



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**“Implementación de Laboratorio con Interacción Remota
para aumentar la Satisfacción Estudiantil durante Prácticas
Virtuales”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRÓNICO**

AUTOR: Br. Montenegro Castro, Carlos Paul

ASESOR: Mg. Silvera Otañe, Jimmy Roger

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres que siempre me apoyaron y me dieron una educación digna de mencionar, además de siempre brindarme los recursos necesarios para seguir estudiando y enseñarme a nunca darme por vencido a pesar de todas las adversidades.

A mis hermanos que siempre fueron un ejemplo a seguir y lo seguirán siendo, con quienes obtuve grandes aprendizajes y sigo aprendiendo gracias a ellos, a sus consejos, memorables experiencias compartidas y su increíble empeño que siempre le ponen a todo lo que hacen.

A toda mi familia y amigos que nunca dudaron de mí y siempre estuvieron conmigo para apoyarme y brindarme sus palabras de aliento logrando motivarme y generando una gran determinación en mí persona.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios sobre todas las cosas por brindarme una familia extraordinaria y permitirme lograr cada meta propuesta y seguir cumpliéndolas.

Estoy totalmente agradecido con todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo por siempre preocuparse por el aprendizaje de sus alumnos, por todas sus experiencias y anécdotas compartidas para que seamos mejores personas y profesionales de bien.

Especial agradecimiento a mi asesor metodológico Josué Gabriel Cruzado Vargas por la paciencia prestada hacía mi persona, junto a su honestidad y sinceridad al momento de criticar la presente investigación durante los dos últimos semestres de la universidad. Así mismo, también estoy totalmente agradecido con mi asesor especializado Jimmy Roger Silvera Otañe por su completa disposición y siempre confiar en mis capacidades, brindarme su apoyo para la realización de mi tesis, dándome consejos, sugiriéndome cambios y estar siempre atento a mis avances.

Agradezco a mis compañeros y futuros colegas de la promoción X y XI por confiar en mis habilidades y compartir grandes experiencias con ellos, en especial a mis amigos Mauricio Ruben Iparraguirre Monzón y Sthefanny Beatriz Reyna Rodriguez por aceptarme tal y como soy y por siempre estar presentes en los momentos más difíciles de la carrera y brindarme la motivación necesaria para sobrellevar las adversidades.

RESUMEN

Montenegro Castro, Carlos Paul; Mg. Silvera Otañe, Jimmy Roger. **Implementación de laboratorio con interacción remota para aumentar la satisfacción estudiantil durante prácticas virtuales.** Trujillo, 2022, 60 pág. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecatrónico, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo.

El presente proyecto de tesis busca implementar un sistema de intercomunicación dentro las instalaciones de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo que permita la conexión y el control remoto de los dispositivos presentes en los laboratorios, teniendo como finalidad aumentar el nivel de satisfacción de los estudiantes al desarrollar sus prácticas virtuales. Se parte de la búsqueda de bibliografía para determinar la tecnología de intercomunicación que mejor se adecue a las necesidades del curso seleccionado, la selección del grupo de estudio que estará conformados por estudiantes de 5to a 8vo del año académico 2021, la evaluación de su nivel de satisfacción por medio de encuestas directas y el análisis de estos resultados haciendo uso de la distribución t-student para la validación de las hipótesis planteadas.

PALABRAS CLAVE

Prácticas virtuales, Internet de las cosas, laboratorio remoto, Satisfacción estudiantil.

ABSTRACT

Montenegro Castro, Carlos Paul; Mg. Silvera Otañe, Jimmy Roger. Implementation of a laboratory with remote interaction to increase student satisfaction during virtual practices. Trujillo, 2022, 60 p. Thesis for the degree of Mechatronic Engineer, Faculty of Engineering, Universidad Nacional de Trujillo.

This thesis project seeks to implement an intercommunication system within the facilities of the professional school of Mechatronics Engineering of the National University of Trujillo that allows the connection and remote control of the devices present in the laboratories, with the purpose of increasing the level of satisfaction of the students when developing their virtual practices. The starting point is the search of bibliography to determine the intercommunication technology that best suits the needs of the selected course, the selection of the study group that will be formed by students from 5th to 8th of the academic year 2021, the evaluation of their level of satisfaction by means of direct surveys and the analysis of these results using the t-student distribution for the validation of the hypotheses raised.

KEYWORDS

Virtual internships, Internet of things, remote laboratory, student satisfaction.

INDICE

I. CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICACION	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.4. HIPOTESIS	5
1.4.1. Hipótesis alterna	5
1.4.2. Hipótesis nula	5
1.5. FUNDAMENTACION TEORICA	6
a. Tecnologías de la información y comunicación (TIC)}	6
a.1. Simulación	6
a.1. E-Learning	6
b. Cloud Computing.....	6
b.1. Nube privada	7
c. Internet de las cosas (IoT).....	7
c.1. Protocolos IoT:	8
II. CAPITULO II: MATERIAL Y METODO	14
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	14
2.2. UNIDAD DE ESTUDIO	14
2.3. VARIABLES	14
2.4. TRATAMIENTO DE DATOS	16
2.5. CONSIDERACIONES ETICAS	19
III. CAPITULO III: RESULTADOS.....	20
3.1. Selección de tecnología de Intercomunicación.	20
3.1.1. Selección de Curso.....	20
3.1.2. Análisis de necesidad y especificaciones de diseño	21
3.1.3. Evaluación y selección de tecnología de intercomunicación.....	25
3.2. Desarrollo e implementación del sistema.....	28
3.2.1. Acondicionamiento de laboratorio a nivel de hardware.	28
3.2.1. Acondicionamiento de laboratorio a nivel de software.	39
3.2.1. Validación de variable independiente:.....	42
3.3. Medición de nivel de satisfacción inicial.	44
IV. CAPITULO IV: DISCUSION.....	46
V. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo para desarrollo de tesis.	17
Figura 2 Laboratorio Cambio de giro motor trifásico.	24
Figura 3 Laboratorio Arranque de motor trifásico.	24
Figura 4 Bosquejo general del sistema de intercomunicación.	25
Figura 5 SIMATIC PANEL HMI KTP1000 BASIC.	28
Figura 6 D-Link DGS-108.	29
Figura 7 Implementación de Laboratorio Arranque de motor Trifásico.	30
Figura 8 Router Tenda N301.	30
Figura 9 Jetson nano.	31
Figura 10 Raspberry Pi 4B.	31
Figura 11 Arduino nano 33 IoT.	31
Figura 12 Familia ESP32.	31
Figura 13 ESP32-CAM.	33
Figura 14 Servomotor 13kg.	34
Figura 15 Cámaras Web Jetion.	34
Figura 16 Adaptadores RJ45 a USB.	35
Figura 17 Relay 2 canales.	35
Figura 18 Diagrama eléctrico sistema IoT.	36
Figura 19 Diagrama conexión componentes.	36
Figura 20 Conexión alta tensión.	37
Figura 21 Conexión alimentación computadora.	37
Figura 22 Circuito conversor lógico y relay.	37
Figura 23 Instalación circuito de mando.	38
Figura 24 Base preliminar de ESP32-CAM y servomotor.	38
Figura 25 Sistema IoT implementado (hardware).	38
Figura 26 Sistema de interacción remota instalado.	39
Figura 27 Sistema de interacción remota segunda vista.	39
Figura 28 Pestaña principal TeamViewer.	40
Figura 29 Visualización con ContaCam.	40
Figura 30 Programa Blyn y Telegram. Fuente:	41
Figura 31 Intervalos de tiempo para cada función. Fuente:	42
Figura 32 consumo de datos PC controladora y controlada.	43
Figura 33 Disponibilidad Tecnológica inicial. Fuente:	44
Figura 34 Recurso Tecnológico inicial.	44
Figura 35 Herramientas necesarias inicial.	45

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1 Modelo MVC-C	7
Tabla 2 Operacionalización de variable dependiente.	15
Tabla 3 Operacionalización de variable independiente.	15
Tabla 4 Malla Curricular de 6to y 8vo ciclo.....	20
Tabla 5 Principales elementos para práctica de laboratorio.	22
Tabla 6 Cuadro comparativo entre protocolos IoT.....	25
Tabla 7 Evaluación de protocolo de intercomunicación IoT.....	27
Tabla 8 Características de SIMATIC PANEL.	28
Tabla 9 Características de D-Link DGS-108.....	29
Tabla 10 Características Tenda N301.....	31
Tabla 11 Evaluación de microcontrolador IoT.....	32
Tabla 12 Características de ESP32-CAM.	33
Tabla 13 Características de servomotor 13kg.....	34
Tabla 14 Características Cámara Web Jetion.	34
Tabla 15 Validación variable independiente.	43

I. CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1.SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1.1. Realidad problemática

En el libro Transformación digital en la Educación en tiempos del COVID-19, distintos autores comparten sus puntos de vista sobre la revolución digital que enfrentan las escuelas del planeta; ya que más del 95% de estas se han inmovilizado gracias a la pandemia producida a causa de la aparición del COVID-19, opinan que esta misma situación debe ser concebida como una debilidad sino como una oportunidad y debemos mejorar nuestra conectividad para brindar así un mayor valor a la educación virtual; ya que los cambios históricos siempre suceden y es buen momento para que todos los involucrados se adapten a la velocidad de evolución de este escenario digital, complejo y volátil. (Canseco Terry, Neira, Rivas, & Ostoja, 2020)

La propagación del COVID-19 hizo que la educación básica y universitaria se adapte a metodologías híbridas donde la virtualidad tiene un mayor énfasis y la aplicación de las tecnologías ha sido fundamental para vencer esas barreras de espacio. (Alvites-Huamaní, Lima). Además de las limitaciones presentes en una clase virtual, las carreras universitarias que realizaban prácticas de laboratorio de manera presencial se ven fuertemente afectadas ya que estas mismas, como medio sustitutorio, ahora usan maquetas o simuladores que no pueden suplir complicaciones y dificultades que pueden presentar en la realidad y enriquecer la obtención de conocimientos y experiencia; este problema se comprobó en la escuela profesional Odontológica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco, donde, en 2019 evaluaron el desempeño de sus alumnos y obtuvieron como resultado la disminución en la calidad y cantidad de atenciones respecto a los años anteriores. (Velazques Rojas, 2020)

En la universidad UNTELS se realizó una investigación y se evaluó la integración de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en tiempos de pandemia COVID-19, y se concluyó que existe una relación

directamente proporcional entre la integración de las TIC y las competencias digitales de los alumnos. (Manco Chavéz, 2020). Del mismo modo, en el instituto de Educación Superior Tecnológico de las Fuerzas Armadas (IESTPFFAA) se estudió el uso de los simuladores virtuales en el curso de soldadura y se encontró mejoras en las capacidades operativas de los alumnos de 2do semestre, determinando que el uso de simuladores virtuales en el desempeño de los estudiantes está en relación directa y significativa. (Gutiérrez Rendón, 2020)

Mediante una encuesta realizada a los docentes de la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo en el mes de agosto del año 2021, el 70 % de los docentes tuvieron por lo menos una dificultad para desarrollar prácticas de laboratorio en los cursos impartidos, a pesar de ello, todos los docentes concuerdan que el uso de laboratorios virtuales es útil para el desarrollo académico. (

ANEXO 1

)

Mediante una encuesta adicional realizada a los alumnos de la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo en el mes de agosto del año 2021, el 59.5% de los estudiantes consideran poco beneficioso el cambio de prácticas de laboratorio presenciales a laboratorios virtuales. Además, el 62.2% no han utilizado alguna tecnología que les permita controlar de forma remota dispositivos presentes en los laboratorios; el 91.9% de los estudiantes consideran importante o muy importante hacer cambios en las prácticas de laboratorio para mejorar su experiencia, y esto se ve reflejado porque el 59.5% de los estudiantes se encuentran en un nivel de satisfacción neutral con respecto a lo aprendido en las prácticas de laboratorios virtuales. (ANEXO 2

)

Basado en la encuesta realizada en la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica antes mencionada, observamos que el 66.7% de los docentes tuvieron dificultad para desarrollar prácticas de laboratorio en sus cursos impartidos, y 81.1% de los estudiantes no se encuentran satisfechos con la metodología desarrollada en sus prácticas de laboratorio, esto se debe al poco alcance actual que tienen tanto los docentes como alumnos para manipular de forma presencial los elementos instalados dentro de los laboratorios. Además, se infiere la importancia de hacer cambios en las prácticas de laboratorio virtuales, y se pretende incrementar el nivel de satisfacción de los estudiantes con respecto a lo aprendido en sus prácticas de laboratorio haciendo uso de una tecnología de intercomunicación capaz de controlar de forma remota dispositivos dentro de laboratorios presenciales, apoyándonos del resultado de la encuesta donde el 80% de los docentes están de acuerdo con la idea de que el implementar una tecnología que permita controlar de forma remota distintos dispositivos presentes en los laboratorios ayudará a aumentar el nivel de satisfacción en la experiencia académica de los estudiantes.

