 de espressif, entre ellas pubsubclient.h que será la principal librería para facilitar la conexión, suscripción y publicación con el bróker MQTT.

II.6.2 Tinkercad

Tinkercad es un programa de modelado 3D en línea gratuito que se ejecuta en un navegador web, conocido por su simplicidad y facilidad de uso. Desde que estuvo disponible en 2011, se ha convertido en una plataforma popular para crear modelos para impresión 3D, así como una introducción de nivel de entrada a la geometría sólida constructiva en las escuelas.

Tinkercad utiliza un método simplificado de geometría sólida constructiva para construir modelos. Un diseño se compone de formas primitivas que son "sólidas" o "huecas". Combinando sólidos y agujeros, se pueden crear nuevas formas, a las que a

su vez se les puede asignar la propiedad de sólido o agujero. Además de la biblioteca estándar de formas primitivas, un usuario puede crear generadores de formas personalizados utilizando un editor de JavaScript integrado.

Las formas se pueden importar en tres formatos: STL y OBJ para 3D, y formas SVG bidimensionales para extruir en formas 3D.

Tinkercad exporta modelos en formatos STL u OBJ, listos para la impresión 3D. Tinkercad también incluye una función para exportar modelos 3D a Minecraft Java Edition, y también ofrece la capacidad de diseñar estructuras usando ladrillos Lego.

En el presente proyecto se utilizó el programa de modelo para realizar el diseño en 3D del chasis de robot móvil, el diseño cuenta con las medidas en mm en escala real.

II.6.3 Broker MQTT

El broker es el servidor que acepta mensajes publicados por clientes y los difunde entre los clientes suscritos. El broker es el que contiene los distintos tópicos o temas a los que están suscritos los clientes y se encarga de la discriminación o filtro de los mismos.

Existen diversos brokers o servidores MQTT tanto de paga como gratuitos, no todos ellos brindan la totalidad de los puertos requeridos, en el caso puntual de este proyecto se usó el broker gratuito de ioticos.org.

II.6.4 Ngrok

Ngrok es una aplicación multiplataforma que permite a los desarrolladores exponer un servidor de desarrollo local a Internet con un esfuerzo mínimo. El software hace que su servidor web alojado localmente parezca estar alojado en un subdominio de ngrok.com, lo que significa que no se necesita una IP pública o un nombre de dominio en la máquina local. Se puede lograr una funcionalidad similar con el túnel SSH inverso, pero esto requiere más configuración y alojamiento de su propio servidor remoto.

Ngrok puede eludir la asignación de NAT y las restricciones de firewall mediante la creación de un túnel TCP de larga duración desde un subdominio generado aleatoriamente en ngrok.com (por ejemplo, 3gf892ks.ngrok.com) a la máquina local. Después de especificar el puerto en el que escucha su servidor web, el programa cliente ngrok inicia una conexión segura con el servidor ngrok y luego cualquiera puede realizar solicitudes a su servidor local con la dirección única del túnel ngrok.

De forma predeterminada, ngrok crea puntos finales HTTP y HTTPS, lo que lo hace útil para probar integraciones con servicios de terceros o API que requieren dominios SSL / TLS válidos. Otros casos de uso incluyen: mostrar rápidamente demostraciones locales a los clientes, probar backends de aplicaciones móviles y ejecutar servicios personales en la nube desde la PC de su hogar. En el presente proyecto se usó Ngrok para realizar un túnel con la IP fija de nuestra LAN que permita observar la transmisión de la cámara y el entorno del robot móvil.

II.6.5 Heroku

Heroku es una empresa que se especializa en ofrecer servicios de plataforma administrada, por sus siglas en inglés PaaS, en otras palabras ofrece servicios de servidores y redes administrados por Heroku en donde se pueden alojar aplicaciones de diferentes lenguajes de programación como Python, Java, PHP y más. Los servicios que Heroku ofrece están claramente orientados para desarrolladores, startups y empresas pequeñas. Heroku nació en el 2007 y fue adquirida en el 2010 por salesforce.com

Heroku utiliza contenedores Linux (Ubuntu) los cuales son llamados “dynos”, estos son utilizados para alojar las aplicaciones web, webservices o aplicaciones que se ejecutan del lado del servidor, así mismo cuenta con la posibilidad de instalar add-ons para agregar funcionalidades a dichos contenedores, por ejemplo, se pueden agregar servicios administrados de base de datos, almacenamiento en la nube o mensajería (MQ) por mencionar algunos.

Para el desarrollo del presente proyecto se escogió el lenguaje PHP por su similitud con el lenguaje HTML, en el cual HTML se encargó de la parte de etiquetado y maquetación mientras que PHP se encarga de la parte de despliegue.

II.6.6 C++

C++ es un lenguaje de programación diseñado en 1979 por Bjarne Stroustrup. La intención de su creación fue extender al lenguaje de programación C mecanismos que permiten la manipulación de objetos. En ese sentido, desde el punto de vista de los lenguajes orientados a objetos, C++ es un lenguaje híbrido.

Posteriormente se añadieron facilidades de programación genérica, que se sumaron a los paradigmas de programación estructurada y programación orientada a objetos. Por esto se suele decir que el C++ es un lenguaje de programación multiparadigma.

C++ es el lenguaje con el cual se programó las funcionalidades del robot en las placas de desarrollo ESP32 y ESP32 CAM mediante el software Arduino IDE, algunas características de este lenguaje son:

- Su sintaxis es heredada del lenguaje C.
- Programa orientado a objetos (POO).
- Permite la agrupación de instrucciones.
- Lenguaje muy didáctico, con este lenguaje puedes aprender muchos otros lenguajes con gran facilidad.
- Es portátil y tiene un gran número de compiladores en diferentes plataformas y sistemas operativos.
- Permite la separación de un programa en módulos que admiten compilación independiente.
- Es un lenguaje de alto nivel.

II.6.7 PHP

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML. Es un lenguaje de scripting de código abierto, del lado del servidor, con programación HTML integrada que se utiliza para crear páginas web dinámicas. Las ventajas de PHP son su flexibilidad y su alta compatibilidad con otras bases de datos. Además, PHP es considerado como un lenguaje fácil de aprender.

En el presente proyecto PHP se utilizó al momento de crear un proyecto para subir a la nube mediante Heroku para poder desplegar el código HTML que da origen al control remoto del prototipo que se conecta al bróker MQTT.

II.6.8 JavaScript

JavaScript (abreviado comúnmente JS) es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico.

Se utiliza principalmente del lado del cliente, implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas y JavaScript del lado del servidor (Server-side JavaScript o SSJS). Su uso en aplicaciones externas a la web, por ejemplo en documentos PDF, aplicaciones de escritorio (mayoritariamente widgets) es también significativo.

JavaScript es el lenguaje mediante el cual damos funcionalidad a los eventos de los distintos botones y comandos por teclado del control remoto del prototipo.

II.6.9 JQuery

JQuery es una biblioteca multiplataforma de JavaScript, creada inicialmente por John Resig, que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX a páginas web.¹ Fue presentada el 14 de enero de

2006 en el BarCamp NYC. De acuerdo a un análisis de la Web (realizado en 2017) JQuery es la biblioteca de JavaScript más utilizada, por un amplio margen.

JQuery es software libre y de código abierto, posee un doble licenciamiento bajo la Licencia MIT y la Licencia Pública General de GNU v2, permitiendo su uso en proyectos libres y privados. JQuery, al igual que otras bibliotecas, ofrece una serie de funcionalidades basadas en JavaScript que de otra manera requerirían de mucho más código, es decir, con las funciones propias de esta biblioteca se logran grandes resultados en menos tiempo y espacio.

II.6.10 Enterprise Architect

Enterprise Architect es una herramienta comprensible de diseño y análisis UML, cubriendo el desarrollo de software desde el paso de los requerimientos a través de las etapas del análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. EA es una herramienta multi-usuario, basada en Windows, diseñada para ayudar a construir software robusto y fácil de mantener. Ofrece salida de documentación flexible y de alta calidad.

En el presente proyecto se usó esta plataforma para desarrollar y diseñar los distintos diagramas UML como ser los diagramas de actividades y los diagramas de secuencia.

II.6.11 Fritzing

Fritzing es un programa libre de automatización de diseño electrónico que busca ayudar a diseñadores y artistas para que puedan pasar de prototipos (usando, por ejemplo, placas de pruebas) a productos finales.

Fritzing fue creado bajo los principios de Processing y Arduino, y permite a los diseñadores, artistas, investigadores y aficionados documentar sus prototipos basados en Arduino y crear esquemas de circuitos impresos para su posterior fabricación. Además, cuenta con un sitio web complementario que ayuda a compartir y discutir bosquejos y experiencias y a reducir los costos de fabricación y su diseño de arte de artistas.

Con esta herramienta se realizó el diseño de los circuitos eléctricos que posteriormente se utilizaron en el desarrollo real del prototipo.

II.7 Metodología de Desarrollo del Proyecto

Para el presente proyecto de grado se utiliza la metodología ROS XP, adaptando de la mejor manera cada una de sus faces al presente proyecto.

II.7.1 Metodología ROS-XP

El diseño de la metodología se caracterizó por ser experimental, exploratoria e instrumental para la validación de un conjunto de métodos que contemplan la ejecución de una serie de actividades conexas a los objetivos. La metodología se fundamenta en tres pilares: Planeación del Proyecto, Iteraciones y Producción.

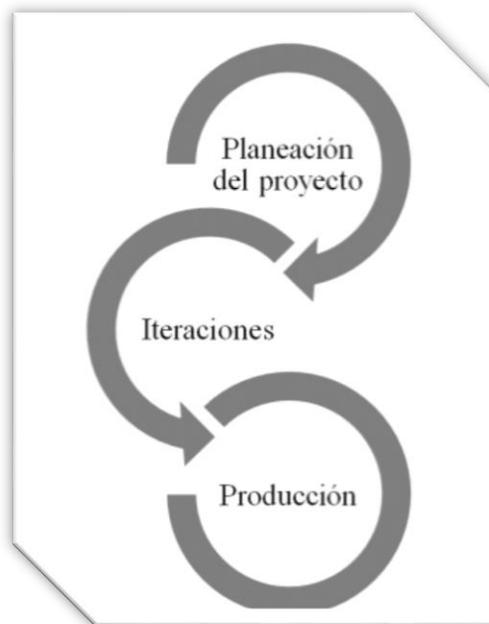


Figura 19: Pilares de la Metodología ROS-XP

Fuente: D. Ramírez, J. Branch, J. Jiménez. “Metodología de desarrollo de software para plataformas educativas robóticas usando ROS-XP.”, Revista Politécnica, vol. 15, no.30, pp.55-69, 2019. DOI:

10.33571/rpolitec.v15n30a6

Planeación del Proyecto

Se compone a su vez de 3 etapas a saber:

Historias de Usuario

Es donde se recabará la información necesaria para obtener los requerimientos, componentes electrónicos y diseño del prototipo, son definidas por el líder con la participación de los equipos de desarrollo, las cuales pueden ser modificadas en cualquier momento del ciclo de vida del proyecto, si el equipo de trabajo lo consideraba necesario.

Cronograma

Se diseña el cronograma para definir el número de iteraciones que se realizaron y las fechas de entrega de los módulos funcionales correspondientes a esas fechas.

Pruebas funcionales

Se define las pruebas funcionales. Por ejemplo, determinar el comportamiento que va a tener el robot de acuerdo a las órdenes que el mismo reciba.

Iteraciones

Se compone a su vez, de cuatro etapas, a saber: Planeación de la iteración, Diseño, Programación y Pruebas.

Planeación de la Iteración

Como su nombre lo indica, en esta etapa se definen los pasos a seguir en un rango determinado de tiempo, se determinará qué tipo de pruebas y cada que cierto avance se realizarán.

Diseño

La metodología propuesta se diferencia de XP en que se propone un diseño obligatorio pero sencillo, el cual maneja un grupo de diagramas como el de secuencia y computacionales de grafos de ROS. Recordemos que esta metodología fue diseñada

para programadores no muy expertos en ingeniería o arquitectura de software; por lo tanto, los diseños deben ser sencillos, pero de gran utilidad.

En esta parte se modelará la estructura del prototipo del robot móvil así como la interfaz a utilizar.

Programación

La codificación de ROS-XP no cambia de los estándares sugeridos de XP. Esta se basa en el paradigma de la programación orientada a objetos y las buenas prácticas. Una de las propuestas que se sigue es la programación en pareja lo cual permite realizar una codificación de mejor calidad, dando a que se compartan ideas, se aprendan técnicas de programación unos de otros y se corre menos riesgo de perder tiempo.

Pruebas

Aquí se valida el código que se implementó en cada iteración.

Producción

En este tercer pilar se encarga de todo lo referente a la entrega final del proyecto. Consta de tres etapas a saber: Ajustes, diagrama final y puesto en marcha o despliegue.

CAPÍTULO III: COMPONENTE I

III.I.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo redactar y dar a conocer los procesos realizados para la elaboración completa del proyecto, tomando en cuenta los componentes de capacitación y componente tecnológico. En cuanto al componente tecnológico se describirá la aplicación de la metodología usada para la elaboración del proyecto descrita en cada una de sus etapas. Mientras que para el componente capacitación se procederá a la verificación del cumplimiento de este componente a través del uso del robot móvil por parte del personal correspondiente.

III.I.2 Objetivos

III.I.2.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de robot móvil esterilizante controlado remotamente por medio de tecnología IoT para la Caja de Salud de la Banca Privada de Tarija.

III.I.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el esqueleto del robot móvil con el software online TINKERCAD.
- Ensamblar las partes de trupan acorde al modelo diseñado previamente.
- Integrar los componentes electrónicos con el esqueleto del robot móvil.
- Programar las funcionalidades del robot móvil mediante Arduino IDE utilizando lenguaje C++.
- Diseñar y elaborar la interfaz del control remoto del robot móvil con lenguaje HTML5 para el maquetado y PHP para su despliegue.
- Automatizar las funcionalidades del robot móvil.

III.I.3 Alcances y Limitaciones

III.I.3.1 Alcances

- Tracción gracias a un motor DC de 12v
- Dirección en base a los grados de giro del servomotor
- Encendido manual del sistema de Iluminación LED
- Apagado Automático del sistema de iluminación LED

- Conexión de las placas de desarrollo a la red Local
- Transmisión o streaming por la placa ESP32 CAM
- Conexión de las placas al bróker MQTT
- Desarrollo de una Interfaz Amigable con el usuario

III.I.3.2 Limitaciones

- El robot móvil no genera reportes
- El robot móvil no posee una batería de alimentación Autónoma
- La cantidad de revoluciones máximas son de 40rpm
- La altura de irradiancia del prototipo es de 70 cm vertical desde el suelo.

III.I.4 Aplicación de la Metodología

III.I.4.1 Planeación del Proyecto

III.I.4.1.1 Historias de Usuario

De acuerdo a la información recabada en las entrevistas (ver anexo N 2) a la persona enlace con la institución, que en este caso se trata de una Licenciada en Medicina especializada en pediatría, a su vez entrevistando a profesionales externos del área de Bioquímica, se tomaron en cuenta ciertos parámetros en cuanto a funcionalidades y dimensiones que deberá tener el prototipo de robot móvil. Uno de los puntos definidos en base al entorno en el que se desenvolverá el robot móvil fue la elección de la locomoción del mismo que será de tipo terrestre basada en ruedas convencionales, así mismo se decidió que tipo de actuadores y recursos hardware electrónicos se utilizarán.