1.1.2. Enunciado del problema

¿De qué manera puedo incrementar el nivel de satisfacción de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica al desarrollar sus prácticas de laboratorio virtuales?

1.2. JUSTIFICACION

Anteriormente las prácticas de laboratorio se desarrollaron de manera presencial, sin embargo, actualmente es casi imposible que los alumnos realicen prácticas de laboratorio dentro de las instalaciones de la escuela debido a la coyuntura de COVID-19, de tal manera, se pretende que la escuela de Ingeniería Mecatrónica obtenga una nueva tecnología al implementar un sistema de interacción remota para suplir la carencia de la no manipulación de los estudiantes, brindándoles la capacidad de monitorear y controlar distintos dispositivos presentes en los laboratorios, y proporcionar así una experiencia más cercana a la realidad que los programas convencionales y simuladores no pueden brindar.

El cambio de modalidad de enseñanza de las prácticas de laboratorio para adecuarse a las clases virtuales trajo consigo descontento, inseguridades e insatisfacciones dentro de los estudiantes, es por ello que el presente trabajo busca ayudar a que las experiencias obtenidas dentro de los laboratorios en clases virtuales resulten en un mayor nivel de satisfacción para los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica, de tal forma, los estudiantes estarán más motivados al llevar sus clases teóricas y prácticas de laboratorio al sentirse más cómodos utilizando las herramientas presentes que la modalidad vía online puede ofrecer.

El implementar esta nueva tecnología traerá consigo que los alumnos puedan identificar parámetros y características de los elementos controlados que antes eran imposibles de detectar, además que, ayudará a comprobar, cuestionar y refutar conocimientos teóricos obtenidos en clase, podrán sacar conclusiones de sus distintas prácticas en laboratorio y tendrán experiencias más interactivas con los dispositivos, todo resultará en un mayor entendimiento de distintos temas, obtención de conocimientos y comprensión del funcionamiento de los dispositivos manipulados.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Incrementar el nivel de satisfacción de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica mediante el uso de tecnología de intercomunicación que permita una interacción remota al desarrollar sus prácticas virtuales.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluación y selección de tecnología de intercomunicación que satisfaga las necesidades de práctica de laboratorio.
- Acondicionamiento de instalaciones de laboratorio, preparando e instalando el hardware necesario y desarrollando su respectivo software.
- Medición del nivel de satisfacción inicial de los estudiantes al desarrollar prácticas de laboratorio virtuales.
- Medición del nivel de satisfacción final de los estudiantes al desarrollar prácticas de laboratorio virtuales haciendo uso de la tecnología de intercomunicación.
- Análisis de datos obtenidos y selección de hipótesis mediante técnicas estadísticas.

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. Hipótesis alterna

La implementación de laboratorios aplicando tecnología de intercomunicación que permita la interacción remota, favorece significativamente el aumento del nivel de satisfacción de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica al desarrollar sus prácticas virtuales.

1.4.2. Hipótesis nula

La implementación de laboratorios aplicando tecnología de intercomunicación que permita la interacción remota, no favorece significativamente el aumento del nivel de satisfacción de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica al desarrollar sus prácticas virtuales.

1.5. FUNDAMENTACION TEORICA

1.5.1. Marco teórico

a. Tecnologías de la información y comunicación (TIC)}

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se pueden definir como toda tecnología usada para crear, almacenar, intercambiar y procesar datos digitalizados provenientes de imágenes, videos, presentaciones, conversaciones de voz y otras formas. (Ayala Ñiquen & Gonzales Sánchez, 2015). Las TIC pueden conseguir nuevas realidades comunicativas gracias a que giran en torno de las telecomunicaciones, como también en torno de la informática y la microelectrónica.

Algunas de las herramientas utilizadas son:

a.1. Simulación

Permite a los usuarios recrear situaciones reales sin correr riesgo alguno. Por lo tanto, las simulaciones se usan con el fin de hacer plausibles aquellas teorías que difícilmente pueden ser contrastadas o evaluar situaciones evitando generar serios peligros o altos costos.

a.1. E-Learning

“El E-Learning podemos conceptualizar como lección electrónica que permitirá un aprendizaje electrónico o por la Web”. (Aguaded, 2002). Y es utilizado como herramienta didáctica y medio de cognición dentro de la pedagogía. (García, Valcárcel Muñoz, & Repiso, 2003)

b. Cloud Computing

El Cloud Computing hace referencia a las herramientas creadas en la nube y que permiten la interacción con distintos usuarios o dispositivos en tiempo real mediante un conjunto de recursos compartidos en red. Además, transmitiendo la información de forma más eficiente e inteligente de los servidores y centros datos, el Cloud Computing tiene la capacidad de satisfacer la demanda creciente de información ayudando directamente a las TIC. (Ayala Ñiquen & Gonzales Sánchez, 2015)

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), según su definición, identifica cuatro modelos de implementación o despliegue (Mell & Grance, 2011) una de la cual es:

b.1. Nube privada

Donde una sola organización conformada por diversos consumidores, y estos mismos hacen uso exclusivo de una única infraestructura de la nube. La organización puede operar y administrar la nube, aunque esta puede pertenecer a un tercero, a la organización o a ambos, y puede existir dentro o fuera de las instalaciones.

c. Internet de las cosas (IoT)

Rose, Eldridge, & chapin, 2015 en su libro “Internet de las Cosas - Una breve Reseña” define como “Internet de las cosas” e “IoT” a la ampliación de la conectividad de red y la capacidad de cómputo a objetos, dispositivos, sensores y elementos que habitualmente no se consideran computadoras.

González, Sofía, Laguía, Gesto, & Hallar, 2020 en su trabajo “Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT” Muestran una arquitectura del software para soluciones basadas en microcontroladores, la arquitectura es basada en un patrón MVC-C (Model, View, Controller + Communications), las distintas capas del modelo se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1 Modelo MVC-C

Capa	Función
Capa “Interfaz”	Permite la comunicación con el mundo exterior (serial o UDP/TCP).
Capa “Controller”	Interactúa con las rutinas firmware de bajo nivel del microcontrolador para acceder a los datos (sensores y actuadores) a través de la capa de abstracción del sistema.
Capa “Modelo”	Controladores de dominio (sensores/actuadores, rutinas web, de servidor y de cliente).
Capa de abstracción del sistema	Funciones de bajo nivel sobre el kernel, las comunicaciones y las entradas y salidas.

Fuente: (González, Sofía, Laguía, Gesto, & Hallar, 2020)

c.1. Protocolos IoT:

El IoT cosas está cada vez más presente entre nosotros, siendo utilizado en entornos domésticos como también en industriales, a continuación, se presentan los distintos protocolos utilizados en la actualidad:

Entre los cuales tenemos a:

- Protocolos IoT Domésticos:
 - *AllJoyn*: Estándar de código abierto, utilizado en protocolos dentro de la capa de transporte, facilita la comunicación entre aplicaciones y dispositivos. Fue desarrollado por The AllSen Alliance. (Porro Sáez, 2019).
 - *HomePlug* y *HomeGrid*: Tecnología usada e implementa por numerosas marcas, la información puede enviarse de forma cifrada o no. Estos protocolos usan la red eléctrica del hogar para comunicar dispositivos. (Porro Sáez, 2019).
 - *MFi (Made For iPhone/iPod/iPad)*: es un programa de licencias, con el cual Apple certifica que los dispositivos y complementos sean originales, además de que cuenta con su propio protocolo de comunicaciones, con el cual todos sus productos se conectan e interactúan. (Porro Sáez, 2019).
 - *OCF (Open Connectivity Foundation)*: Proyecto de Código abierto desarrollado inicialmente por grandes compañías, con la finalidad de que miles de dispositivos tengan la garantía de intercambiar información de forma sencilla y eficiente, logrado gracias a un programa de certificación e implementación de referencia (IoTivity). (Porro Sáez, 2019).
 - *Thread*: (network protocol) creado por Thread Group, utiliza un cifrado AES basado en la comunicación por IPv6, ofreciendo flexibilidad, seguridad y preparación para el futuro. (Porro Sáez, 2019).

- **Protocolos IoT Industriales (IIoT):**
Utilizado generalmente en la Industria 4.0, ya que hace uso de distintas tecnologías logrando lecturas y control de sensores y actuadores desde los proveedores hasta los clientes.
- *AMQP (Advanced Message Queuing Protocol):* protocolo que de séptimo nivel de tipo publicación/suscripción, elaborado para comunicar dispositivos punto-a-punto. (Porro Sáez, 2019). Las características clave de AMQP son la orientación del mensaje, las colas, el enrutamiento, la confiabilidad y la seguridad. (Semle & Kepware-eFalcom, 2016)
- *HTTP (REST/JSON) (Hypertext Transfer Protocol):* está presente tanto en las TIC como en la web, logrando comunicación entre el servidor y el cliente. Cuenta con gran número de librerías y es efectivo para el envío de grandes cantidades de información a cada minuto, pero no es adecuado para enviar actualizaciones cada milisegundos ni información de video. (Semle & Kepware-eFalcom, 2016)
- *CoAP (Constrained Application Protocol):* compatible con HTTP con mínima carga creado por IETF (Internet Engineering Task Force). Protocolo similar a HTTP que hace uso de UDP/multicast reemplazando a TCP, reduce el tamaño de cada requerimiento y simplifica el encabezado. (Porro Sáez, 2019). Las limitaciones se presentan en software y hardware porque no es tan extendido como HTTP. (Semle & Kepware-eFalcom, 2016).
- *DDS (Data Distribution Service):* Creado para usarlo en sistema en tiempo real, es un middleware de tipo publicación/suscripción en sistemas distribuidos. Los nodos DDS haciendo uso de UDP/multicast para conectarse directamente punto a punto. (Porro Sáez, 2019).
- *XMPP: (Extensible Messaging and Presence Protocol) protocol descentralizado, escalable y abierto basado en XML por su*

adaptabilidad y sencillez, diseñado para mensajería instantánea. Además, que tienen una seguridad robusta ya que cuentan con SASL y TLS, y no es necesario que estén conectados a una red pública. (Porro Sáez, 2019).

- *MQTT (Message Queing Telemetry Transport):* protocolo para IoT basado en la pila TCP/IP que rige la comunicación a nivel local a través de un bróker que se encarga de direccionar la mensajería que proviene de los publicadores. (Semle & Kepware-eFalcom, 2016)

1.5.2. Antecedentes

Correa Ayala (2021) en su trabajo “Diseño de una Sistema Automatizado de Gestión para Mejorar la Productividad en una Línea Manufacturera con base en la industria 4.0.”, tiene como objetivo mejorar la productividad de un proceso piloto de ensamble y empackado de piezas de plástico mediante el diseño de un sistema de gestión remoto basado en la medición de la eficiencia global de los equipos (OEE) y la teoría de restricciones (TOC) con base en la Industria 4.0, en el cual hace uso de una línea productiva piloto en el software Factory IO para determinar el cuello de botella del proceso. Haciendo uso del protocolo MQTT para el sistema SCADA basado en IoT se almacena en bases de datos toda la información proveniente del PLC de forma diaria, con el Gateway IIoT se realizan las condiciones que permiten la gestión por la metodología TOC y mantiene informado al operario de las ocurrencias y oportunidades para tomar decisiones basados en los números porcentuales de los indicadores que engloba el OEE. Como resultado, se mejoró la línea de producción mediante el crecimiento sostenido del OEE para tres periodos del ensayo (de 67.33% a 86.62%) y se demostró que es posible implantar un sistema de gestión remota automatizado mediante tecnología de la Industria 4.0 que mantenga una retroalimentación por la nube de internet. El principal aporte al trabajo de investigación fue el proporcionar una metodología para la selección de la tecnología IoT, ponderando las características más importantes para el desarrollo de su trabajo.

Mahedero Biot (2020) en su trabajo “Desarrollo de una Aplicación IoT para el Envío de Imágenes Mediante el Protocolo MQTT”, tiene como objetivo la obtención de imágenes de múltiples ubicaciones del campus universitario, para ello desarrolló una aplicación haciendo uso del protocolo MQTT para realizar un sistema IoT. La estructura del sistema es simple, las cámaras instaladas, las cuales son ESP32-CAM, a lo largo del campus universitario cumplen la función de publicador, el servidor MQTT que funciona como nodo central, el cual fue desarrollado con una Paspberry pi como broker se conecta inalámbricamente y se encarga de distribuir las imágenes y el servidor web es el elemento final que permite visualizar las imágenes. El

principal aporte de este trabajo es el uso de los ESP32-CAM como cámaras y clientes MQTT y el uso de la Raspberry como broker que se encarga de la distribución de los mensajes a los receptores.

Considine et al. (2019) en su trabajo “Automation of Basic Supervision Task in a Remote Laboratory – Case Study NetLab” se centran en crear un sistema de tutoría inteligente (ITS) automatizando algunas tareas que normalmente las realizaría un tutor de laboratorio humano. Los experimentos fueron realizados con un control remoto de laboratorio en NetLab, el laboratorio utiliza una arquitectura cliente/servidor y el sistema de tutoría actúa como un cliente adicional, además, haciendo uso de las variables, componentes pasivos, generadores de funciones, osciloscopio y multímetro que el laboratorio remoto proporciona se grabaron 1629 circuitos y se identificaron 396 circuitos únicos para analizarlos manualmente y detectar errores. Todos los problemas encontrados se pueden identificar automáticamente, en una medición tomada por un estudiante el sistema calcula la medición y advierte si el valor medido no corresponde con la teoría. Con la implementación de este sistema de diagnóstico logra realizar tareas de nivel inferior, que serían realizadas por un tutor humano en persona en clase de laboratorio. El principal aporte al trabajo de investigación es la metodología desarrollada para detectar fallos en pruebas simuladas.

Jarne Brun (2018) en su trabajo “Smart Home usando IoT y Chatbots” tuvo como objetivo brindar una solución unificada para permitir la interoperabilidad entre diversos dispositivos IoT y la administración de gran cantidad de dispositivos con arquitectura escalable. Propuso una arquitectura genérica para implementar distintas funcionalidades para una Smart Home y el control de las mismas desde cualquier dispositivo móvil, para ello utilizó la tecnología en desarrollo de los chatbots, a los cuales se puede consultar los estados actuales de los diversos sensores instalados, el historial de los valores, crear funciones para los avisos asíncronos y controlar distintos actuadores. Todo esto se realizó mediante el protocolo de intercomunicación MQTT haciendo uso de un mediador (plataforma Node-RED) que recibe los mensajes escritos por el usuario en la aplicación de

Telegram para procesarlos y establecer un comando en específico en el dispositivo genérico IoT y se reenvía la respuesta una vez más por la aplicación Telegram para que el usuario obtenga una retroalimentación. El principal aporte de este trabajo es el uso de Chatbot para el desarrollo de aplicaciones IoT, además de la implementación de los mismos mediante la aplicación Telegram permitiendo que el usuario controle dispositivos mediante su celular.

Lei et al. (2018) en su trabajo “Modular Web-Based Interactive Hybrid Laboratory Framework for Research and Education” proponen un enfoque altamente modular para la construcción de un laboratorio híbrido, que es una plataforma de experimentación interactiva basada en la web y libre de plug-in, Networked Control System Laboratory (NCSLab) tiene en su metodología de diseño 4 niveles. El primer nivel es la interfaz web que da acceso a sus usuarios los cuales pueden hacer experimentos en línea y en cualquier lugar haciendo uso de un navegador web, el siguiente nivel es de servidores que recopila la información de del nivel de controladores y se encarga de enviar los datos a un servidor para que por HTML5 los usuarios puedan acceder a ellos, finalmente los controladores asignan las direcciones IP utilizando correspondencia uno a uno dentro del nivel de bancos de prueba donde se encuentran los dispositivos reales conectados por interfaz USB y los experimentos simulados. Como NCSLab incorpora varias plataformas de prueba, se seleccionó un sistema de control virtual de velocidad del ventilador en la se estuvieron involucrados 75 estudiantes y realizando una encuesta obtuvieron un nivel de aceptación notablemente alto y la mayoría de estudiantes opinaron que NCSLab era fácil de usar y que les ayudó a comprender el contenido del curso. El principal aporte para el trabajo de investigación es el enfoque educativo que le da a la implementación de un laboratorio híbrido haciendo uso de una interfaz intuitiva que mejora la comprensión, además que el uso de un diseño modular permite la implementación de nuevos equipos a futuro.

II. CAPITULO II: MATERIAL Y METODO

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

2.1.1. Tipo de análisis de datos

Cuantitativo ya que los resultados obtenidos son comparados en una escala numérica.

2.1.2. Diseño de contrastación

Diseño de Investigación Experimental

2.2. UNIDAD DE ESTUDIO

2.2.1. Población

Estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo matriculados en los semestres 2021-I y 2021-II.

2.2.2. Muestra

Alumnos que cursan de 5to a 8vo ciclo de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en los semestres 2021-I y 2021-II.

2.2.3. Unidad de análisis

Alumnos que cursan de 5to a 8vo ciclo que han desarrollado prácticas de laboratorio dentro de los semestres 2021-I y 2021-II.

2.3. VARIABLES

2.3.1. Definición de variables

- Variable dependiente: Nivel de satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica al desarrollar prácticas de laboratorio.
- Variable independiente: Laboratorio con interacción remota.

2.3.2. Operacionalización de variables

Tabla 2 Operacionalización de variable dependiente.

Variable Dependiente: Nivel de satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica al desarrollar experiencias de laboratorio				
Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de medición	ITEM
Componentes cognitivos y afectivos	Experiencia y conocimiento en uso del software	Escala de Likert	Formulario virtual	1
	Disposición hacia el uso del software	Escala de Likert	Formulario virtual	2
	Motivación hacia el uso del software	Escala de Likert	Formulario virtual	3
Características tangibles	Apariencia del software manipulado	Escala de Likert	Formulario virtual	4,5
	Facilidad de manipulación del software	Escala de Likert	Formulario virtual	6,7,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Operacionalización de variable independiente.

Variable Independiente: Laboratorio con interacción remota			
Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de medición
Retardo de recepción de datos	Tiempo de transmisión de comandos	microsegundos	Guion de observación
Consumo de banda ancha	Consumo de datos	Mbps	Guion de observación
Eficacia del sistema	Número de comandas enviados	adimensional	Guion de observación
	Número de comandos ejecutados	adimensional	Guion de observación

Fuente: Elaboración propia

2.4. TRATAMIENTO DE DATOS

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

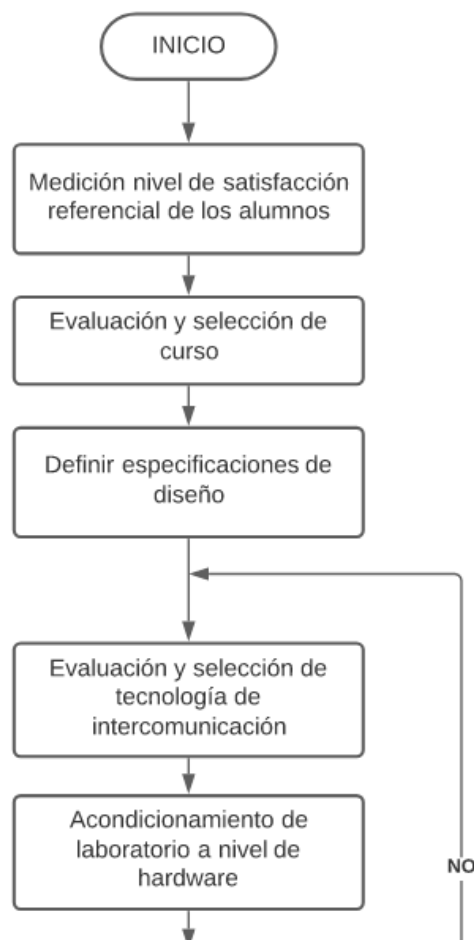
Los indicadores de la variable dependiente fueron medidos de acuerdo a lo expuesto en el **ANEXO 3**

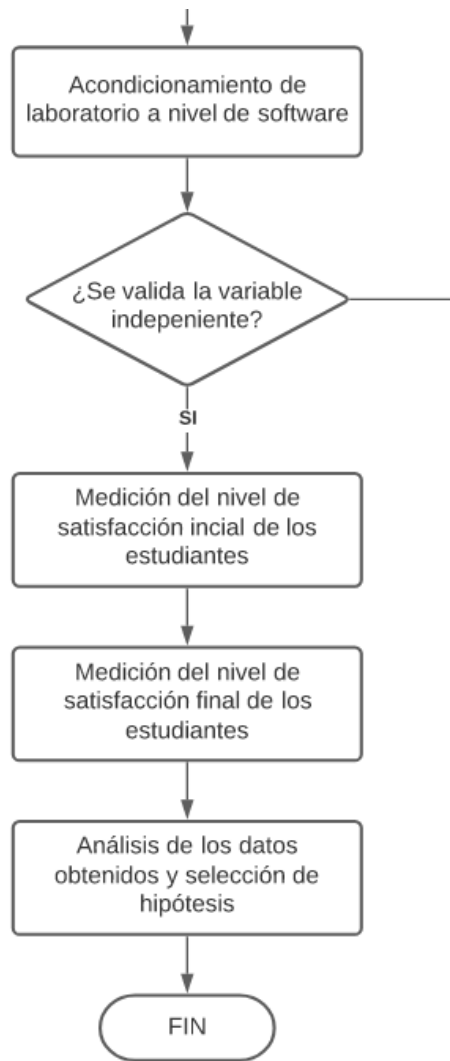
, donde la técnica utilizada es una encuesta realizada por medio de un formulario virtual obteniendo respuestas mediante preguntas cerradas, esta encuesta será llenada por los alumnos previamente seleccionados por el tesista.

La eficacia del sistema de intercomunicación a implementar se medirá de forma adimensional con respecto a la relación entre el número de comandos ejecutados y enviados, además del consumo de datos del sistema y el tiempo de transmisión de un comando, todo esto se explica detalladamente en el **ANEXO 4**

2.4.2. Procedimiento

A continuación, en la Figura 1 se muestran los pasos seguidos de manera general para el desarrollo del presente trabajo de investigación, cabe resaltar que el enfoque usado para la selección de componentes recae sobre el menor costo de y la mayor utilidad de estos.





*Figura 1 Diagrama de Flujo para desarrollo de tesis.
Fuente: Elaboración propia.*

- A. Medición de nivel de satisfacción referencial de los alumnos:
Se estableció la realidad problemática del presente trabajo de investigación, se realizó una encuesta para determinar el nivel de satisfacción de los alumnos de Ingeniería Mecatrónica al desarrollar sus prácticas de laboratorio, el trabajo apuntó a encontrar una solución para aumentar el nivel de satisfacción de los estudiantes.
- B. Evaluación y selección de curso:
Comparando distintos cursos que hacen uso de prácticas de laboratorio para evaluar el desempeño de los estudiantes, se seleccionó el (los) curso que mejor se vea beneficiado al implementar una tecnología de intercomunicación que permita la interacción remota.

- C. Definir especificaciones de diseño:
Se definieron las especificaciones que tendría el sistema y este mismo solo se enfocara en la realización de prácticas de laboratorio presenciales, así mismo, se determinó la necesidad del sistema remoto a implementar.
- D. Evaluación y selección de tecnología de intercomunicación:
Se seleccionó la tecnología de intercomunicación que mejor se adecua a las necesidades anteriormente establecidas, basándose en la evaluación de las distintas tecnologías existentes y la comparación de sus correspondientes características.
- E. Acondicionamiento de laboratorio a nivel de hardware:
Se seleccionaron los elementos necesarios y se realizó la instalación de los mismos que hicieron posible la intercomunicación entre los dispositivos de laboratorios de la escuela y una computadora en casa.
- F. Acondicionamiento de laboratorio a nivel de software:
Se seleccionaron las herramientas informáticas necesarias para habilitar el protocolo de transmisión de información antes establecido y se creó el software que controlará y habilitará el sistema implementado.
- G. Validación de la variable independiente:
Se evalúa si el sistema implementado cumple con las especificaciones anteriormente definidas, de no ser así se vuelve a evaluar y seleccionar la tecnología de intercomunicación.
- H. Medición de nivel de satisfacción inicial de los estudiantes:
Seleccionando los grupos de estudio, todos los estudiantes llenarán una encuesta para determinar el nivel de satisfacción inicial al desarrollar sus prácticas de laboratorio.
- I. Mediación de nivel de satisfacción final de los estudiantes:
Solo un grupo de estudio seleccionado se someterá a la manipulación de variable independiente y mediante el llenado de una encuesta adicional se determina el nivel de satisfacción final al desarrollar sus prácticas de laboratorio.

- J. Análisis de los datos obtenidos y selección de hipótesis:
Una vez obtenido los resultados de nivel de satisfacción inicial y final, se procede a analizar dichos resultados y mediante el uso de técnicas estadísticas como es la distribución t-student se selecciona y validará una de las hipótesis planteadas.

2.4.3. Análisis de datos

El sistema implementado para la variable independiente será validado cuando su eficacia (relación entre número de comandos enviados y ejecutados) sea mayor a 95%. Asimismo, se observará el retardo de recepción de comandos y el consumo de banda ancha realizada.

Se valorará el nivel de satisfacción de los estudiantes como: bajo, medio y alto teniendo en cuenta rangos sobre el puntaje de los resultados obtenidos de sus encuestas.