Si bien se trata de un prototipo funcional y se optó por que el chasis o estructura del robot sea en su mayoría de trupan, el diseño del mismo fue realizado en 3D usando el programa online gratuito TINKERCAD, en el diseño se consideran las medidas en escala real 500mmX300mmX12mm.

En la siguiente tabla se mostrarán los precios de todos los componentes de hardware utilizados en el proyecto:

Costo detallado del diseño y construcción de la estructura del robot móvil.

Nro.	Actividades	Precio Unitario	Gastos del Proyecto
1	Placa ESP32	80.00	80.00
2	Placa ESP32 CAM	105.00	105.00
3	Protoboard	10.00	10.00
4	Espadines Macho y Hembra	4.00	8.00
5	Cable de conexión(audio o Jumper)	5.00	10.00
6	Tira LED smd 5050 12v	60.00	60.00
7	Perfil de Aluminio	30.00	30.00
8	ULN2003A	4.00	4.00
9	L298N	20.00	20.00
10	Motor DC	210.00	210.00
11	Trupan	250.00	125.00
12	Ruedas	17.50	70.00
13	Rodamientos	15.00	45.00
14	Cadenillas	35.00	35.00
15	Estrellas de distribución	10.00	30.00
16	Ejes metálicos	50.00	100.00
17	Servomotor	80.00	80.00
18	Fuente de Poder de PC	200.00	200.00

Tabla 1: Costo detallado del diseño y construcción de la estructura del robot móvil

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2 Iteraciones

III.I.4.2.1 Planeación de Iteraciones

En este punto determinamos cómo es que se afrontarán las siguientes sub-etapas de Diseño, Programación y Pruebas, para de este modo poder cumplir con las funcionalidades que tendrá el prototipo de robot móvil previamente acordadas. Esta es la parte que consume la mayor cantidad de tiempo ya que después de cada testeo de los componentes, conexiones e instalaciones se suelen observar los fallos y de acuerdo a la metodología se debe retornar a este punto para la corrección de los mismos.

III.I.4.2.2 Diseño

III.I.4.2.2.1 Diagrama de Actividad General de Locomoción

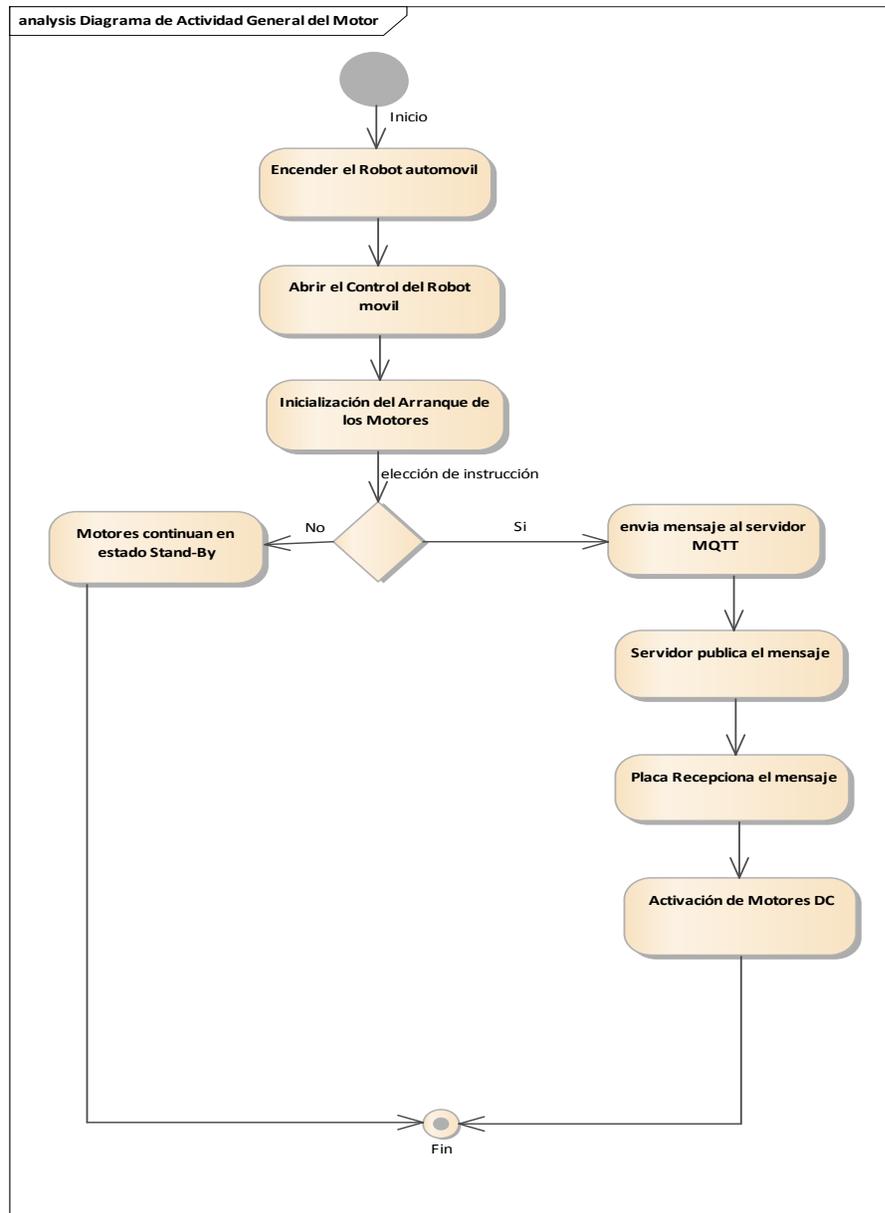


Figura 20: Diagrama General de Locomoción

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2 Diagrama de Actividad Sistema de luz UV

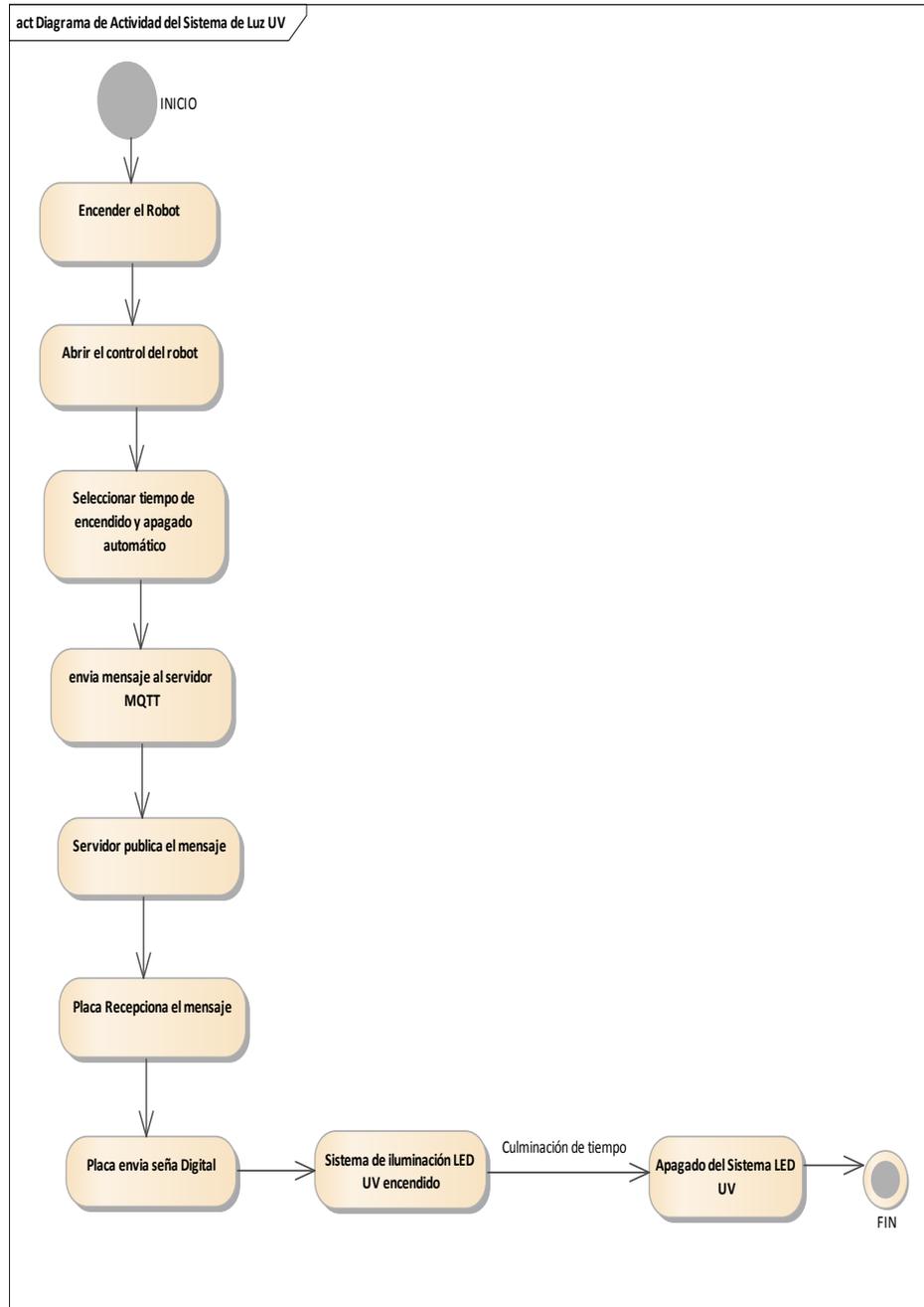


Figura 21: Diagrama de Actividad Sistema de Luz

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.3 Diagrama de Actividad Cámara IP WiFi

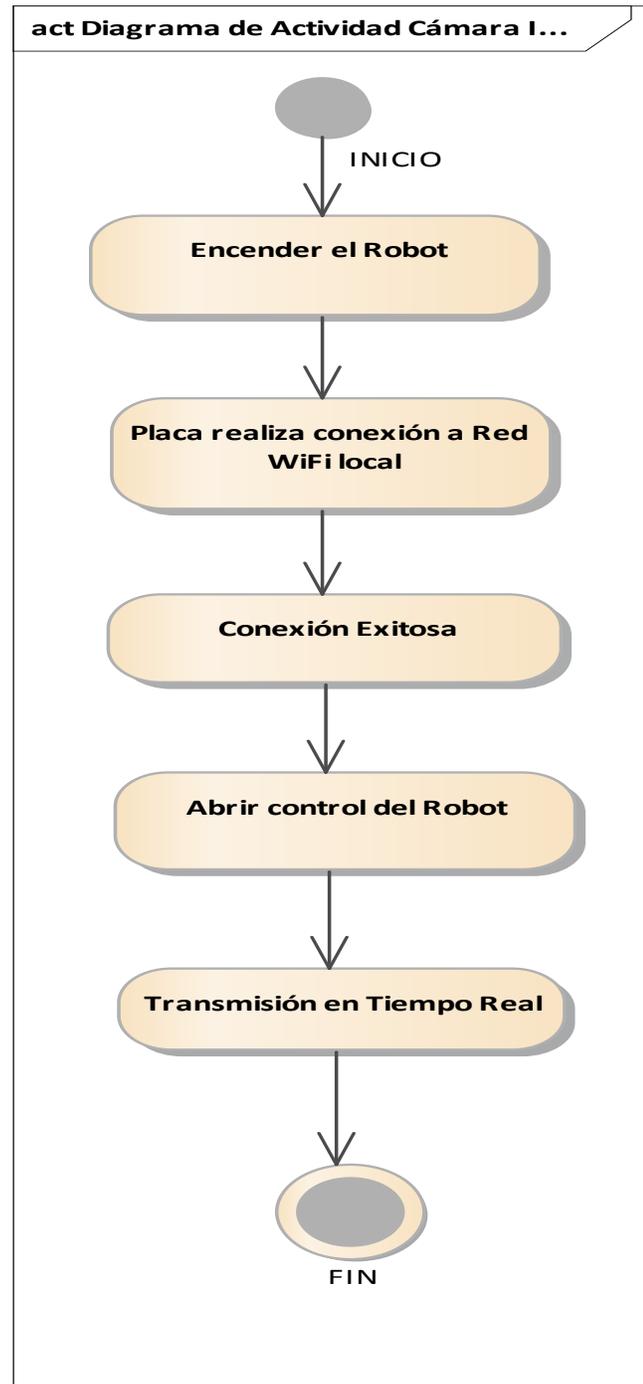


Figura 22: Diagrama de Actividad Cámara IP WiFi

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.4 Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Adelante

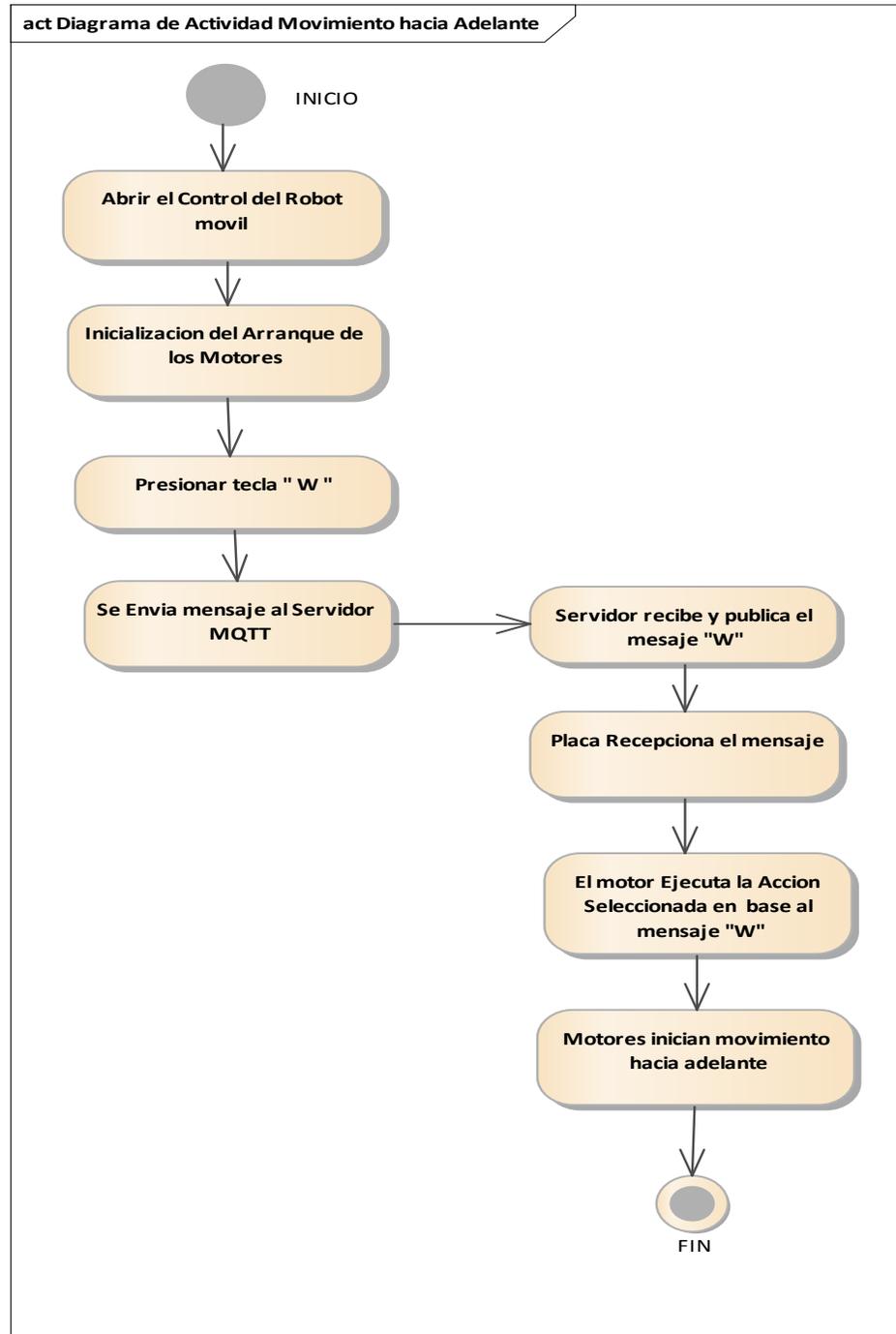


Figura 23: Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Adelante

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.5 Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Atrás