Ya que actualmente se desconoce el número exacto de muestras, estas se analizarán haciendo uso de la distribución t-student por su versatilidad con respecto al número de muestras; posteriormente se tomará una decisión y aceptará una de las hipótesis planteadas.

2.5. CONSIDERACIONES ETICAS

Para el desarrollo del presente trabajo, es necesario modificar e instalar dispositivos dentro de la institución académica de enseñanza superior Universidad Nacional de Trujillo, por ello se cuenta con el permiso para el uso y mejora dentro del Laboratorio de Multiusos de Ingeniería Mecatrónica, el documento se puede visualizar en el **ANEXO 5**

.

Por motivos logísticos tomados en contramedida a la tercera ola a la cual se enfrenta la zona de La Libertad en los primeros meses de 2022, se necesitó e hizo uso del “Permiso para Ingreso a la Ciudad Universitaria” otorgado al tesista, el documento se puede visualizar en el **ANEXO 6**

.

III. CAPITULO III: RESULTADOS

3.1. Selección de tecnología de Intercomunicación.

3.1.1. Selección de Curso

Se tomó en cuenta a los estudiantes que aún cursan los ciclos de 5to a 8vo ciclo de la carrera, excluyendo así a los estudiantes de 9no y 10mo ciclo, porque estos mismos ya no requieren hacer uso de los laboratorios de Ing. Mecatrónica y se espera que sus estudios finalicen próximamente. Por ello, se evaluó la malla curricular de los alumnos que forman parte de la unidad de análisis. En la Tabla 4 se especifican los cursos dictados en 6to y 8vo, ya que, gracias al cronograma establecido, los ciclos académicos que se estuvieron desarrollando en el primer trimestre del año 2022 fueron estos mismos.

Tabla 4 Malla Curricular de 6to y 8vo ciclo.

	Experiencia Curricular	Car áct.	Tip o	Ciclo	Créd.	T	P	L	Total Horas	Pre-Requisito	Departamento académico
SEXTO CICLO											
ECM-VI1	Mecánica de Fluidos	O	ES	VI	4	2	2	2	6	ECM-IV1, ECM-V2	Mecánica y energía
ECM-VI2	Máquinas Eléctricas	O	ES	VI	4	2	2	2	6	ECM-IV2, ECM-V1	Mecánica y energía
ECM-VI3	Microprocesadores y Sistemas Embebidos	O	ES	VI	4	2	2	2	6	ECM-V4	Mecánica y energía
ECM-VI4	Instrumentación Industrial	O	ES	VI	4	2	2	2	6	ECM-V3	Mecánica y energía
ECM-VI5	Teoría de Máquinas y Mecanismos	O	ES	VI	4	2	2	2	6	ECM-V1, ECM-V5	Mecánica y energía
EEM-VI1	Métodos Numéricos	E	EE	VI	2	1	2	0	3	ECM-IV1	Mecánica y energía
EEM-VI2	Domótica	E	EE							ECM-V4	Mecánica y energía
	Sub Total Créditos 22										
OCTAVO CICLO											
ECM-VIII1	Ingeniería Económica	O	EE	VII	4	2	4	0	6	132 créditos	Ingeniería Industrial
ECM-VIII2	Robótica	O	EE	VII	4	2	4	0	6	ECM-VI3, ECM-VI5, ECM-VII3	Mecánica y energía

ECM-VIII3	Control II	O	EE	VII	4	2	4	0	6	ECM-VI3, ECM-VII3	Mecánica y energía
ECM-VIII4	Electricidad Industrial	O	EE	VII	4	2	4	0	6	ECM-VI2	Mecánica y energía
ECM-VIII5	Procesamiento Digital de Señales e imágenes	O	EE	VII	4	2	4	0	6	ECM-V1, ECM-VI3	Mecánica y energía
EEM-VIII1	Software para la Simulación Numérica	E	ES	VIII	2	1	1	0	3	ECM-VI1, ECM-VI2	Mecánica y energía
EEM-VIII2	Software para la Automatización	E	ES							ECM-V3	Mecánica y energía
	Sub Total Créditos 22										

Fuente: Facultad de Ingeniería Mecatrónica

Como se puede observar, todos los cursos dictados en 6to y 8vo ciclo tienen horas teóricas y prácticas, por lo que, en todos los cursos mostrados es posible la implementación de distintos sistemas para aumentar la satisfacción estudiantil, siendo uno independiente del otro. No obstante, la magnitud del presente estudio se enfoca en abarcar la mayoría de cursos dictados que guarden relación entre sí.

De todos estos cursos dictados, 2 de ellos harían prácticas de laboratorio dentro de las instalaciones de Ing. Mecatrónica si se contara con la facilidad de dictar clases presenciales, estos cursos son Instrumentación Industrial y Electricidad Industrial, ambos tienen componentes similares ya que aprovechan y hacen uso de componentes y maquinaria presente en los laboratorios de Ingeniería Mecatrónica, como es el caso de los PLC. Es por ello, que los cursos seleccionados fueron Instrumentación Industrial de 6to ciclo y Electricidad Industrial de 8vo ciclo.

3.1.2. Análisis de necesidad y especificaciones de diseño




Una vez seleccionados los cursos, se procedió a evaluar los temas enseñados dentro de estos mismos, para encontrar similitudes y establecer así un sistema integrado que sirva como apoyo para los cursos seleccionados.


Si revisamos el contenido del sílabo del curso de Instrumentación Industrial de 6to ciclo (**ANEXO 7**), podemos observar que uno de los resultados de aprendizaje es “Selecciona apropiadamente controladores para aplicaciones prácticas” uno de los contenidos es “controladores programables” en cuales se hace énfasis al estudio de los PLC, evaluando así sus partes que lo componen, algoritmos a utilizar, sintaxis y entornos que se pueden desarrollar en el software de control y simulación TIA Portal.

Al mismo tiempo, el enfoque general del curso Electricidad Industrial es obtener conocimientos básicos sobre circuitos eléctricos en corriente alterna, principio de funcionamiento de las maquinarias eléctricas y las especificaciones técnicas que permitan su adecuada selección. Los contenidos del curso mencionado se desarrollan en conjunto con la evaluación de los controladores lógicos programables, los tableros eléctricos y el control de motores de inducción trifásica. La información a detalle se especifica en el **ANEXO 8**.

Tomando en cuenta los contenidos desarrollados en cada uno de los sílabos de los cursos antes mencionados, se determinó la necesidad, *brindar un sistema de intercomunicación a los alumnos de 6to y 8vo ciclo que permita la interacción remota con un controlador PLC para desarrollar prácticas de laboratorio enfocadas en el control de actuadores y motores de inducción trifásica.*

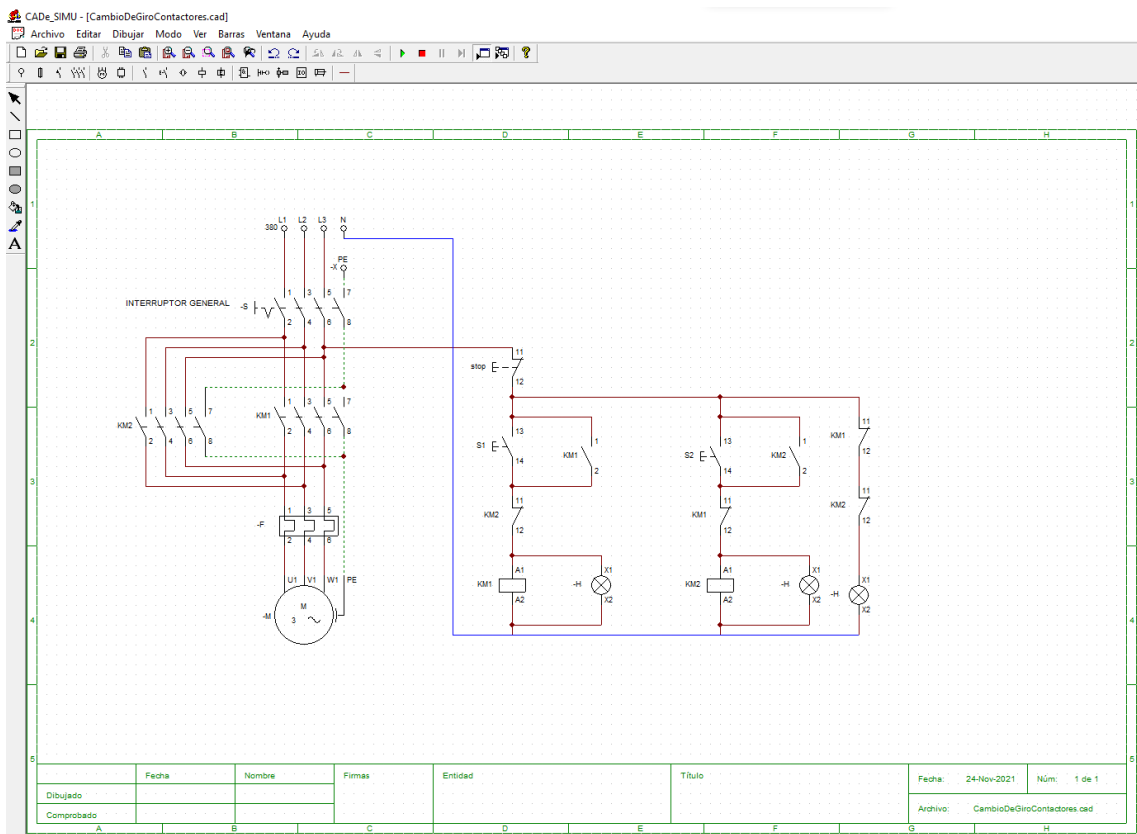
Tabla 5 Principales elementos para práctica de laboratorio.

ELEMENTO - INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
 PLC S7-1200	Controlador lógico programable básico que permite realización de tareas de automatización de manera flexible.	Controlar los distintos actuadores con respecto al algoritmo establecido transformando la energía eléctrica en comandos eléctricos.
 Motor trifásico	Máquina eléctrica que genera energía mecánica gracias a los fenómenos de inducción electromagnética.	Transformar energía eléctrica alterna trifásica en energía mecánica.
 Baliza 3 colores	Actuador luminoso de 3 estados de distintos colores.	Señalizar y/o indicar distintos estados de un proceso al ser alimentado con energía eléctrica.

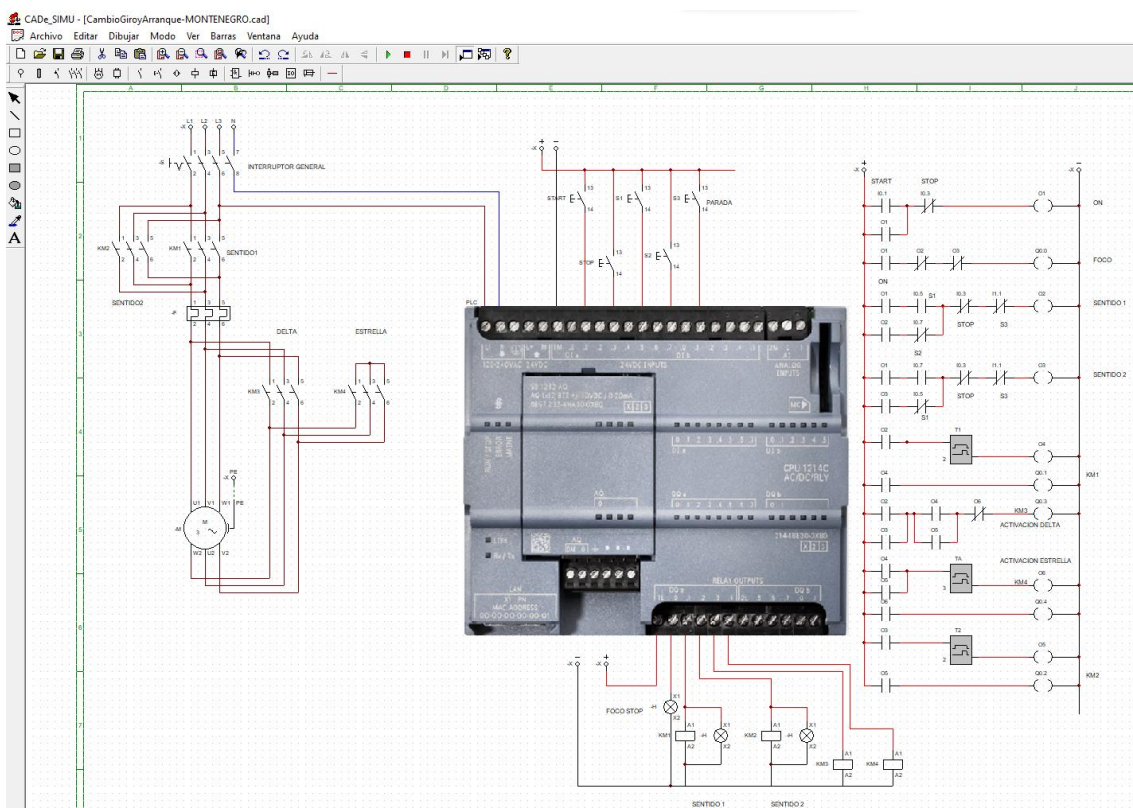
 <p>Contadores</p>	<p>Elemento electromecánico de mando a distancia, que puede abrir o cerrar circuitos eléctricos.</p>	<p>Proteger elementos electrónicos estableciendo o interrumpiendo la corriente eléctrica.</p>
 <p>Llave termomagnética</p>	<p>Elemento de protección ante sobrecargas.</p>	<p>Proteger la instalación eléctrica mediante la interrupción de la corriente eléctrica ante cortocircuitos y sobrecargas.</p>
 <p>PC - Laptop</p>	<p>Computadora personal que permite la realización de trabajos informáticos.</p>	<p>Desarrollar algoritmos y cargarlos al controlador mediante conexiones eléctricas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Si las prácticas de laboratorio de 6to y 8vo ciclo se desarrollaran presencialmente, los principales elementos utilizados serían aquellos que se mencionan en la Tabla 5. Con estos elementos es posible desarrollar prácticas de laboratorio, uno de ellos es el arranque de un motor trifásico, para ello es primordial desarrollar una simulación y obtener conocimientos sobre el funcionamiento y especificaciones de los elementos a utilizar futuramente, uno de los softwares utilizados es “CAdE_SIMU” en el cual se desarrolló el laboratorio de “Cambio de Giro de motor trifásico” y “Arranque Delta-Estrella de un motor trifásico”. En dicho software se hicieron las conexiones respectivas para el correcto funcionamiento del sistema, tomando en cuenta la alimentación trifásica, las conexiones de los elementos de protección y elementos de control, además de los actuadores (en este caso un motor de inducción trifásica e indicadores luminosos) y el indispensable algoritmo que se desarrolló con lógica de contactores y en lenguaje LADDER utilizando el PLC S7-1200, estos resultados se aprecian en la Figura 2 y Figura 3.

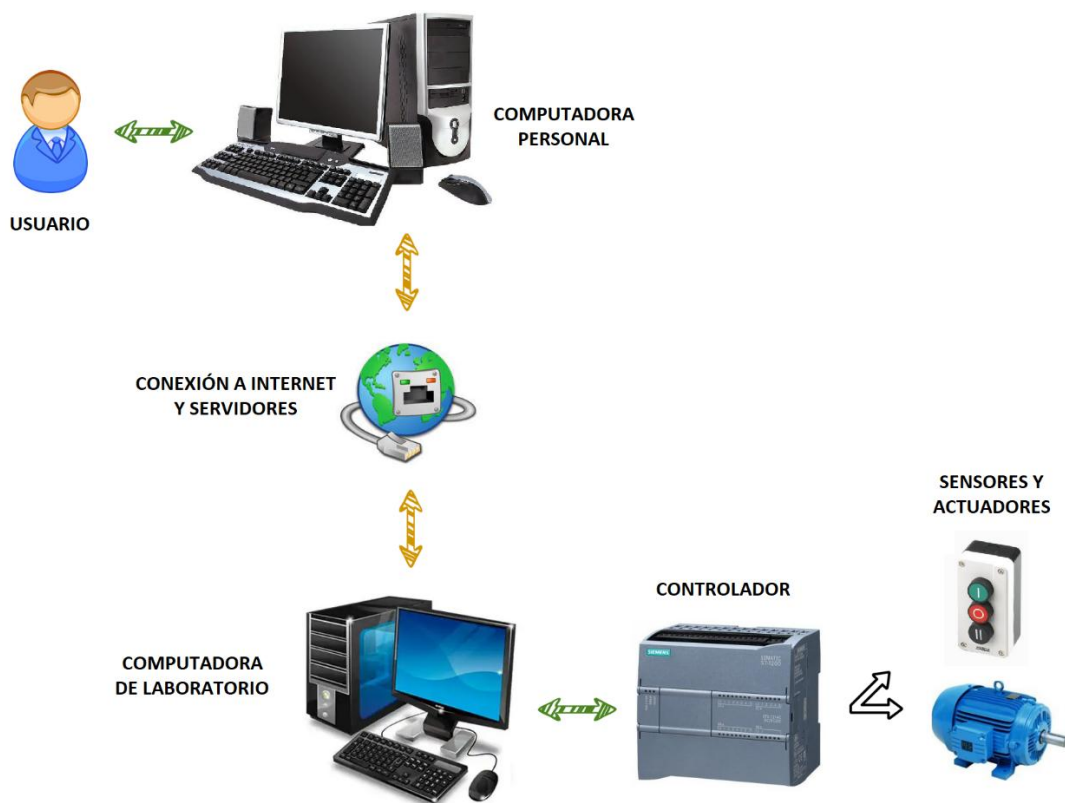


*Figura 2 Laboratorio Cambio de giro motor trifásico.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 3 Laboratorio Arranque de motor trifásico.
Fuente: Elaboración propia.*

De manera general, el sistema de intercomunicación debe permitir la interacción con el controlador, sensores y actuadores instalados en el Laboratorio de Multiusos, logrando una conexión a distancia a través de internet y de los servidores implementados, priorizando el bajo consumo de datos.



*Figura 4 Bosquejo general del sistema de intercomunicación.
Fuente: Elaboración propia.*

3.1.3. Evaluación y selección de tecnología de intercomunicación.

En este apartado se tomó en cuenta distintas características para evaluar las tecnologías de intercomunicación existentes, veamos sus características más resaltantes:

Tabla 6 Cuadro comparativo entre protocolos IoT

Protocolo	Características de los protocolos IoT					
	Transporte	Mensajería	Ámbito de aplicación	Seguridad	Tolerancia a fallos	Soporte de red
AMQP	TCP/IP	Intercambio punto a punto	D2D, D2C, C2C	TLS	Específica de la implementación	Hasta 5G
CoAP	UDP/IP	Petición/Respuesta (REST)	D2D	DTLS	Descentralizado	Hasta 5G

DDS	UDP/IP (unicast + mcast) TCP/IP	Publicación/Suscripción Petición/Respuesta	D2D, D2C, C2C	TLS, DTLS, DDS	Descentralizado	Hasta 4G
XMPP	TCP/IP	Publicación/Suscripción Petición/Respuesta	D2D, D2C	SASL, TLS	Descentralizado	Hasta 4G
MQTT	TCP/IP	Publicación/Suscripción	D2C	TLS	El nodo central es el punto único de fallo	Hasta 5G

Para la evaluación de las características de los distintos protocolos mostrados en la Tabla 6 se tomó en cuenta el método de factores ponderados, asignando a un peso a las características seleccionadas a evaluar, siendo 1 la menos favorables y 5 la ponderación más favorable, las características evaluadas fueron:

- Nivel de Transporte (Ponderación: 3) Hace referencia al protocolo usado para habilitar y proteger la comunicación de los datos mientras viajan entre niveles.
- Mensajería (Ponderación: 2) Depende del intercambio de información entre servidor y cliente.
- Ámbito de aplicación (Ponderación: 2) Es el enfoque que se le puede dar al protocolo con respecto a la interacción entre clientes y servidores.
- Seguridad (Ponderación: 4) Son los mecanismos de seguridad que el protocolo emplea para cifrar la información enviada.
- Tolerancia a fallos (Ponderación: 3) Hace referencia a las soluciones presentadas ante circunstancias inesperadas.
- Soporte de red (Ponderación: 3) Son tecnologías de red utilizados por los protocolos para conectarse a internet.
- Comunidad (Ponderación: 5) se refiere a la información disponible que los usuarios pueden encontrar con respecto a dicho protocolo.

Tabla 7 Evaluación de protocolo de intercomunicación IoT

Característica	Pond.	Protocolo de intercomunicación IoT				
		AMQP	CoAP	DDS	XMPP	MQTT
Nivel de transporte	3	4	3	5	4	4
Mensajería	2	3	3	5	4	4
Ámbitos de aplicación	2	5	5	5	4	3
Seguridad	4	4	4	5	5	4
Tolerancia a fallos	3	4	4	4	4	5
Soporte de red	3	5	5	3	3	5
Comunidad	5	3	3	3	4	5
Total		86	83	94	89	97

Fuente: Elaboración propia.

A pesar que el protocolo DDS es más versátil, permitiéndonos administrar diversidad de dispositivos, controlar grandes cantidades de datos, etc. el protocolo que obtuvo la mayor calificación es MQTT, ya que obtuvo mayor puntaje en el apartado de comunidad, esto se debe principalmente a la cantidad de información que podemos encontrar en la web con respecto a este protocolo y a que varios de las plataformas existentes para el desarrollo de aplicaciones IoT se basan en este mismo.

3.2. Desarrollo e implementación del sistema.

3.2.1. Acondicionamiento de laboratorio a nivel de hardware.

Para el acondicionamiento del Laboratorio Arranque de motor Trifásico, se tomó en consideración las especificaciones de diseño elaboradas en los resultados anteriormente mencionados, además de ello, se consideró agregar un instrumento que permita la interacción y el control de dicho laboratorio, añadiendo una opción de control al panel de botoneras ya establecida con anterioridad.

La mejor opción fue adquirir un SMATIC PANEL de la marca SIEMENS para realizar la Interfaz Humano Máquina (HMI), ya que este mismo tiene compatibilidad directa con el PLC SIEMENS 1200 elegido con anterioridad. Las características principales se mencionan en la Tabla 8.

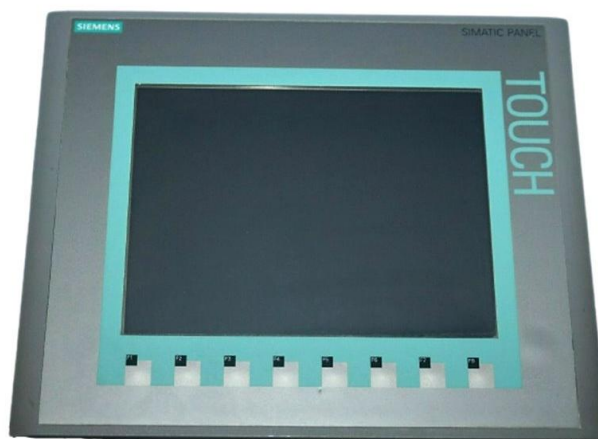


Figura 5 SIMATIC PANEL HMI KTP1000 BASIC.

Tabla 8 Características de SIMATIC PANEL.

Características	Descripción
Modelo	SIMATIC HMI KTP1000 BASIC
Tipo de display	TFT
Número de colores	256
Resolución de imagen	640x480 pixeles
Número de teclas función	8
Teclado numérico	Teclado en pantalla
Voltaje de operación	24 V DC
Consumo nominal	0.6 A
Dimensiones	10.4 x 211.2 x 128.4 in

Para que la comunicación sea eficiente entre el PLC, el HMI incorporado y la computadora que cargará el algoritmo y/o programa desarrollado, se creó la necesidad de utilizar un elemento que permita dicha comunicación. Para ello, la mejor opción fue optar por un switch, ya que todos los componentes electrónicos anteriormente mencionados tienen un puerto ethernet que permite el intercambio de datos.

Se optó por la elección de un Switch que permita conectar más de 4 dispositivos a la misma red, para que, si en un futuro se decide instalar más componentes, el sistema tenga la capacidad de albergar componentes adicionales que cuenten con puerto ethernet para la transferencia de datos.



Figura 6 D-Link DGS-108.

Tabla 9 Características de D-Link DGS-108

Características	Descripción
Modelo	D-Link DGS-108
Número de puertos	8
Tecnología soportada	IEEE 802.3az EEE
Método de transmisión	Store-and-forward
Data Transfer Rates	Hasta 2000 Mbps
Teclado numérico	Teclado en pantalla
Voltaje de operación	5 V DC
Consumo nominal	1 A
Dimensiones	100 x 98 x 28 mm

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados con anterioridad, se procedió a instalar todos los componentes mencionados en el Laboratorio de Multiusos de la Universidad Nacional de Trujillo, El resultado se muestra en la Figura 7.



*Figura 7 Implementación de Laboratorio Arranque de motor Trifásico.
Fuente: Elaboración propia.*

Una vez instalados los elementos necesarios para hacer una práctica de laboratorio presencial, se procedió a evaluar los posibles componentes que permitan la realización de un sistema basado en IoT, para que así, cualquier usuario pueda ingresar y visualizar tanto el laboratorio físico como la práctica de laboratorio implementada.

Para realizar un sistema basado en IoT es imprescindible contar con conexión a internet, el laboratorio de Multiusos ya cuenta con esta característica, sin embargo, el espacio designado para la realización de esta tesis tenía falencias en este apartado. Por ello, se eligió un router capaz de generar una nueva subred tanto alámbrica como inalámbrica.