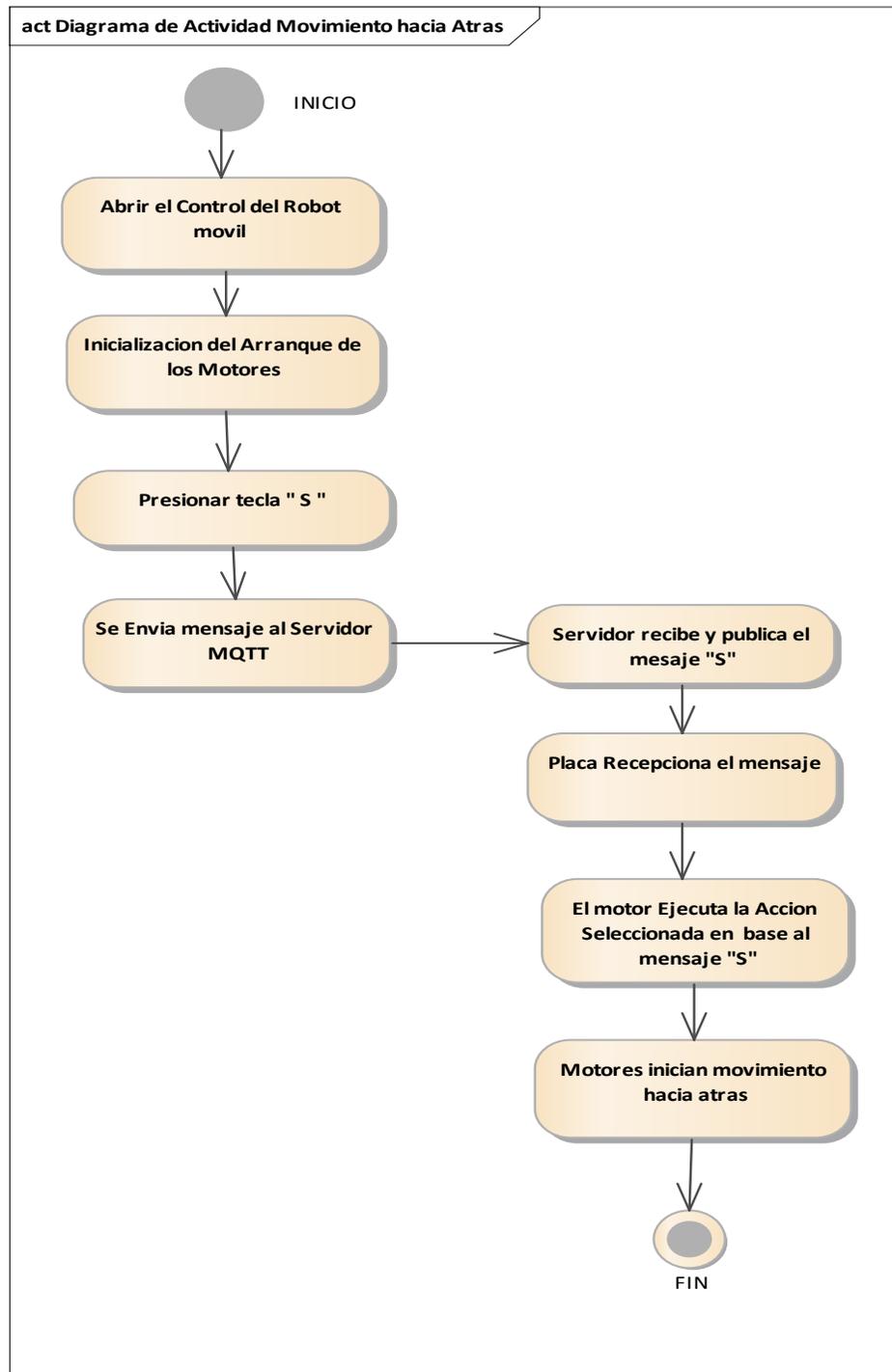


Figura 24: Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Atrás

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.6 Diagrama de Actividad Dirección Derecha

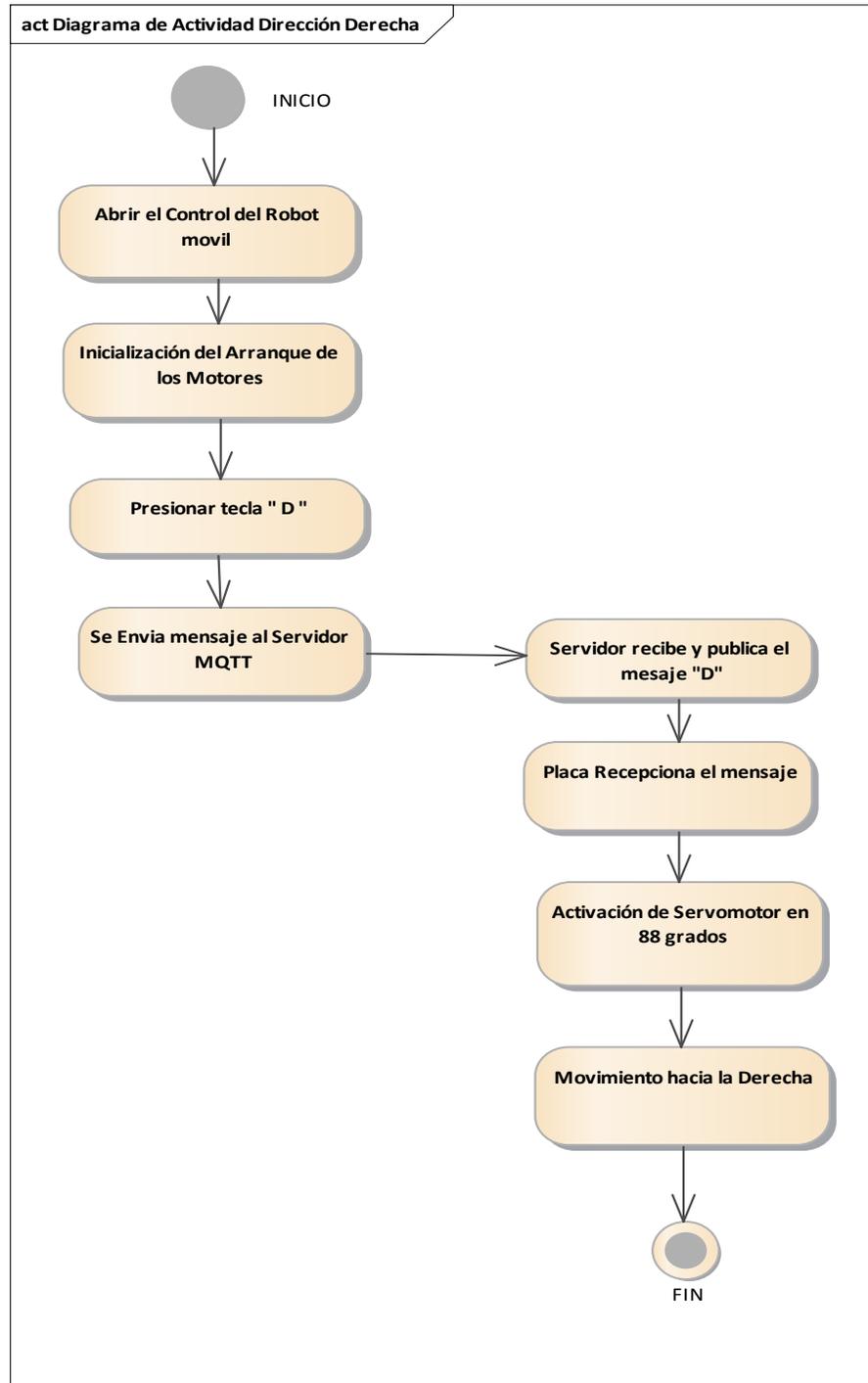


Figura 25: Diagrama de Actividad Dirección Derecha

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.7 Diagrama de Actividad Dirección Izquierda

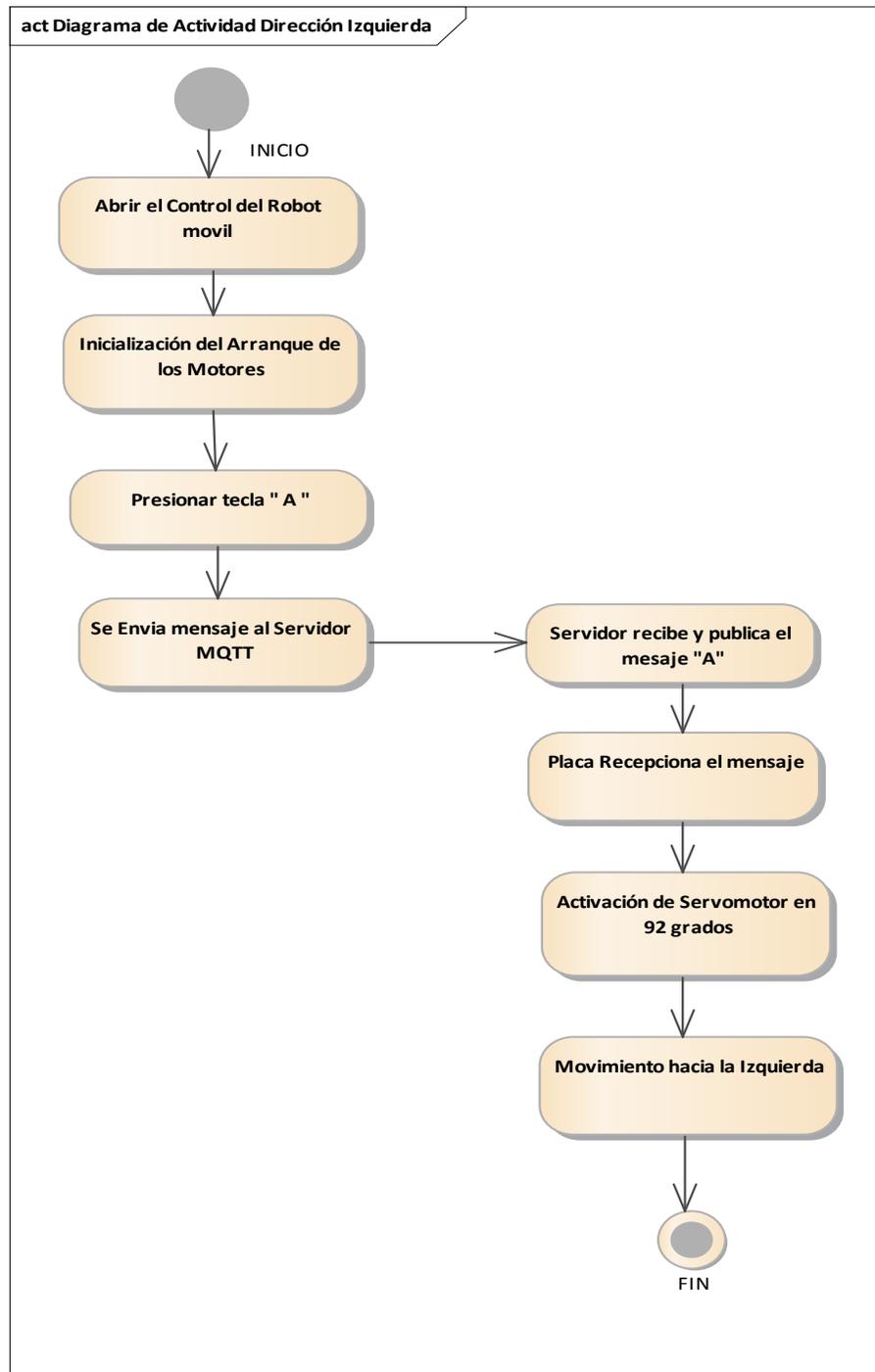


Figura 26: Diagrama de Actividad Dirección Izquierda

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.8 Diagrama de Secuencia SetupWifi

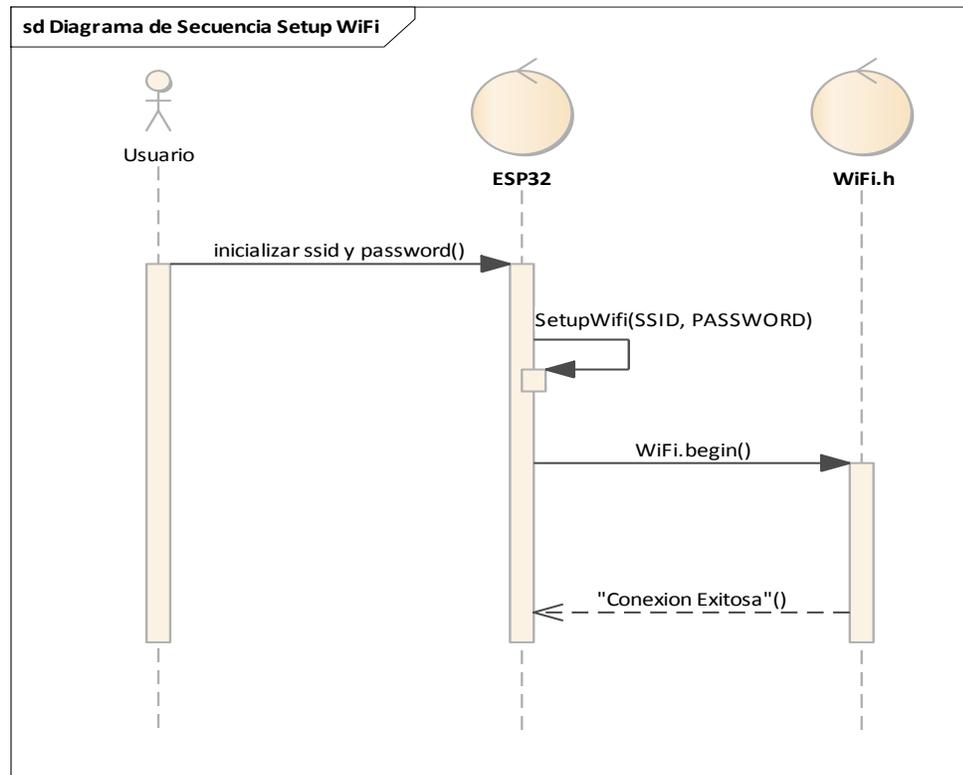


Figura 27: Diagrama de Secuencia SetupWifi

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.9 Diagrama de Secuencia ESP32 CAM