Figura 8 Router Tenda N301.

Tabla 10 Características Tenda N301.

Características	Descripción
Modelo	Tenda N301
Número de puertos	4
Tecnología soportada	IEEE 802.11n/g/b
Rango de frecuencia inalámbrica	2.4 – 2.4835 GHz
Data Transfer Rates	Hasta 300 Mbps
Dimensiones	127.4 x 90.5 x 26 mm

Entre los microcontroladores más destacados que permiten el desarrollo de proyectos IoT, tenemos a:



Figura 9 Jetson nano.



Figura 10 Raspberry Pi 4B.



Figura 11 Arduino nano 33 IoT.



Figura 12 Familia ESP32

Utilizamos una vez más el método de los factores ponderados para evaluar las distintas características que los controladores mostrados nos ofrecen, donde 1 es menos favorable y 5 es más favorable. Entre las características seleccionadas tenemos:

- Costo (Ponderación: 4) Hace referencia al precio por el cual un ciudadano Trujillano logra adquirir dicho componente.
- Disponibilidad (Ponderación: 5) Facilidad para encontrar el componente dentro de la localidad.
- Tamaño (Ponderación: 3) Hace referencia a las dimensiones y el volumen que ocupa el componente.
- Conexiones (Ponderación: 3) Hace referencia a los puertos disponibles para agregar periféricos, sensores o actuadores.
- Comunidad (Ponderación: 5) Facilidad para encontrar información y ayuda por parte de los demás usuarios.
- Eficiencia energética (Ponderación: 4) depende de cuánta energía es necesaria para utilizar el componente y cuanto de esta es desperdiciada en forma de calor.

Tabla 11 Evaluación de microcontrolador IoT.

Característica	Pond.	Protocolo de intercomunicación IoT				
		Jerson nano	Raspberry Pi 4B	Arduino nano 33 IoT	ESP32	ESP32 - CAM
Costo	4	2	2	5	5	5
Disponibilidad	5	1	3	2	5	4
Tamaño	3	2	3	5	4	5
Conexiones	3	5	5	3	3	4
Comunidad	5	2	5	3	4	4
Eficiencia energética	4	3	4	5	5	5
Total		56	88	89	106	107

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se terminó eligiendo al ESP32CAM sobre el ESP32 a pesar que este último tiene más pines de conexión para acoplar sensores y actuadores, pero el

ESP32CAM obtuvo mayor puntaje en conexiones gracias a que viene con una pequeña cámara incorporada que facilita la implementación de diversos proyectos y aún permite la adición de diversos sensores y actuadores. Entre sus principales características podemos resaltar:



Figura 13 ESP32-CAM.

Tabla 12 Características de ESP32-CAM.

Características	Descripción
Modelo	ESP32-CAM
Voltaje de alimentación	5V DC
Consumo de Corriente promedio	200 mA
Modulo inalámbrico	Wi-Fi BT 802.11/g/n Bluetooth 4.2 BR/EDR
Tipo de cámara	OV2640 2MP
Formato de imagen	JPEG, BMP, GRAYSCALE
Frecuencia de CPU	240 MHz
Velocidad de reloj	160 MHz
Puertos	9 IO ports
Interfaces soportadas	UART, SPI, I2C, PWM
Soporte TF CARD	micro SD (máximo 4 GB)
Dimensiones	2.7 cm x 4.0 cm x 1.8 cm

Para agregar interacción y visualización al sistema, se decidió adicionar un servomotor capaz de posicionar al ESP32CAM en distintos ángulos para que este mismo tenga mayor versatilidad al momento de la obtención de imágenes. Así mismo, se adicionaron sensores que permiten visualizar en tiempo real los distintos componentes del sistema instalado, estos mismos son dos cámaras web de bajo costo, además que no es necesario instalar drivers externos para ser utilizados en

computadoras con sistema operativo Windows 8 o superior. Por lo que agregan versatilidad al sistema si en un futuro se decide instalar más cámaras de este tipo.



Figura 14 Servomotor 13kg.

Tabla 13 Características de servomotor 13kg.

Características	Descripción
Modelo	MG946R
Voltaje de alimentación	4.8 V - 7.2 V DC
Stall torque	10.5 kg/cm (4.8 V) 14.0 kg/cm (7.2 V)
Ángulo de rotación	0° – 180°
Dimensiones	40.6 x 19.8 x 42.9 mm
Peso	55 g



Figura 15 Cámaras Web Jetion.

Tabla 14 Características Cámara Web Jetion.

Características	Descripción
Modelo	Jetion PJT-DCM141
Conexión	USB 2.0

Resolución soportada	720p
Longitud de cable	1.2 m
Modo de anclaje	pinza
Velocidad de fotogramas	30 cuadros por segundo

Adicionalmente, como se pretende que las cámaras estén a una distancia considerable (mayor a 1.2m) de la computadora del laboratorio, se consideró utilizar cable ethernet como extensión y adaptadores para convertir el conector RJ45 a USB macho y hembra según la necesidad.



Figura 16 Adaptadores RJ45 a USB.

Para el control del encendido de la computadora presente en el laboratorio, se decidió que esta se encendería automáticamente luego de la restauración del fluido eléctrico. Para ello, se decidió contar con un módulo relay que soporte la corriente necesaria para que la computadora funcione.

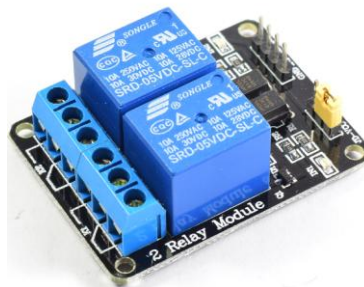
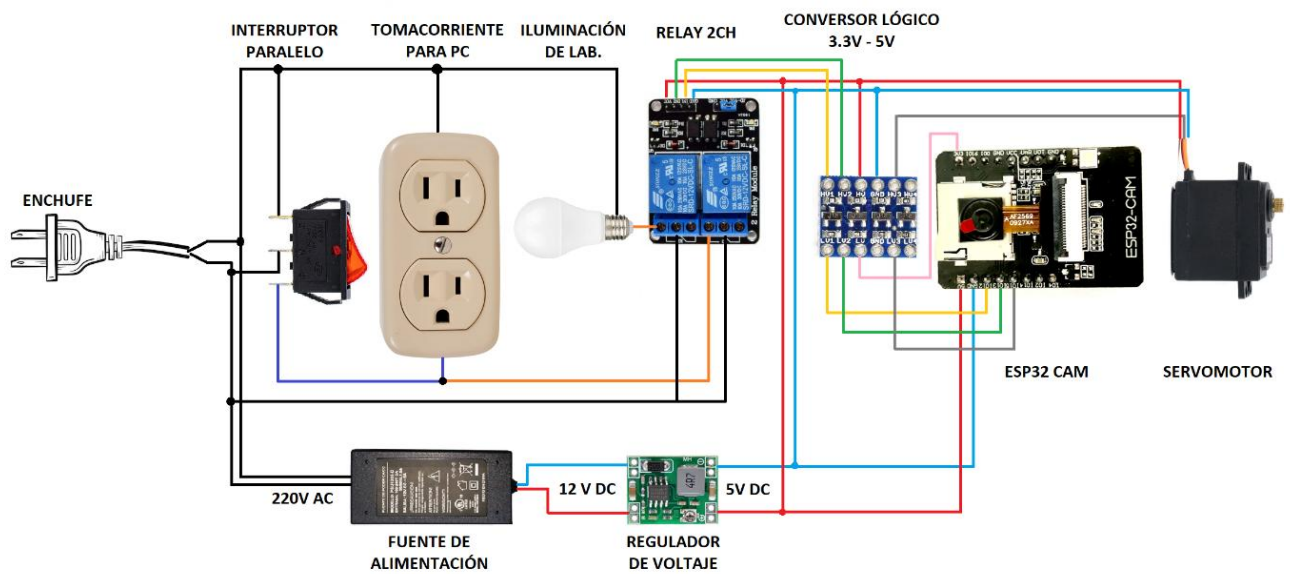


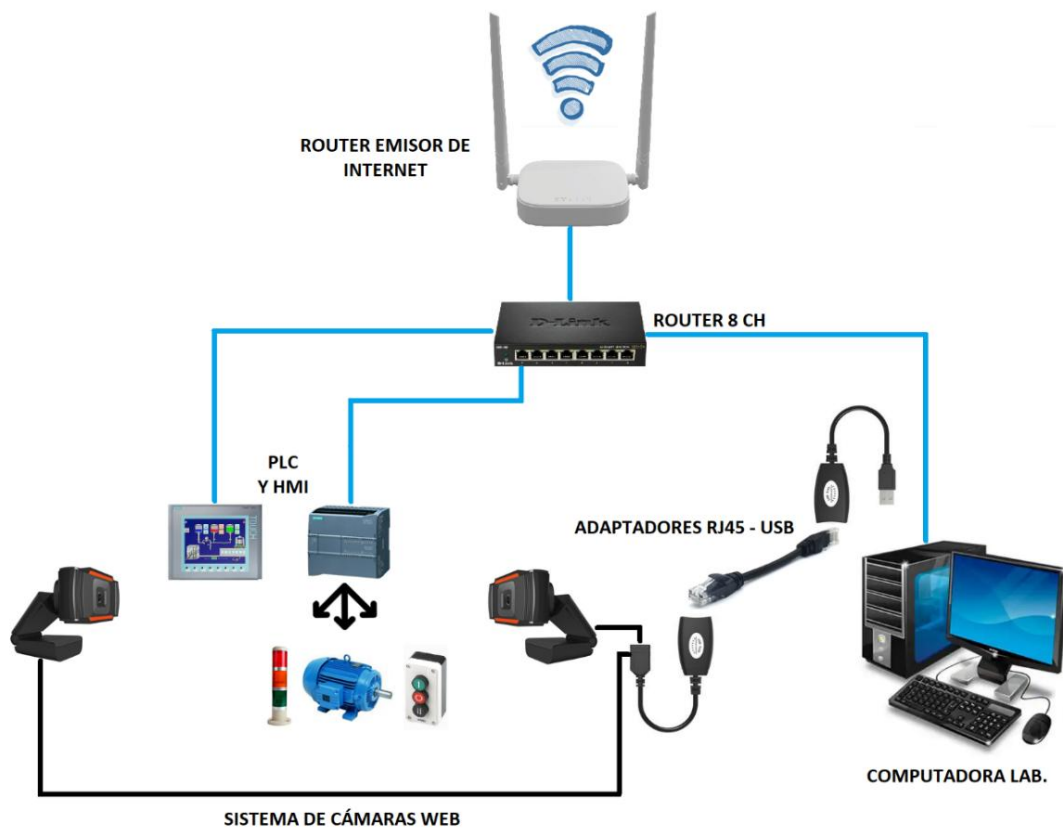
Figura 17 Relay 2 canales.

Características	Descripción
Modelo	SRD-05VDC-SL-C
Voltaje de operación	5 V DC
Número de relays	2 canales
Capacidad máxima	10 A / 250 V AC
Corriente máxima	10 A (NO) 5 A (NC)

Finalmente, con los principales componentes seleccionados se procede a implementar el sistema de intercomunicación basado en IoT, el cual permanecerá conectado tanto a la red eléctrica como a internet.



*Figura 18 Diagrama eléctrico sistema IoT.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 19 Diagrama conexión componentes.
Fuente: Elaboración propia.*

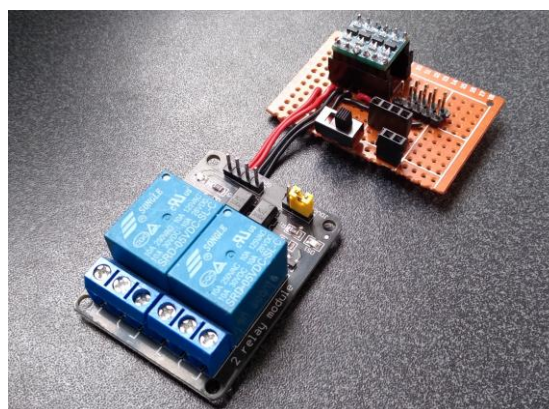
Con los diagramas elaborados (Figura 18 y Figura 19) se procedió a elaborar las placas, el conexionado y en general el acondicionamiento del Laboratorio de Multiusos.



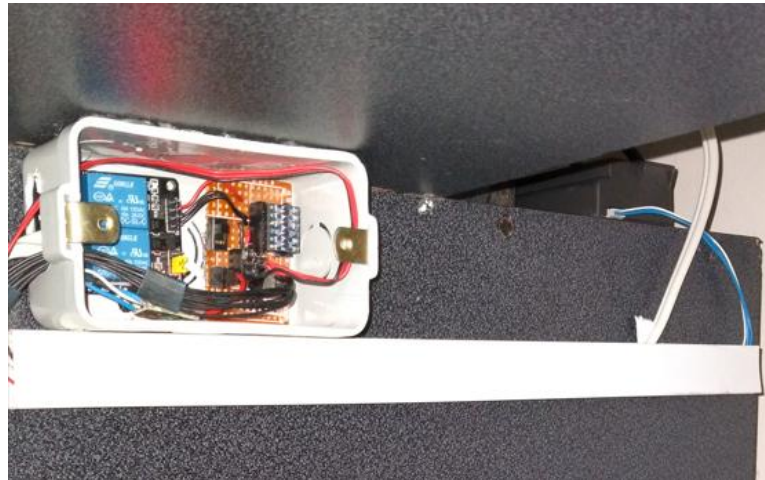
*Figura 20 Conexión alta tensión.
Fuente: Elaboración propia.*



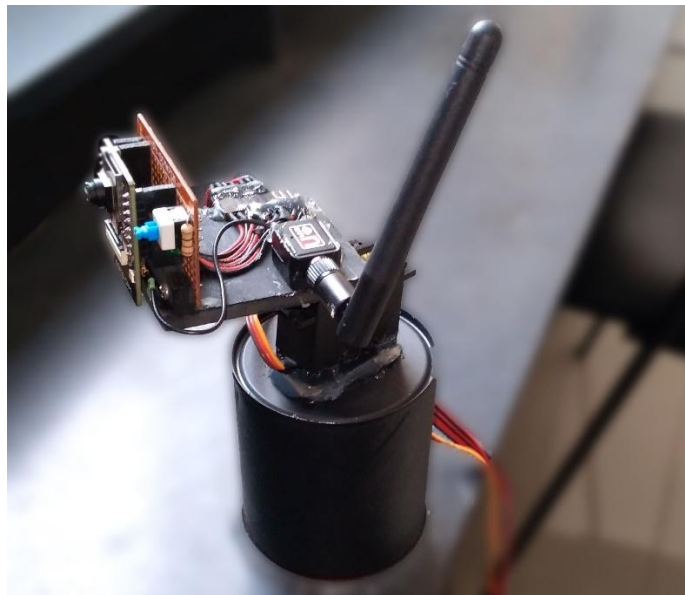
*Figura 21 Conexión alimentación computadora.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 22 Circuito conversor lógico y relay.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 23 Instalación circuito de mando.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 24 Base preliminar de ESP32-CAM y servomotor.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 25 Sistema IoT implementado (hardware).
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 26 Sistema de interacción remota instalado.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 27 Sistema de interacción remota segunda vista.
Fuente: Elaboración propia.*

3.2.1. Acondicionamiento de laboratorio a nivel de software.

El programa elegido para controlar la computadora de laboratorio es uno bastante reconocido, TeamViewer, ya que este mismo permite controlar de forma remota una computadora externa a la red conectada, existe la aplicación tanto para PC como para Android, por lo que es una excelente opción si hablamos de versatilidad. No es complicado de configurar, simplemente debemos elegir la opción de uso personal y

establecer una contraseña, el mismo programa nos proporcionará un ID y ese será nuestro identificador para la computadora de laboratorio, entonces, solo debemos ingresar el ID de la computadora de laboratorio en la computadora controladora con su respectiva contraseña y ya tendríamos un control remoto del laboratorio.

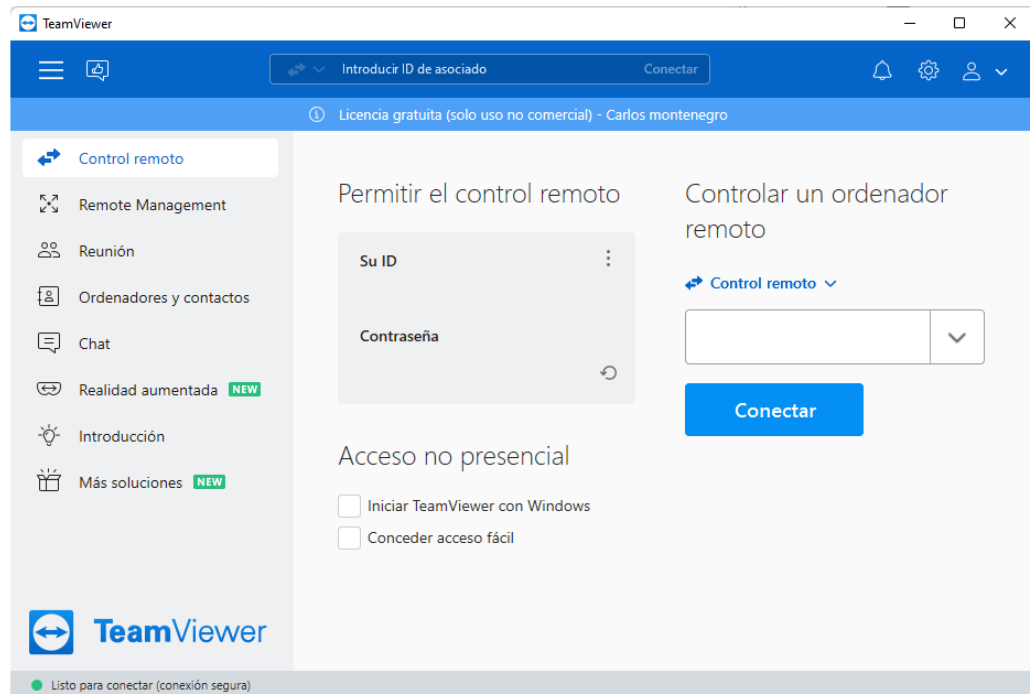


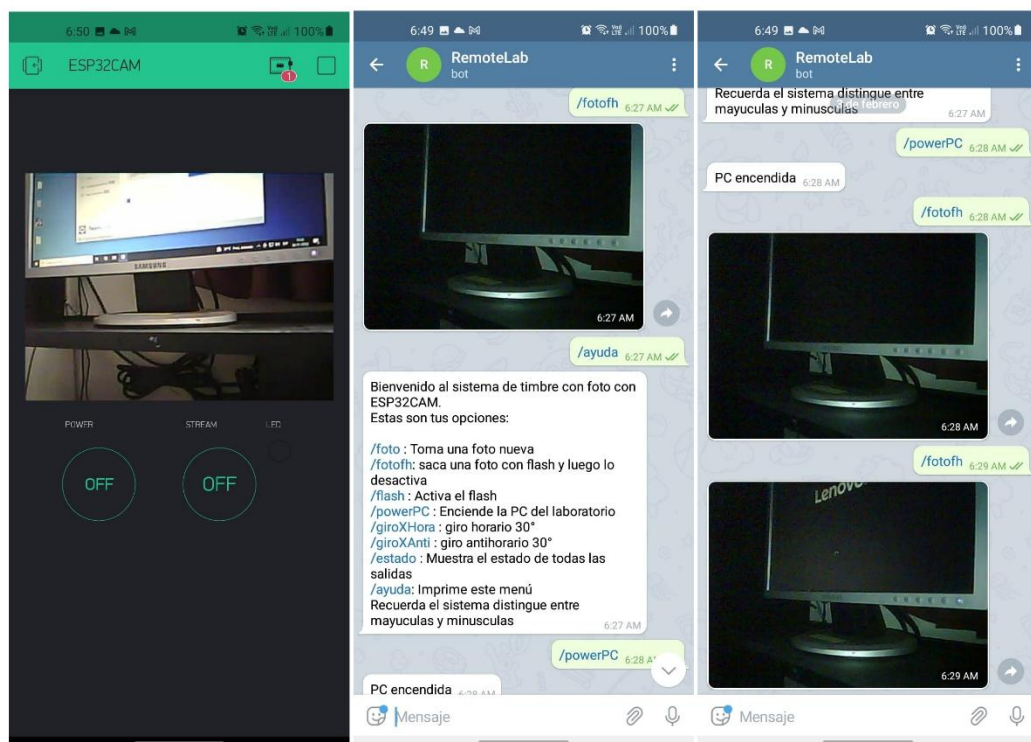
Figura 28 Pestaña principal TeamViewer.

Un programa adicional utilizado es ContaCam, a comparación de programas similares que permiten la visualización de cámaras IP y cámaras web, este programa te da la libertad de posicionar la visualización de las cámaras dependiendo del usuario, mientras que con otros programas estas opciones ya vienen preestablecidas limitan la experiencia del usuario.



Figura 29 Visualización con ContaCam.

Para el apartado del sistema IoT, se tuvo en cuenta dos opciones, la primera y con más información en la web es la plataforma Blynk, mientras que la segunda considera es Telegram. Blynk es una opción muy versátil y sencilla de usar ya que cuenta con una interfaz gráfica, sin embargo es una aplicación limitada en su versión de prueba, si deseamos visualizar imágenes enviadas por el ESP32CAM solo será posible si estamos en la misma red, y por último solo es útil para un solo dispositivo. Mientras que, el programa realizado en Telegram, es menos agradable estéticamente ya que no tenemos widgets, pero en contraparte, podemos agregar tantas funciones como queramos sin límite alguno y es posible configurar la accesibilidad de los usuarios ya que toda la gestión es a partir de un Chatbot.



*Figura 30 Programa Blyn y Telegram.
Fuente: Elaboración propia.*

Los códigos y algoritmos desarrollados para cada uno de los programas se detallan en los **ANEXO 9**

y

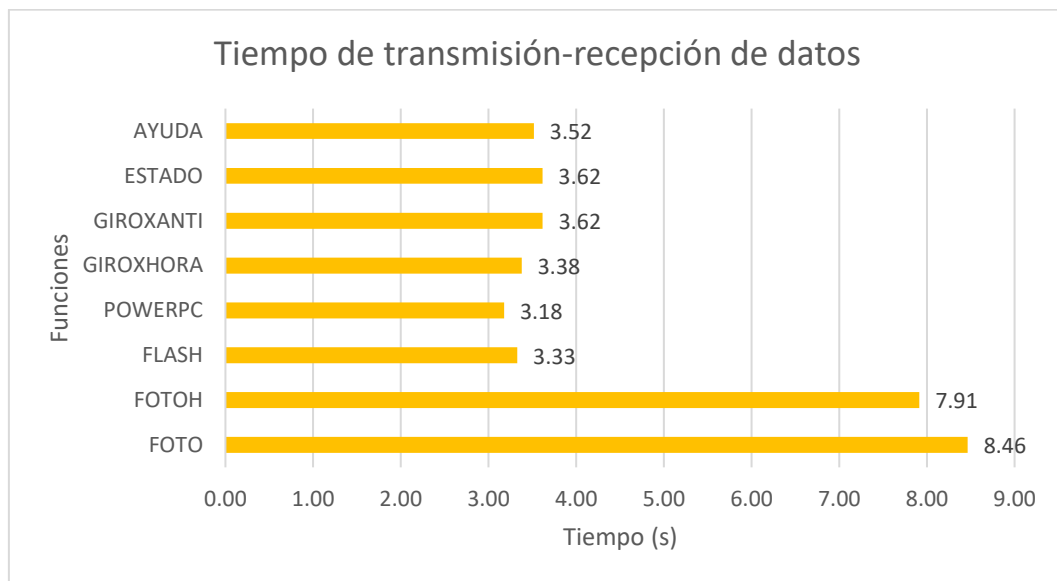
ANEXO 10

respectivamente, a simple vista se pueden ver las diferencias, Blynk es un programa especializado para IoT, mientras que en el otro programa solo hacemos uso de los distintos bots que Telegram nos proporciona. Para el desarrollo de esta tesis, se optó por utilizar Telegram debido a los puntos positivos mencionados

anteriormente y porque también existe versión de escritorio, posibilitando la visualización y control de las diversas funciones establecidas desde diversos dispositivos.