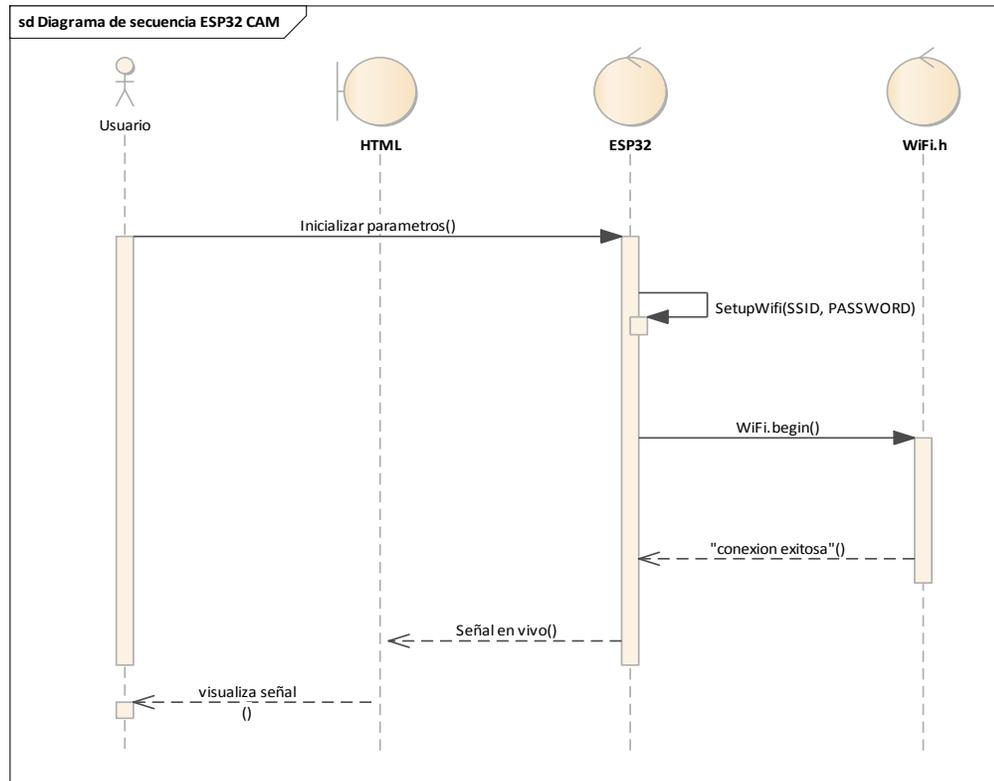


Figura 28: Diagrama de Secuencia ESP32 CAM

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.10 Diagrama de Secuencia Conexión MQTT

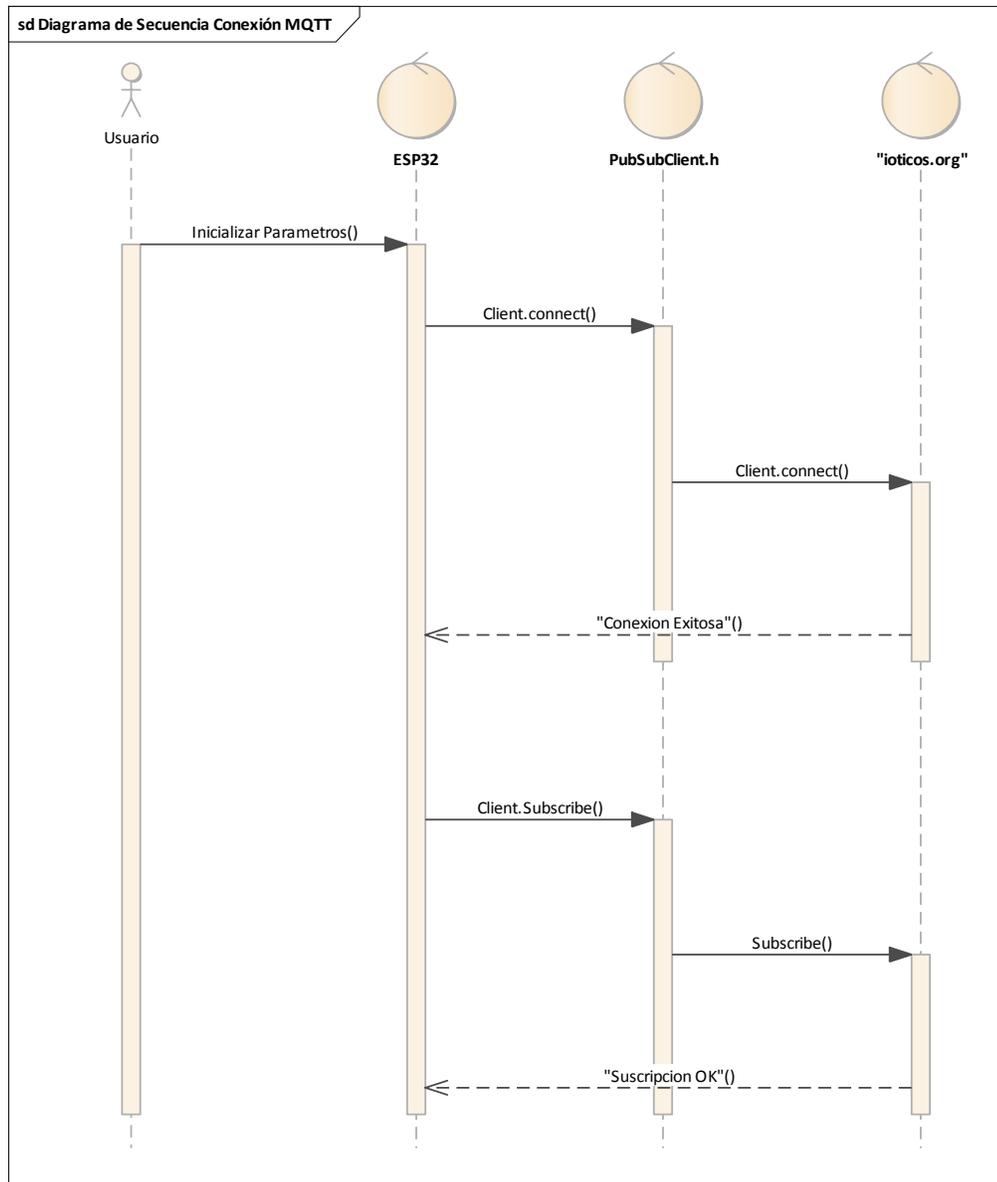


Figura 29: Diagrama de Secuencia Conexión MQTT

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.11 Diagrama de Conexión y Esquemático Cámara ESP32

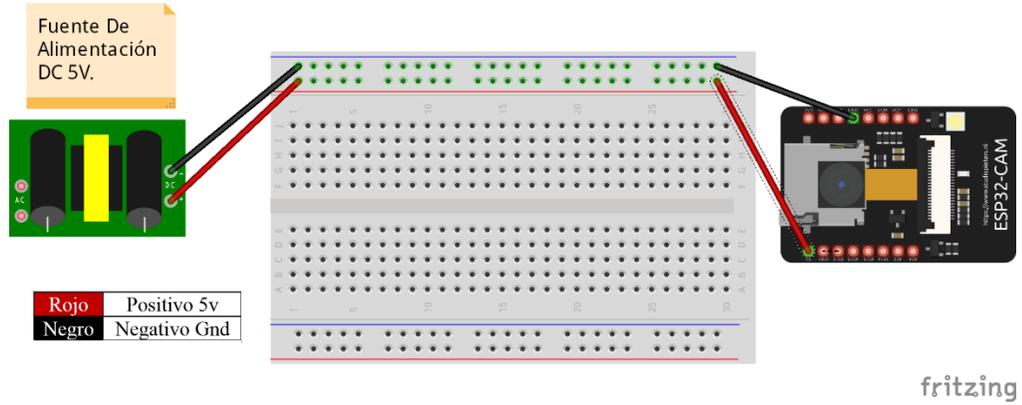


Figura 30: Diagrama de Conexión ESP32 CAM

Fuente: Elaboración Propia

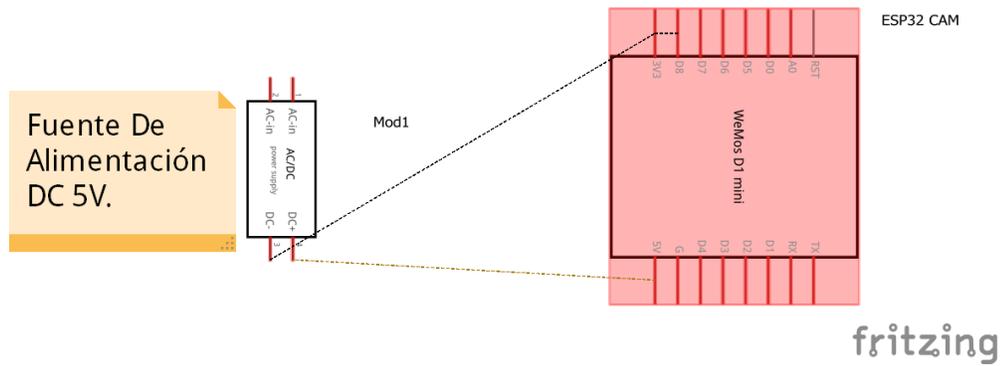


Figura 31: Diagrama de Esquemático ESP32 CAM

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.12 Diagrama de Conexión y Esquemático del Sistema de Luz UV

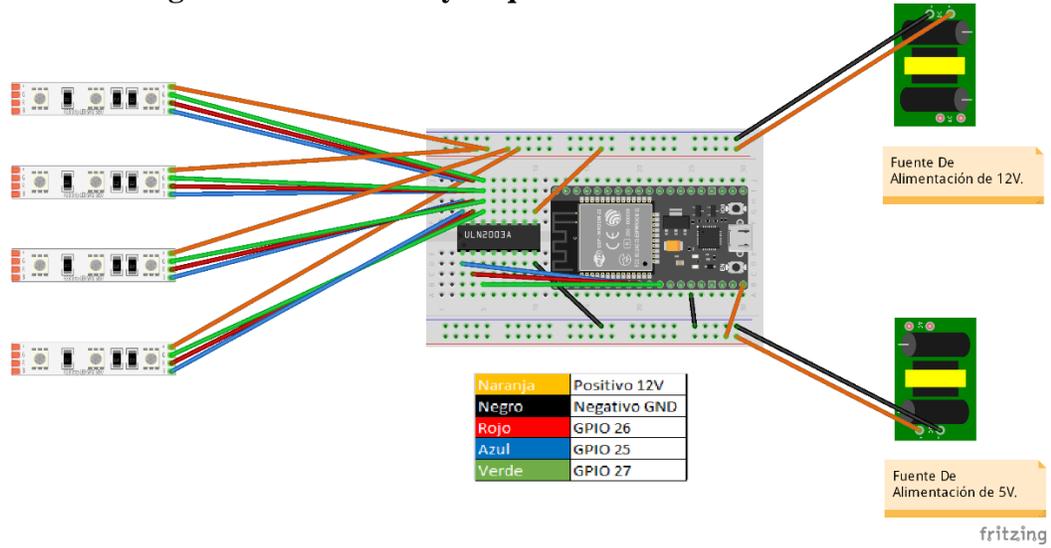


Figura 32: Diagrama de Conexión Luz UV

Fuente: Elaboración Propia

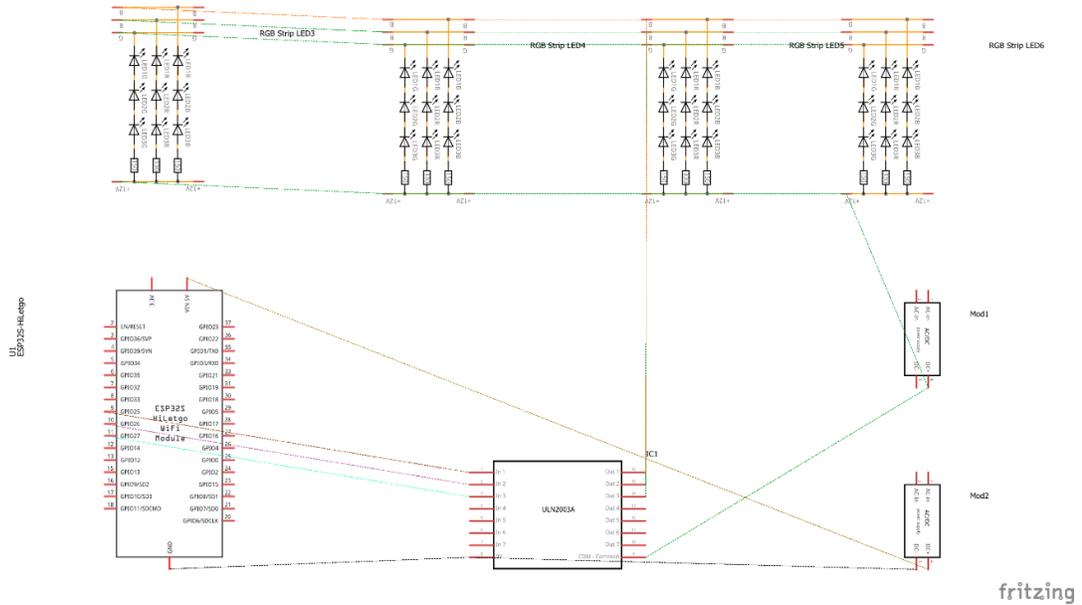


Figura 33: Diagrama de Esquemático Luz UV

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.13 Diagrama de Conexión y Esquemático Servomotor

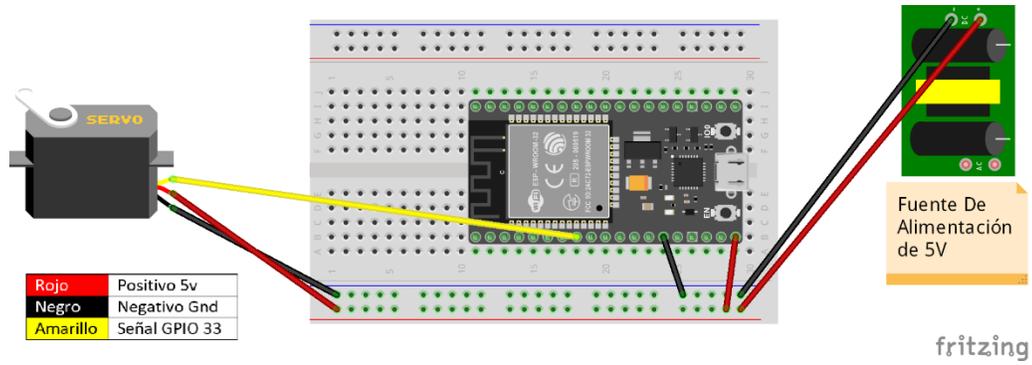


Figura 34: Diagrama de Conexión Servomotor

Fuente: Elaboración Propia

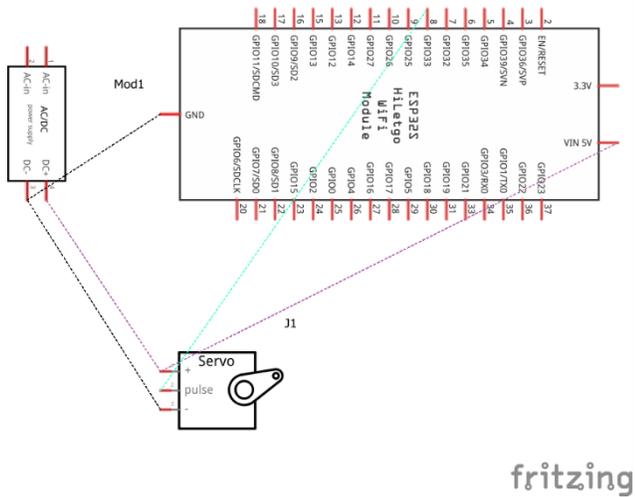


Figura 35: Diagrama de Esquemático Servomotor

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.2.14 Diagrama de Conexión y Esquemático Motor DC

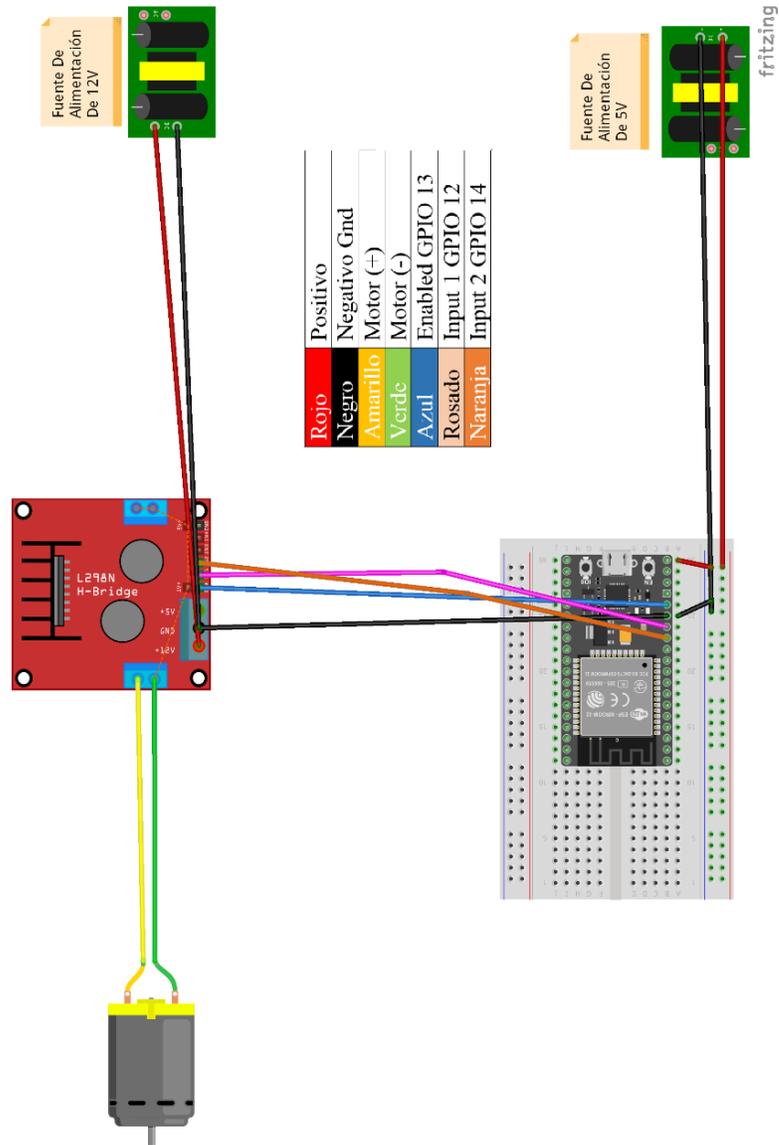


Figura 36: Diagrama de Conexión Motor DC

Fuente: Elaboración Propia

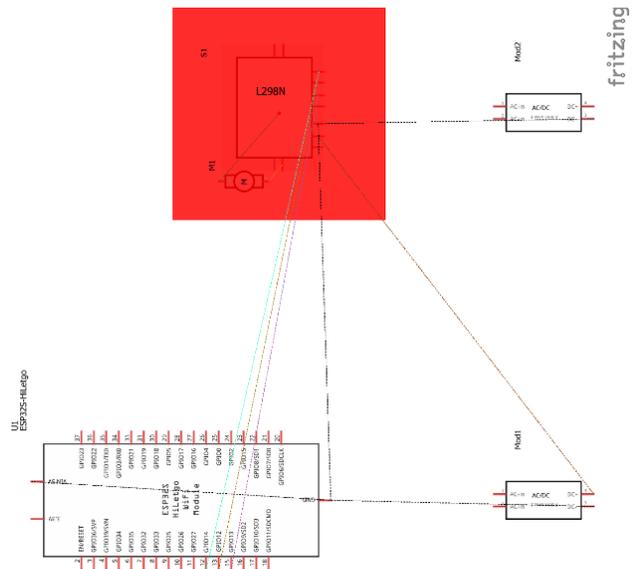


Figura 37: Diagrama de Esquemático Motor DC

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.3 Construcción

III.I.4.2.3.1 Modelo 3D

Modelo TinkerCad 3D (proceso de ensamblaje)

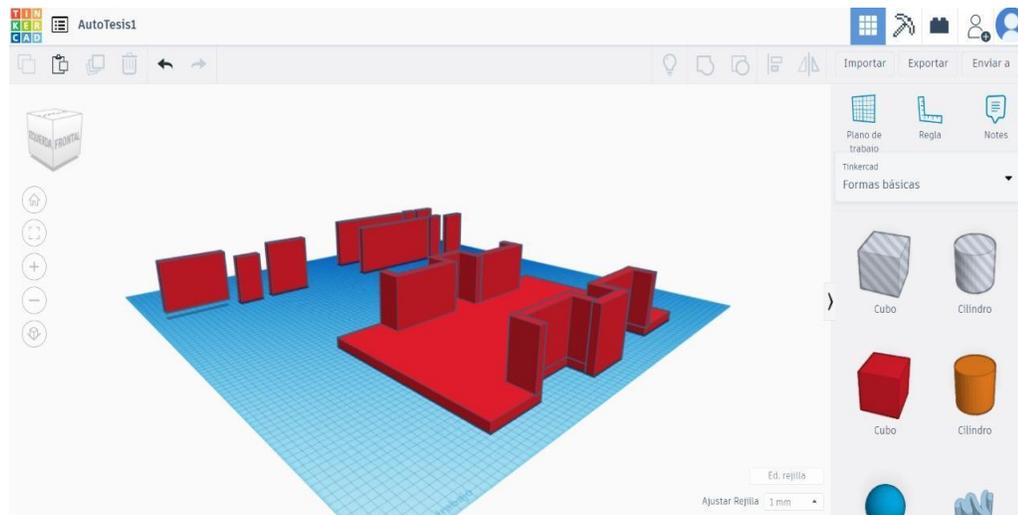


Figura 38: Modelo TinkerCad 3D (proceso de ensamblaje)

Fuente: Elaboración Propia

El diseño del modelo en 3d fue realizado en el software online gratuito TINKERCAD, basado en figuras geométricas sobrepuestas en ambas formas disponibles tanto sólidas como huecas. Las dimensiones elegidas para el desarrollo del modelo fueron de 500mm x 300mm x 12mm

Partes:

Base: Base del Esqueleto del robot móvil a la cual se integraran el resto de las partes y será soporte de todos los componentes electrónicos.

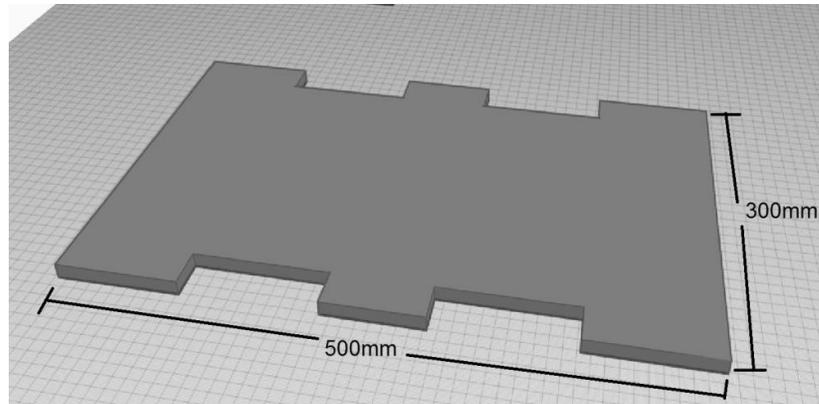


Figura 39: Base

Fuente: Elaboración Propia

Extremos: Extremos de la Estructura tanto de la parte trasera como delantera.

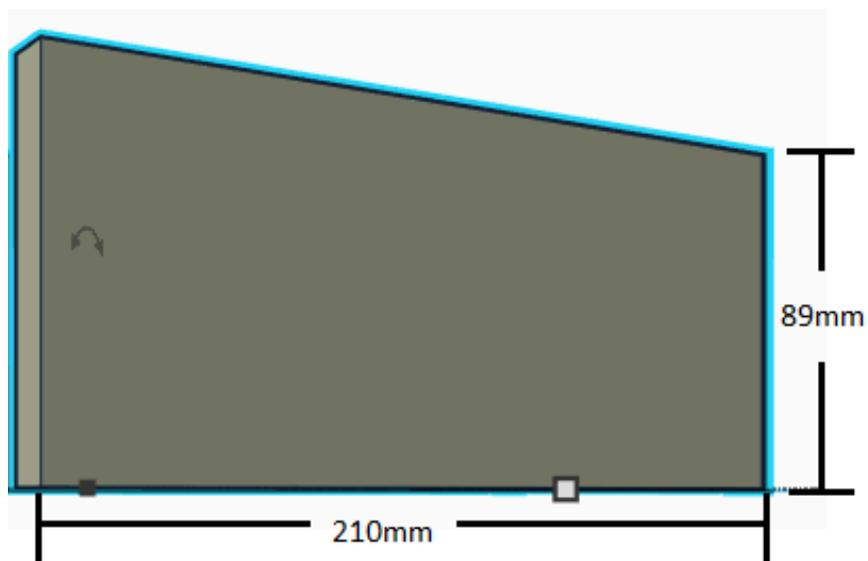


Figura 40: Extremos

Fuente: Elaboración Propia

Ejes: Esta parte es en la que se perfora una circunferencia para que se empotren los rodamientos

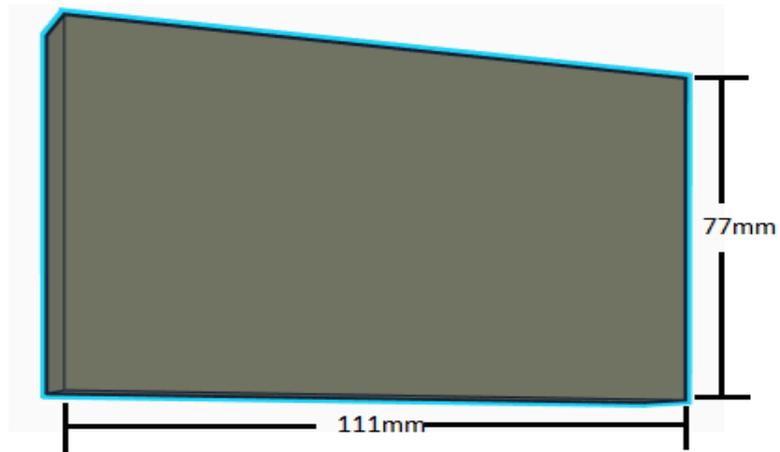


Figura 41: Ejes

Fuente: Elaboración Propia

Espacio Central Motor: Esta parte sirve como bolsillo o encaje del motor DC.

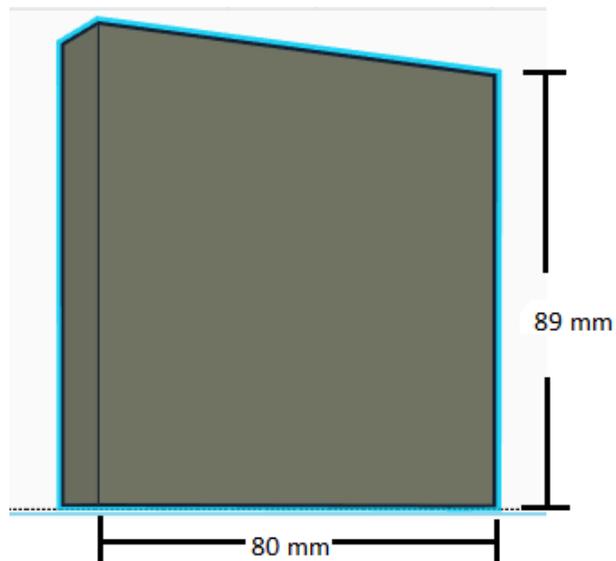


Figura 42: Espacio Central Motor

Fuente: Elaboración Propia

Paredes: Partes que componen los lados del robot móvil cerrando el espacio de luz de la base.

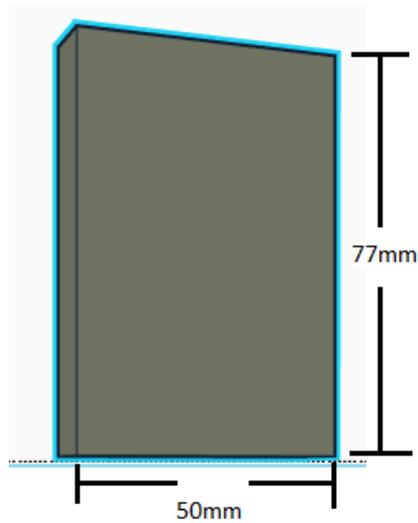


Figura 43: Paredes

Fuente: Elaboración Propia

Pared Lados Trasera: Esta parte une los lados con los extremos de la parte posterior.

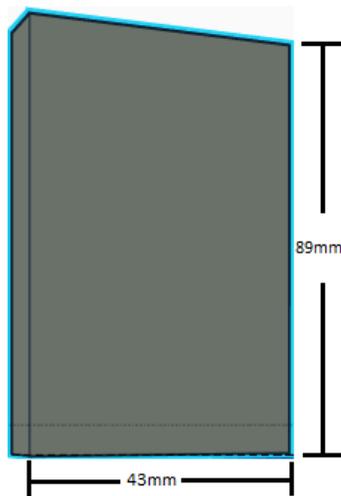


Figura 44: Pared Lados Trasera

Fuente: Elaboración Propia

Pared Lados Delantera: Esta parte une los lados con los extremos de la parte anterior.

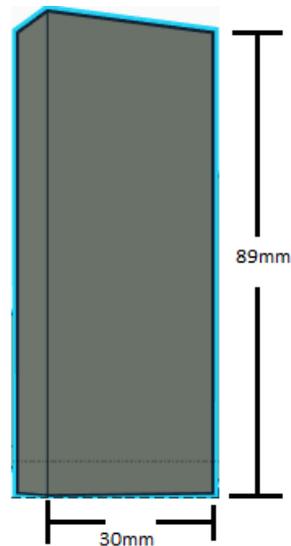


Figura 45: Pared Lados Delantera

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA	DIMENSIONES	CANTIDAD
Base	500mm x 300mm x 12 mm	1
Extremos	210mm x 89mm x 12mm	2
Ejes	111mm x 77mm x 12mm	4
Espacio Central Motor	80mm x 89mm x 12mm	2
Paredes	50mm x 77mm x 12mm	8
Pared Lado Trasera	43mm x 89mm x 12mm	2
Pared lado Delantero	30mm x 89mm x 12mm	2

Tabla 2: Especificaciones de las Partes

Fuente: Elaboración Propia

Todas las partes están diseñadas para poder ser impresas en 3d, sin embargo el material usado en el presente proyecto fue el trupan, las mismas fueron dibujadas sobre el material mencionado para posteriormente ser cortadas, las piezas están sobrepuestas y pegadas una a una sobre la base o el costado de la misma dando como resultado el ensamblado total del chasis o estructura del móvil como se observa a continuación:

Estructura Final 3D: Vista del resultado final del modelo 3D

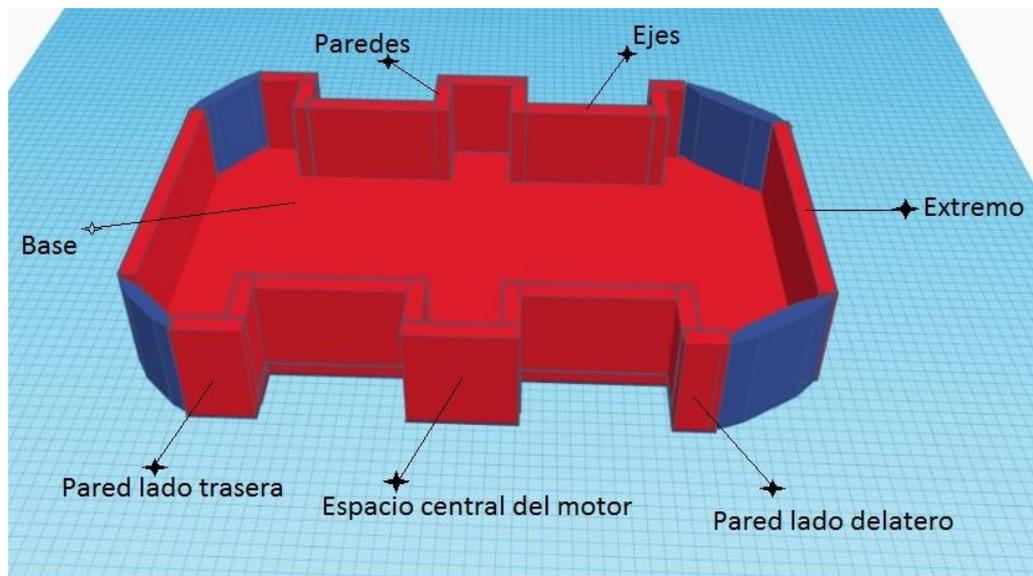


Figura 46: Estructura Final 3D

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.3.2 Proceso de Construcción

A continuación se presentara el proceso de ensamblado del modelo 3D ya obtenido en trupan. Una vez teniendo el modelo se colocó el eje y la cadena en el espacio de luz de la base del robot móvil.

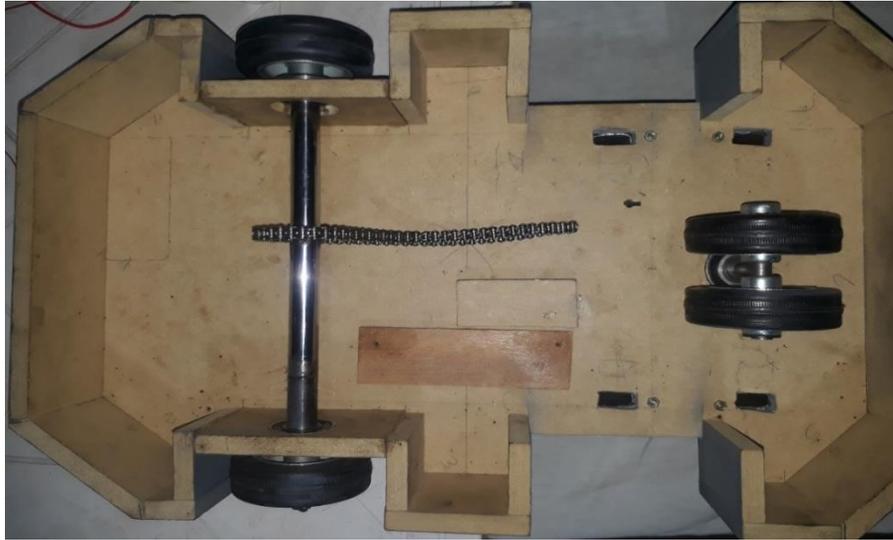


Figura 47: Espacio de luz de la Base y Eje

Fuente: Elaboración Propia



Figura 48: Motor DC y soporte

Fuente: Elaboración Propia



Figura 49: Servomotor

Fuente: Elaboración Propia



Figura 50: Soldadura LED

Fuente: Elaboración Propia

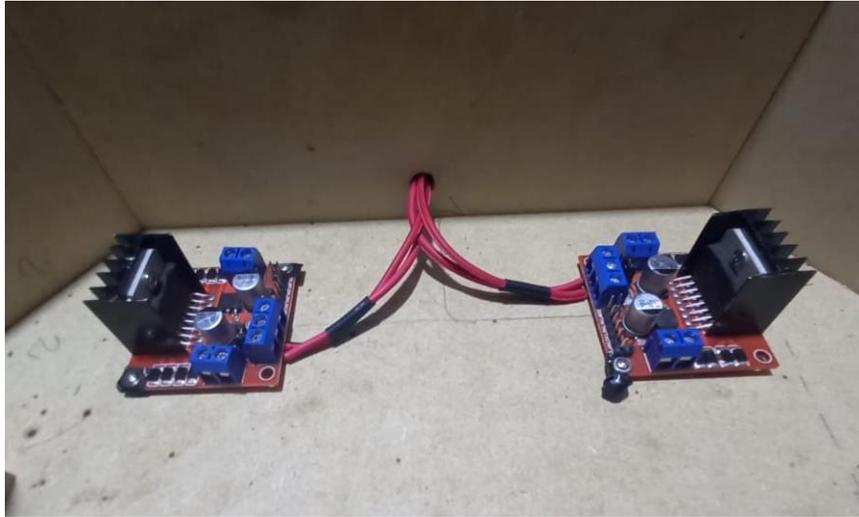


Figura 51: Colocado L298N

Fuente: Elaboración Propia

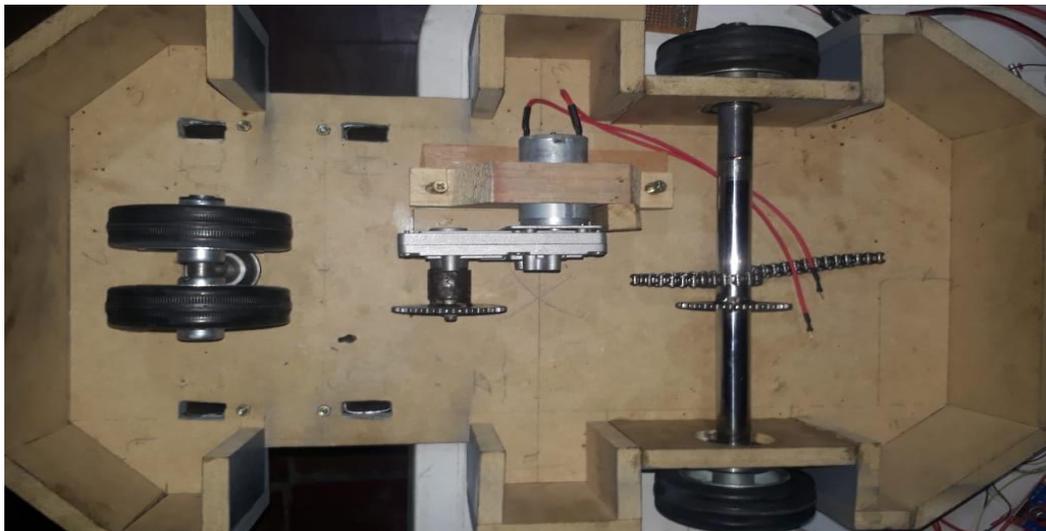


Figura 52: Asegurado del Motor

Fuente: Elaboración Propia

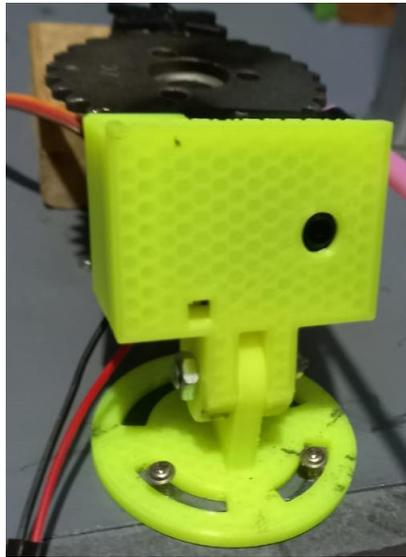


Figura 53: Empotrado de la Cámara

Fuente: Elaboración Propia

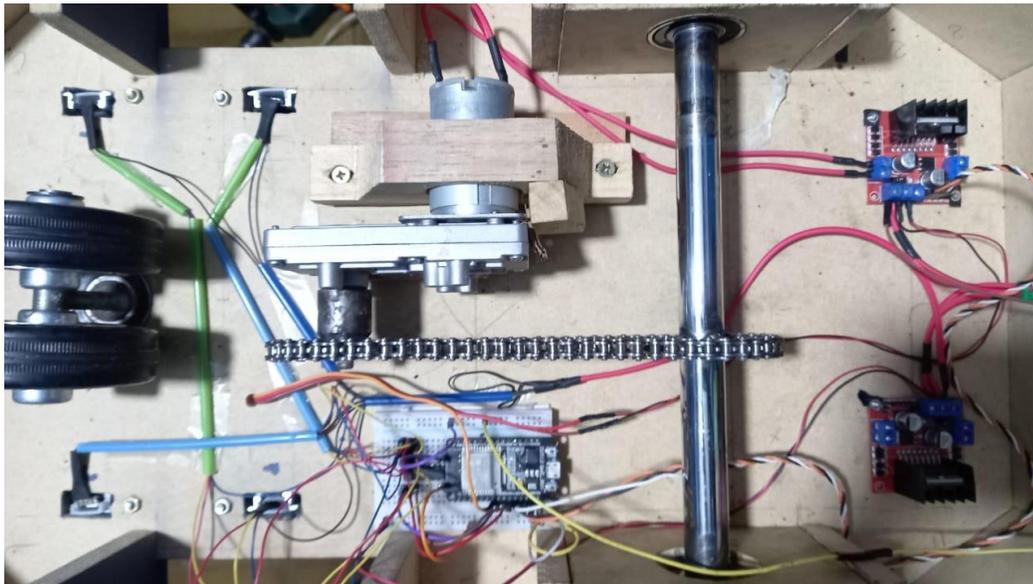


Figura 54: Circuito Final

Fuente: Elaboración Propia



Figura 55: Funcionamiento LED's

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.3.3 Interfaz De Usuario

Recordemos que esta metodología fue diseñada para programadores no muy expertos en ingeniería o arquitectura de software; por lo tanto, los diseños deben ser sencillos, pero de gran utilidad. En el caso del presente proyecto de grado se cuenta con una interfaz de usuario de estilo control remoto que trata de ser lo más intuitiva y amigable posible para con el usuario, la misma cuenta con la visión/transmisión de la cámara, instrucciones de los controles de tracción y dirección de los motores, botones de “apagado” y “encendido” y un cronómetro de control de intervalo de ejecución de la funcionalidad de los LEDs.

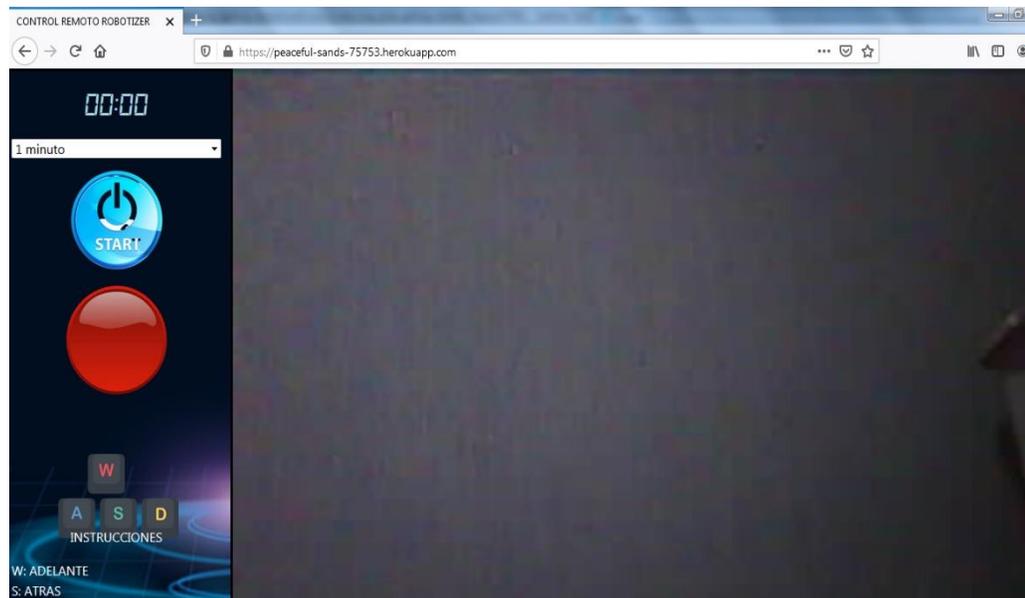


Figura 56: Interfaz Control Remoto

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.2.4 Programación

III.4.2.4.1 Código Placa ESP32

LIBRERIAS USADAS

```
#include <PubSubClient.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESP32Servo.h>
#include <analogWrite.h>

Servo miServo;

WiFiClient espClient;           // estas dos líneas de código van después de la
declaración

PubSubClient client(espClient); // de punteros
```

DECLARACION DE VARIABLES

```
const char* ssid = "NOMBRE DE LA RED";
const char* password = "CLAVE DE LA RED";
const char *mqtt_server = "ioticos.org";
const int  mqtt_port = 1883;
const char *mqtt_user = "FQJkKN7I2LhcJOV";
const char *mqtt_pass = "qYKQvIJrAQqSI9";
const char *root_topic_subscribe = "uT1ryFsCcCAEzNn/input";
const char *root_topic_publish = "uT1ryFsCcCAEzNn/output";
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;
const int BlueLED = 25;
const int RedLED = 26;
const int GreenLED = 27;
int red = 0;
int green = 152;
int blue = 250;
unsigned long tiempoInicio = 0;
int duracion = 0;
bool started = false;
const byte enableMotor = 13;
const byte motorA = 12;
const byte motorB = 14;
```

CONEXION WIFI

```

void setup_wifi(){
  Serial.println();
  Serial.println("Conectando a...");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Conectado a red WiFi!");
  Serial.println("Dirección IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

CONEXIÓN MQTT

```

void reconnect(){
  while (!client.connected()) {
    Serial.println("Intentando Conexión MQTT");
    String clientId = "iot_1_";
    clientId = clientId + String(random(0xffff), HEX);
    if(client.connect(clientId.c_str(),mqtt_user,mqtt_pass)) {
      Serial.println("Conexión a MQTT exitosa!!!");
      client.publish(root_topic_publish, "primer mensaje");
      client.subscribe(root_topic_subscribe);
    }else{
      Serial.println("Falló la conexión ");
    }
  }
}

```

```
Serial.print(client.state());  
Serial.print(" Se intentará de nuevo en 5 segundos");  
delay(5000); } } }
```

CONTROL DE LUZ

```
void controlLuz(char activar){  
  if (activar == '0') {  
    analogWrite(RedLED,LOW);  
    analogWrite(GreenLED,LOW);  
    analogWrite(BlueLED,LOW);  
    Serial.println("\n Led Apagado");  
    started=false;  
  }  
  else if (activar == '1') {  
    analogWrite(RedLED,red); // valor e 0 a 255  
    analogWrite(GreenLED,green);  
    analogWrite(BlueLED,blue);  
    Serial.println("\n Led Encendido modo 1");  
    tiempoInicio = millis();  
    started=true;  
    duracion=60000;  
  }  
  else if (activar == '2'){  
    analogWrite(RedLED,red); // valor e 0 a 255  
    analogWrite(GreenLED,green);  
    analogWrite(BlueLED,blue);  
    Serial.println("\n Led Encendido modo 2");  
    tiempoInicio = millis();  
    started=true;
```

```
duracion=120000;  
} }
```

CONTROL DE MOTORES

```
void controlMotor(char direccion){  
  // movimiento atras  
  if (direccion == 's') {  
    //motor A  
    digitalWrite(motorA,HIGH);  
    digitalWrite(motorB,LOW);  
  }  
  // movimiento adelante  
  if (direccion == 'w') {  
    //motor A  
    digitalWrite(motorA,LOW);  
    digitalWrite(motorB,HIGH);  
  }  
  // izquierda  
  if (direccion == 'a') {  
    miServo.write(70);  
  }  
  // derecha  
  if (direccion == 'd') {  
    miServo.write(110);  
  }  
  // detencion  
  if (direccion == 'q') {  
    digitalWrite(motorA,LOW);  
    digitalWrite(motorB,LOW);  
  }  
}
```

```
miServo.write(90);  
  } }
```

CALLBACK

```
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {  
  Serial.print("Mensaje recibido bajo el t3pico -> ");  
  Serial.print(topic);  
  Serial.print("\n");  
  for (int i = 0; i < length; i++) {  
    Serial.print((char)payload[i]);  
  }  
  controlLuz((char)payload[0]);  
  controlMotor((char)payload[0]);  
  Serial.println();  
}
```

SETUP

```
void setup() {  
  miServo.attach(33);  
  miServo.write(90);  
  pinMode(RedLED,OUTPUT);  
  pinMode(GreenLED,OUTPUT);  
  pinMode(BlueLED,OUTPUT);  
  pinMode(enableMotor,OUTPUT);  
  pinMode(motorA,OUTPUT);  
  pinMode(motorB,OUTPUT);  
  digitalWrite(enableMotor,HIGH);  
  Serial.begin(115200);  
  setup_wifi();
```

```
client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
client.setCallback(callback);
}
```

LOOP

```
void loop() {
  if(client.connected()==false){
    reconnect();
  }

  client.loop();

  //autoapagado de luces:
  if(started){
    if((millis()-tiempoInicio)>=duracion){
      controlLuz('0');
    }
  }

  if (millis() - lastMsg > 2000){
    lastMsg = millis();

    //Este valor podría ser una temeperatura por ejemplo
    value++;
    String mes = "Valor -> " + String(value);
    mes.toCharArray(msg, 50);
    client.publish(root_topic_publish, msg);
    Serial.println("Mensaje enviado -> " + String(value));
  }
}
```

III.I.4.2.4.2 Código Control Remoto

INDEX.TWIG

```
{% extends "layout.html" % }

{% block content % }

<div class="container">
  <div class="container">
    <h1 style='color:white' align="center" >ROBOTIZER CENTRO DE
MANDO</h1>

    <div class="controls" >
      <div class="timer" align="center" >
        <select id="Tiempo" class="Tiempo">
          <option value="2">2 MINUTOS</option>
          <option value="1">1 MINUTO</option>
        </select>
        <h2 id="cronometro" class="clock">00:00</h2>
      </div>
      <div class="buttons" align="center">
        <button class="botonEncendido" id="botonEncender"
type="button">Activar</button>
        <button class="botonApagado" id="botonApagar"
type="button">Apagar</button>
      </div>
      
```

```
<div class="info" align="left" style="color: white">
  <span>W : HACIA ADELANTE</span><br>
  <span>S : FRENO/RETROCESO</span><br>
  <span>A : IZQUIERDA</span><br>
  <span>D : DERECHA</span><br>
</div>

</div>
</div>

<script type="text/javascript">
function descontar(){
  if(s==0){
    s=59;
    if(m>0)m--;
  }
  else s--;
  label=m+':'+s;
  $('#cronometro').html(label);
  if(s==0&& m==0){
    clearInterval(id);
  }
}

$('#botonEncender').click(function(){
  valor=$('#Tiempo').val();
  command(valor);
  if(valor == 1){
```

```
tiempo=60000;
m=1;

}else{
tiempo=120000;
m=2;
}
s=0;
label=m+':'+s;
$('#cronometro').html(label);
id=setInterval(descontar,1000);
});

$('#botonApagar').click(function(){
command('0');
});

</script>

<!-- probando codigo d motores -->
<script type="text/javascript">

document.addEventListener("keypress", function onEvent(event) {
if(event.key == 'w'){
console.log("La tecla presionada fue W");
command('w');
}
}
```

```
if(event.key == 's'){
    console.log("La tecla presionada fue S");
    command('s');
}
if(event.key == 'a'){
    console.log("La tecla presionada fue A");
    command('a');
}
if(event.key == 'd'){
    console.log("La tecla presionada fue D");
    command('d');
}
});

document.addEventListener("keyup", function onEvent(event) {
    console.log("se libera : " + event.key)
    command('q');
});

</script>

</div>

{% endblock %}
```

LAYOUT.HTML

```
<!DOCTYPE html>

<html>
<head>
  {% include 'header.html' %}
</head>

<body>
  <!-- {% include 'nav.html' %} -->

  {% block content %}{% endblock %}
</body>
</html>
```

HEADER.HTML

```
<title>CONTROL REMOTO ROBOTIZER</title>

<meta http-equiv="Content-Security-Policy" content="upgrade-insecure-requests">
<meta http-equiv="Content-Security-Policy" content="block-all-mixed-content">

<script
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.4.0/jquery.min.js"></script>
  <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/paho-mqtt/1.0.1/mqttws31.js"
type="text/javascript"></script>

<link rel="stylesheet" type="text/css" href="/stylesheets/main.css" />
```

```
<script type="text/javascript">
    var clientId = 'iot_1_' + Math.floor((Math.random() * 1000000) + 1);
    console.log(clientId);
    client = new Paho.MQTT.Client("ioticos.org", 8094, clientId);

    client.onConnectionLost = onConnectionLost;
    client.onMessageArrived = onMessageArrived;

    var options = {
        useSSL: true,
        userName: "FQJkKN7I2LhcJOV",
        password: "qYKQvIJrAQqSI9",
        onSuccess: onConnect,
        onFailure: doFail
    }

    client.connect(options);

    function onConnect(){
        console.log("Conexion Exitosa !!!");
        $("#status").html("Conexion Establecida");
        client.subscribe("uT1ryFsCcCAEzNn/output");
    }

    function onMessageArrived(message){
        console.log("un mensaje ha llegado: "+message.payloadString);
        $("#display").html(message.payloadString);
    }
</script>
```

```
}

function doFail(e){
    console.log("el error: "+e);
}

function onConnectionLost(responseObject){
    if(responseObject.errorCode !== 0){
        console.log("onConnectionLost:
"+responseObject.errorMessage);
    }
}

function command(value){
    console.log(value);
    message = new Paho.MQTT.Message(value);
    message.destinationName = "uT1ryFsCcCAEzNn/input";
    client.send(message);
}
</script>
```

III.I.4.2.5 Pruebas

III.I.4.2.5.1 Ejecución de Prueba o Testeo

TEST 1	
OBSERVACIONES POSITIVAS	OBSERVACIONES NEGATIVAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El ensamblado del vehículo se realizó de forma normal. ➤ Funcionamiento normal del motor de tracción. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dificultad a la hora de realizar cortes de circunferencias. ➤ Poca corriente (amperaje) de alimentación para el motor. ➤ Poca duración de las baterías recargables por lo cual fueron rechazadas.

Tabla 3: test 1

Fuente: Elaboración Propia

TEST 2	
OBSERVACIONES POSITIVAS	OBSERVACIONES NEGATIVAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El corte y adaptación de las tiras de iluminación LED se realizó satisfactoriamente. ➤ El funcionamiento de las tiras de iluminación LED correcto ➤ Adecuada Fuente de alimentación obtenida mediante una fuente de alimentación de computadora. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dificultad a la hora de realizar soldaduras en los mini bordes estañados de las tiras LED. ➤ Fragilidad en la manipulación de las tiras LED

Tabla 4: test 2

Fuente: Elaboración Propia

TEST 3	
OBSERVACIONES POSITIVAS	OBSERVACIONES NEGATIVAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Correcto funcionamiento del módulo cámara ESP32 CAM ➤ Enlace satisfactorio de la placa con la red local ➤ Correcta visibilidad de la transmisión en el control de mando 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Incomodidad a la hora de realizar las conexiones sobre el adaptador TTL ➤ Dificultad a la hora de enlazar el stream en un servidor MQTT

Tabla 5: test 3

Fuente: Elaboración Propia

III.I.4.3 Producción

III.I.4.3.1 Despliegue

Después de realizar los test de rutina se procedió a llevar a cabo el despliegue del robot móvil en un escenario real, siendo el mismo una habitación con la cual se simularía el proceso de esterilización a través de iluminación UVC, los resultados obtenidos nos mostraron un correcto funcionamiento del robot móvil a la hora de la manipulación del mismo, el proceso de esterilización se realizó sin ningún inconveniente, tanto el usuario principal como los demás participantes del despliegue no tuvieron ningún inconveniente a la hora de familiarizarse y adaptarse a los controles del robot móvil.

III.I.4.3.2 Plan de Contingencia

Podríamos definir a un plan de contingencia o plan contra fallos como una estrategia planificada con una serie de procedimientos que nos faciliten o nos orienten a tener una solución alternativa que nos permita restituir rápidamente los servicios del prototipo de robot móvil ante la eventualidad de todo lo que lo pueda paralizar, ya sea de forma parcial o total.

Objetivos del Plan de Contingencia

- Garantizar la continuidad de las operaciones del prototipo de robot móvil.
- Definir acciones y procedimientos a ejecutar en caso de fallas por parte del prototipo.

En el presente proyecto presentaremos un par de procedimientos a realizar de acuerdo a tres tipos de fallos, de software (control remoto), de hardware (robot móvil y componentes electrónicos) y de conexión (WiFi).

Fallo De Software

Aquí nos referimos a los posibles fallos de las funcionalidades que poseen los botones y temporizadores del control remoto, para lo cual tendremos que:

- Verificar el fallo realizando pruebas de los botones (click) y concretando que los mismos no responden a ninguna funcionalidad programada.
- Proceder a refrescar o actualizar la página web del control remoto con lo cual las funcionalidades deberían volver a la normalidad.

Fallo De Hardware

Por otra parte pueden surgir fallos de hardware debido a errores de los componentes eléctricos, desgaste de las conexiones o cableado que posee el prototipo, estos errores o fallos hacen que el prototipo de robot móvil no responda a ninguna de las órdenes que se pueda estar enviando, para lo cual se procederá a:

- Apagar el Switch de la fuente de poder de PC que vendría a ser el interruptor de alimentación más cercano.
- Desconectar el cable de corriente alterna que conecta a la fuente de PC.

Es decir se debe cortar la alimentación eléctrica al prototipo para verificar posibles fallos.

Fallo De Conexión

Al ser un proyecto IoT, una de las principales fallas que pueden surgir se da en cuanto a la pérdida de conexión WiFi (internet), con el control remoto del prototipo y con las placas ESP32 conectadas a un bróker MQTT, al momento de perder esta conexión tanto el control remoto como las placas pierden todas sus funcionalidades y acciones programadas, para lo cual se tomarán las acciones correspondientes de acuerdo a dos escenarios:

- Si al momento de perder conexión, el prototipo de robot móvil no se encontraba realizando ninguna actividad, se procederá a desconectar la alimentación eléctrica del mismo desconectando la fuente hasta que la señal y conexión a la red se normalice.
- Si al momento de perder conexión, el prototipo se encontraba realizando el procedimiento de esterilización, la placa continua con la última orden asignada, por lo cual se debe dejar que el prototipo termine el procedimiento hasta que se apaguen las luces, una vez finalizada la tarea se procederá a quitar la alimentación eléctrica del prototipo hasta que se normalice la conexión a la red.

III.I.5 Características Del Prototipo

Algunas de las características del prototipo que podemos nombrar en cuanto a sus dimensiones son que tiene una longitud de 53 cm, una altura con los tubos LED de aproximadamente 65 cm y un ancho de 33 cm. Otras de las características que podemos nombrar son:

Las revoluciones que maneja el prototipo es igual a la máxima cantidad de revoluciones que ofrece el motor DC la cual es de 40 rpm.

En cuanto al tiempo y alcance de la esterilización podemos mencionar que la radiación UV-C con tecnología LED para la esterilización dependen de dos parámetros importantes para desinfectar una superficie: justamente de la distancia y tiempo. El concepto de irradiancia se refiere a la cantidad de flujo de energía o brillo sobre una superficie. En otras palabras, esteriliza 99.9 % de los gérmenes sobre un objeto a 5 cm. Sin embargo, si la superficie se encuentra a 10 cm, la tasa de esterilización cae al 25 %. Por ello, si se requiere aumentar la efectividad, el tiempo de exposición deberá ser mayor.

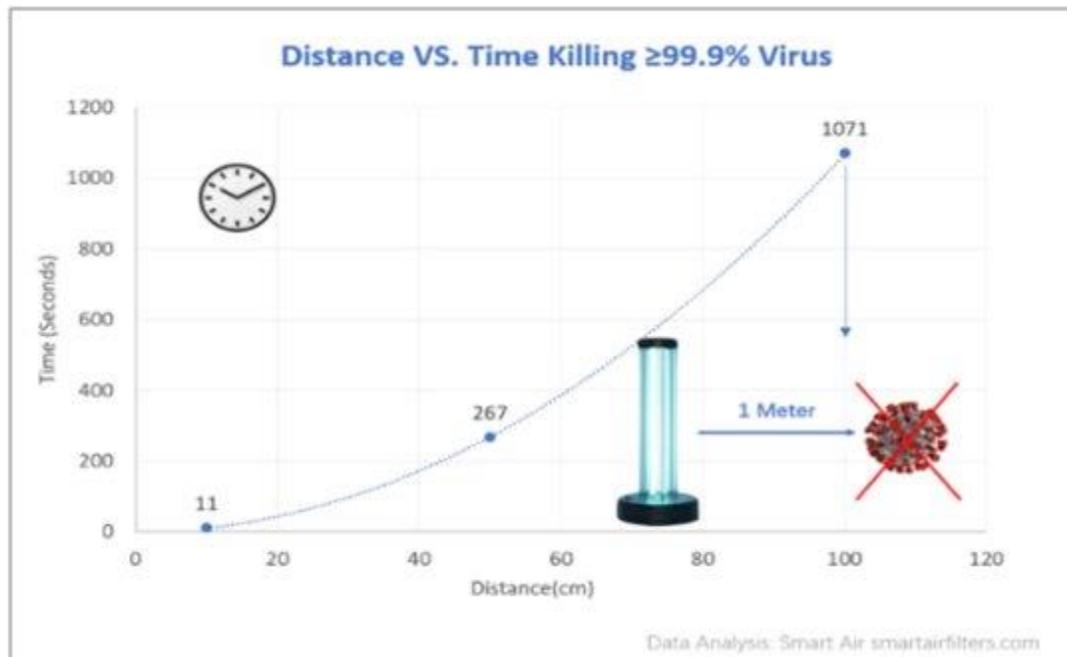


Figura 57: Relación Tiempo/Distancia de Esterilización

Fuente: https://www.meanwell.com/newsInfo.aspx?c=5&i=906&utm_source=linkedin.com&utm_campaign=LinkedIn_Tech&utm_medium=referral

III.I.6 Entorno Del Prototipo

El entorno físico en el cual se desplegará el prototipo de robot móvil será en los ambientes de la planta baja de la “Caja de Salud de la Banca Privada Sucursal Tarija”, la cual cuenta con aproximadamente diez ambientes de diferentes dimensiones y propósitos, entre los que podemos nombrar algunos como ser; Consultorios, Farmacia, Enfermería y Recepción. A continuación podemos observar un bosquejo de los ambientes de la planta baja.

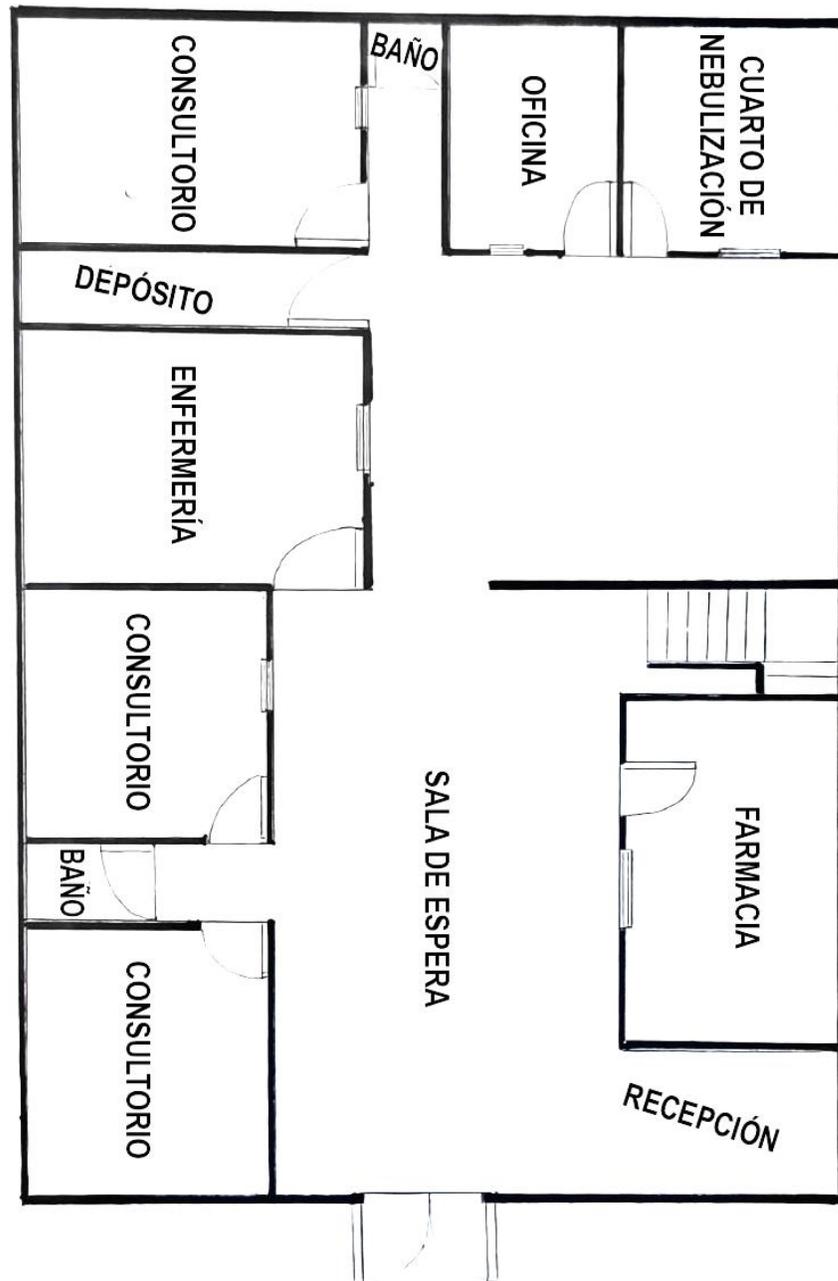


Figura 58: Entorno del Prototipo (Planta Baja)

Fuente: Elaboración Propia

COMPONENTE II

III.II.1 Introducción

Al concluir con el diseño, construcción, programación del prototipo de robot móvil y habiendo el mismo superado las distintas pruebas de funcionalidad, posteriormente corrigiendo los errores existentes se procedió a la capacitación del personal responsable en cuanto al uso y despliegue del prototipo en un escenario real.

III.II.2 Objetivos

III.II.2.1 Objetivo General

Elaborar un programa de capacitación al personal responsable de la esterilización de ambientes.

III.II.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar la capacitación al personal responsable de esterilización y desinfección de manera Virtual (remoto)
- Adecuar una habitación que simule un ambiente del Hospital
- Realizar una guía de usuario y servicio

III.II.3 Contexto

La capacitación se desarrollará en tres partes: la primera parte tiene como objetivo que el personal responsable de la esterilización de los ambientes de la planta baja de la “Caja de Salud de la Banca Privada” conozca en forma global los alcances y beneficios que el “Prototipo de Robot Móvil con Luz UVC” aporta a la institución de salud, así como los cambios positivos y responsabilidades que esto implica.

La segunda parte de la capacitación será netamente práctica, se mostrará el login y explicará las partes que posee el control remoto como ser los botones, temporizadores y el espacio de la cámara donde se visualizará el entorno del robot y en la cual se ejecutan los eventos de teclado.

Para finalizar la última parte de la capacitación constará de una breve explicación sobre el mantenimiento y limpieza que deberá tener el prototipo, a su vez se explicará

al personal que asista a la capacitación la ejecución del plan de contingencia en caso de fallos.

III.II.4 Propuesta Pedagógica

La capacitación se realizó a un total de dos personas que están vinculadas con el proyecto, una doctora y un miembro del personal del sector salud de la entidad encargado de la esterilización y desinfección de ambientes de la plata baja.

El desarrollo de la capacitación fue realizado utilizando la plataforma de Zoom en la que se conectaron dos personas a las cuales se mostró el funcionamiento del Robot móvil, el control remoto web, se indicó la forma de uso, las funcionalidades que se implementaron, además del buen uso del control remoto.

El entorno del robot móvil fue la de una habitación que simuló ser un ambiente de hospital (Figura 59), debido a que la actual situación por la aun existente pandemia evita que personal no autorizado pueda ingresar a ambientes donde se tratan pacientes potenciales de Covid-19.



Figura 59: Entorno del Robot Móvil

Fuente: Elaboración Propia

III.II.4.1 Elaboración del Material

Con fin de facilitar y hacer la capacitación lo más entendible posible se utilizaron medios visuales de explicación como ser diapositivas (Figura 60) y una guía de usuario y servicio, mismas que se compartieron en pantalla, con las cuales se consiguió tener un orden progresivo y adecuado a la hora de desarrollar la capacitación.



Figura 60: Material De Capacitación (Diapositivas)

Fuente: Elaboración Propia

III.II.5 Desarrollo De La Capacitación

Como primera actividad para el desarrollo de la capacitación se procedió a crear el link e invitación de la reunión de Zoom para que la misma se lleve a cabo de manera remota respetando las normas de distanciamiento social debido a la pandemia Covid-19.

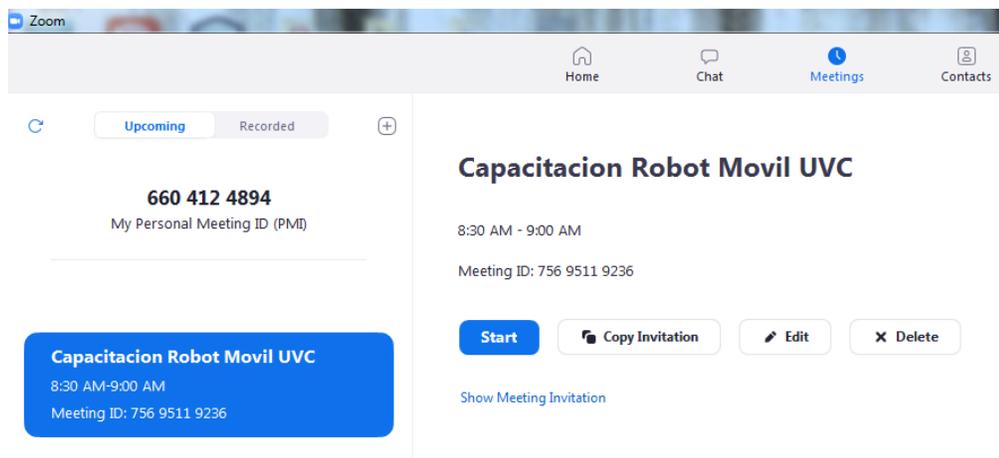


Figura 61: Capacitación (Link Zoom)

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se realizó la reunión vía Zoom para proceder a la capacitación en la cual participaron personal de la entidad para la que se realiza el proyecto.

Para revisar la lista de participantes dirigirse a **ANEXO D MEDIOS DE VERIFICACIÓN**.

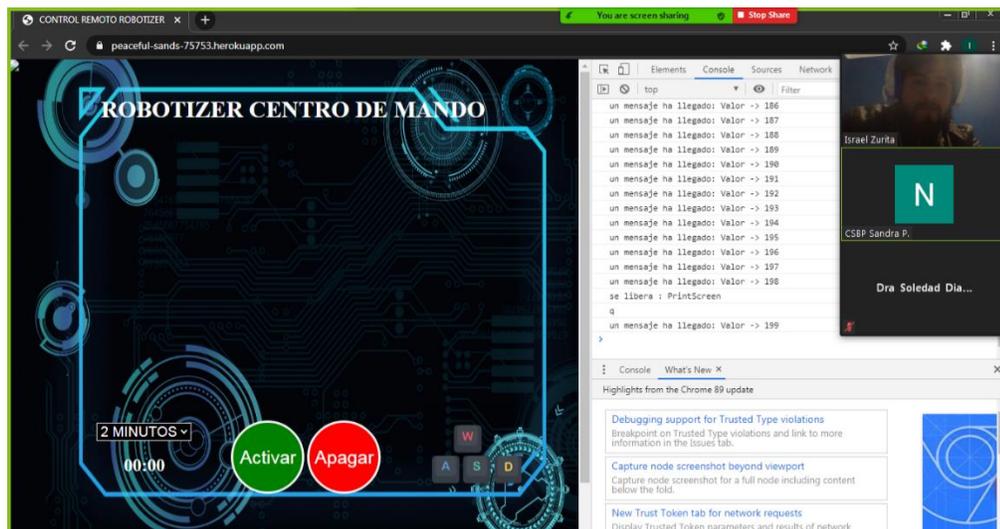


Figura 62: Capacitación (Participantes)

Fuente: Elaboración Propia

Se inició como se tenía programado con una breve explicación sobre los beneficios para la institución que aportara el proceso teleoperado, Posteriormente se procedió a explicar las funcionalidades del robot móvil así como los eventos del teclado y a compartir la URL global del mismo para que pueda ser manipulado de forma remota.



Figura 63: Capacitación (URL Heroku)

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se procedió a manipular el robot móvil de forma remota por parte del personal que fue capacitado, llevándolo de un punto a otro y procediendo al inicio del sistema LED de esterilización.



Figura 64: Capacitación (Robot Móvil Apagado)

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente imagen se muestra el sistema de iluminación LED en ejecución:



Figura 65: Capacitación (Ejecución Del Procedimiento UVC)

Fuente: Elaboración Propia

III.II.6 Plan de Clases

Nro .	Contenido	Objetivo	Duración	Material Didáctico	Medio De Enseñanza
1	Introducción	Que el personal responsable de la esterilización de los ambientes de la planta baja de la “Caja de Salud de la Banca Privada” conozca en forma global los alcances y beneficios que el “Prototipo De Robot Móvil Con Luz UVC”	15 min	Diapositivas	Computadora , laptop
2	Despliegue	Explicación sobre el despliegue del control remoto desde el arranque del	90 min	Diapositivas, Guía de uso y servicio.	Computadora Laptop.

		servidor hasta la manipulación del robot móvil y sus funciones			
3	Mantenimiento y Plan de Contingencia	Explicación sobre el correcto mantenimiento y limpieza del prototipo. Explicación de los procedimientos del plan de contingencia.	15 min	Zoom Documentación	Computadora . Laptop.

Tabla 6: Capacitación (Plan de Clases)

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Según la información recolectada durante la investigación sobre métodos de esterilización y desinfección en la “Caja de Salud de la Banca Privada” de la ciudad de Tarija:

- Se observó una gran aceptación por parte del personal encargado de la esterilización en el uso del procedimiento de refuerzo.
- Se concluyó que el procedimiento con luz UVC es bastante útil, pero a su vez es un procedimiento que debe ser tratado con las precauciones necesarias como ser, evitar el contacto directo con este tipo de luz, utilizar indumentaria de seguridad y demás precauciones mencionadas en la sección de recomendaciones.
- Se observó alto grado de dificultad en el acceso a los ambientes de la institución debido a normas restrictivas acorde a la pandemia Covid-19.
- Se utilizó la metodología ROS-XP, ya que es la más apropiada para el desarrollo de prototipos robóticos al ser experimental y exploratoria.
- Se concluyó que el prototipo puede ser desarrollado para una implementación real.
- Se concluyó que los conceptos IoT son bastante útiles a la hora de implementar actividades teleoperadas.
- Se concluyó que la distancia y limpieza de los tubos esterilizantes son factores relevantes en cuanto a la efectividad del procedimiento.
- Se concluyó que el entorno de trabajo del robot debe ser plano y en una superficie poco deslizante.
- Se optó por Zoom para ser la herramienta con la cual se llevó a cabo la capacitación en forma remota respetando las restricciones por la pandemia Covid-19.
- Se concluyó post capacitación el cambio de la interfaz del control remoto del modelo presentado en el componente II, al modelo de la Figura 58.
- Se utilizó lenguajes de programación como C++, PHP y JavaScript.

- Se realizaron pruebas basándonos en el criterio de Prueba y error.
- Se utilizó cierto tipo de diagramas UML como ser, diagrama de secuencia y diagrama de actividad
- Se utilizó diagramas de conexión y esquemáticos para representar las conexiones eléctricas del prototipo.
- Se utilizó un túnel de Ngrok para la transmisión de la cámara.
- Se utilizó una plataforma de servicios en la nube llamada Heroku para almacenar el control remoto.
- Se utilizó un servicio web de modelado 3D llamado Tinkercad para el diseño de la estructura del prototipo.

Recomendaciones

- Se recomienda tomar las precauciones necesarias a la hora de iniciar el proceso de esterilización.
- Se recomienda que el procedimiento se lleve a cabo en ambientes aislados sin presencia de ninguna persona.
- Se recomienda realizar el procedimiento inmediatamente después de que el ambiente estuvo expuesto a personas infectadas.
- Se recomienda no tener una exposición recurrente ante la luz UVC.
- Se recomienda no ingresar a ambientes que tenga luz UVC encendida.
- Se recomienda siempre colocar un cartel indicativo de que la luz UVC se encuentra prendida y un breve resumen del riesgo.
- Se recomienda que la limpieza periódica del prototipo sea en seco y después de cada uso.