3.2.1. Validación de variable independiente:

Se realizaron las pruebas respectivas durante 10 días hábiles, para facilitar el cálculo, estas pruebas fueron medidas desde un solo extremo, es decir, se miden los intervalos de tiempo desde que el comando o función es enviada hasta que el sistema envía una respuesta y esta misma se visualiza en el dispositivo. Los resultados fueron:

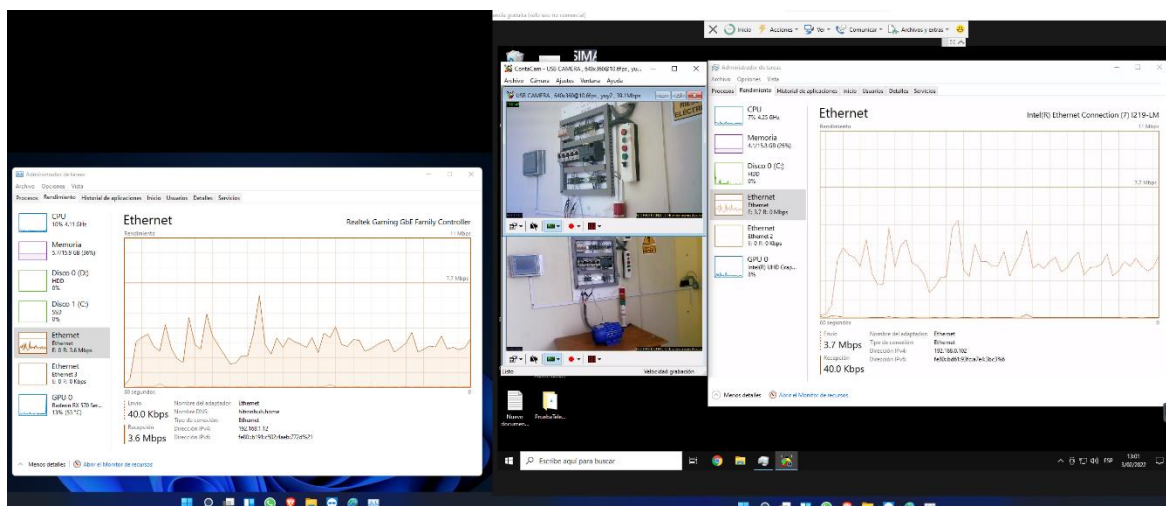


*Figura 31 Intervalos de tiempo para cada función.
Fuente: Elaboración propia.*

A la par, se midió el número de comandos enviados y comandos ejecutados, en el transcurso de las pruebas se enviaron un total de 1200 comandos y se ejecutaron 1197 comandos, esta pérdida se debió a la inestabilidad puntual de la fuente de internet, resultando en 99.75% de eficacia del sistema.

Para las pruebas de consumo de datos, no se logró obtener una función para que el ESP32CAM nos informara o mostrara del consumo de datos promedio que este consume. Sin embargo, para el control de la computadora de laboratorio si se pudo determinar el consumo de datos promedio, tanto para la computadora domestica del usuario como la computadora de laboratorio. Para evaluar exclusivamente el consumo de datos que generan estos softwares, se tuvo énfasis en no utilizar programas externos y así no alterar los resultados, las gráficas presentadas en la Figura 32 demuestran este comportamiento, un promedio de 3.7Mbps de consumo

de datos. Para la computadora controladora se tiene 3.7Mbps de bajada o recepción, mientras que para la computadora controlada se tiene 3.7Mbps de subida o envío; además, se observa claramente que el consumo de datos es equivalente en cada dispositivo verificando, y demuestra la no alteración del sistema.



*Figura 32 consumo de datos PC controladora y controlada.
Fuente: Elaboración propia.*

Como se explicó en el apartado de Tratamiento de Datos, las pruebas realizadas al sistema de intercomunicación validan la variable independiente, ya que esta misma supera el 95% de relación entre el número de comandos enviados y ejecutados.

Tabla 15 Validación variable independiente.

Laboratorio con interacción remota			
Dimensión	Indicadores		Dato obtenido
Retardo de recepción de datos	Tiempo de transmisión de datos		3.4(s) funciones generales 8.185(s) envío de imágenes
Consumo de banda ancha	Consumo de datos		3.7 Mbps
Resultados obtenidos del experimento			
Eficacia del sistema	Número de comandos enviados	1200	99.75%
	Número de comandos ejecutados	1197	
Instrumentos para utilizar			

-Análisis estadístico de los datos obtenidos de los algoritmos implementados.
-Algoritmo interno del controlador.
-Temporizador del controlador.

OBSERVACIONES: Al ser la eficacia mayor el 95% se valida el sistema de intercomunicación para el Laboratorio con Interacción remota.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Medición de nivel de satisfacción inicial.

Se elaboró un formulario virtual en Google, ya que esta plataforma brinda la opción de restringir respuestas que no sean a través de cuentas educativas, la Universidad nacional de Trujillo otorgó estas cuentas a cada estudiante y por este medio se realizaron las encuestas. Debemos tener en cuenta que la evaluación se realizó en escala de Likert, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo. Las preguntas se determinaron dependiendo de la característica deseada a evaluar, entre las más destacadas tenemos a:

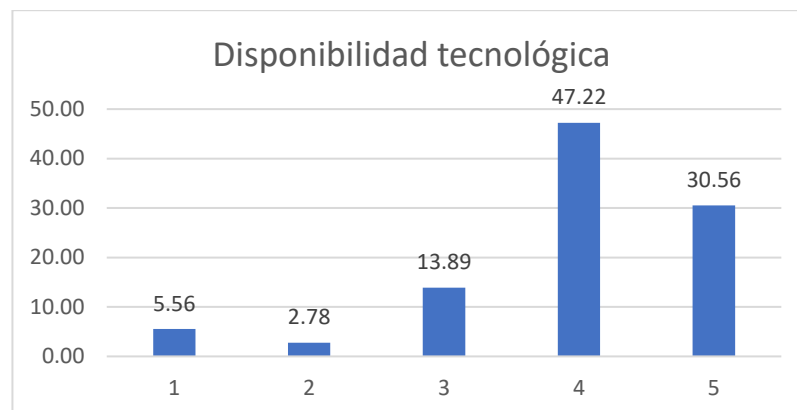


Figura 33 Disponibilidad Tecnológica inicial.
Fuente: Elaboración propia.

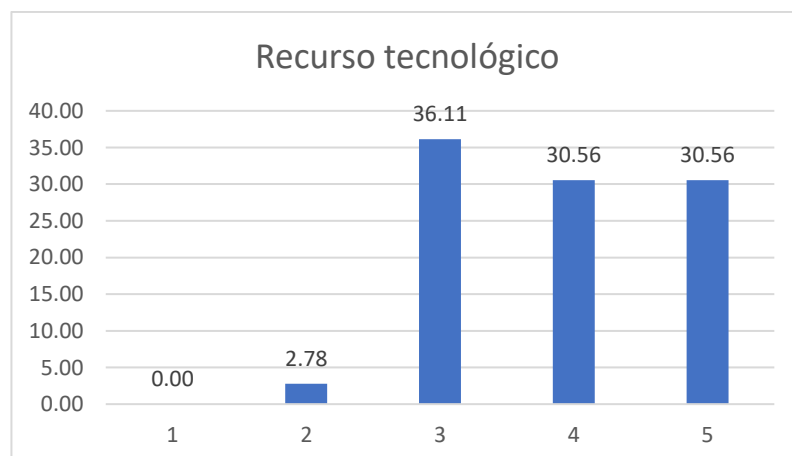
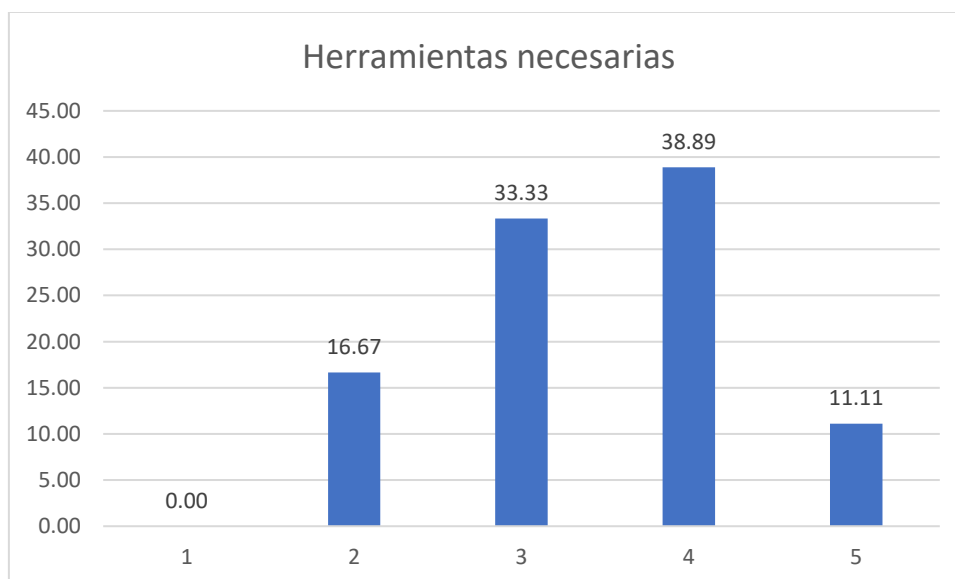


Figura 34 Recurso Tecnológico inicial.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 33 hace referencia a la disponibilidad que los alumnos tienen para utilizar sus computadoras domesticas o personales y realizar las prácticas de laboratorio virtuales convencionales, haciendo alusión tanto al hardware necesario y al tiempo requerido. Se Obtuvo una respuesta positiva por parte de mayoría de los estudiantes, tan solo el 5.56% y el 2.78% se encuentran con un puntaje de 1 y 2 respectivamente.

La Figura 34 hace referencia al recurso tecnológico con que el estudiante cuenta para desarrollar sus prácticas, la pregunta se centra en el aspecto de la ejecución de los programas utilizados, si al usar estos mismos la experiencia de uso es fluida y sin lentitud o problemas causados por deficiencias de hardware. De igual manera, tan solo 2.78% no cuenta con los recursos necesarios para ejecutar los programas de manera fluida.

La Figura 35 se centra en la evaluación de las herramientas existentes y disponibles para el usuario, enfatizando en si el software utilizado requiere o no elementos adicionales para desarrollar su práctica de laboratorio. Se puede observar que 16.67% de los estudiantes opinan que los softwares utilizados necesitan elementos adicionales en baja medida, mientras que el resto se mantiene neutral u opinan que las herramientas disponibles son suficientes para satisfacer sus necesidades en prácticas de laboratorio.



*Figura 35 Herramientas necesarias inicial.
Fuente: Elaboración propia.*

IV. CAPITULO IV: DISCUSION

La evaluación de los contenidos presentes en los diversos cursos dictados en la carrera, permitió seleccionar dos de ellos como punto de partida del alcance previsto del sistema de intercomunicación. La metodología utilizada para seleccionar el protocolo MQTT se basó en la investigación realizada por Correa Ayala (2021), obteniendo resultados similares, pero la característica decisiva fue que dicho protocolo cuenta con la mayor documentación en la web a comparación de los otros protocolos evaluados, además que, para el alcance del proyecto no es necesario todas las características brindadas por el protocolo DDS.

Originalmente se pretendió que el encendido de la computadora presente en el laboratorio sea mediante el protocolo WakeOnLan, el cual funciona mediante señales enviadas a la computadora por medio del cable ethernet desde el router que controla dicha red, pero la principal desventaja de este protocolo es que los dispositivos necesariamente deben contar con una IP estática y que el controlador IoT a instalar cuente con la función de enviar las señales necesarias para activar el WakeOnLan. Por lo que, finalmente se decidió encender la computadora mediante una opción en la BIOS “After AC Power Lost” que, como su nombre lo indica, enciende la computadora luego de detectar una pérdida de la fuente de corriente alterna, por ello es que se eligió un relay de dos canales para controlar el encendido y apagado de la computadora.

La elección final de escoger Telegram por sobre Blynk como plataforma para el desarrollo del sistema IoT, viene dado gracias a los aportes de Jarne Brun (2018), a pesar que su trabajo se enfoca en hacer obtención de mediciones de sensores instalados en una Smart Home, se pudo aprovechar estos mismos Chatbots para enviar comandos y/o funciones que permitieron la visualización de los estados de los componentes de forma sencilla.

El ESP32-CAM como dispositivo programable encargado de desarrollar el sistema IoT con conexión a Telegram, en este trabajo, no hace uso de un Broker MQTT adicional como si lo hace el trabajo de Mahedero Biot (2020), sin embargo, el no utilizar este Broker no se puede enviar imágenes de forma continua desconociendo si otros dispositivos lo van a recibir, por lo que es necesario enviar comandos y/o funciones para indicar que se desea obtener imágenes del ESP32-CAM y que el dispositivo solicitante reciba dicha información.

La elección de los softwares instalados dentro de la computadora del Laboratorio de Multiusos para controlarla de forma remota, interactuar con el PLC instalado y visualizar el sistema con las cámaras web seleccionadas, es una forma de control remoto ineficiente a comparación con el trabajo realizado por Lei et al. (2018), ya que ellos realizaron un Laboratorio Híbrido que permite controlar dispositivos instalados desde una página web desarrollada desde cero. Por lo que, el desarrollo de una página web o programa a medida que permita el ingreso de usuarios con sus respectivos ID y contraseña y que unificaría todos los softwares elegidos, cumpliría la misma función de manera más eficiente.

A comparación del trabajo de desarrollo por Considine et al. (2019), el cual implementa un sistema de diagnósticos de problemas y fallos para reemplazar así a un tutor humano, el sistema implementado en el presente trabajo no cuenta con este apartado y es por ello que se recomienda que un tutor, profesor y/o encargado se encuentre de manera presencial dentro del Laboratorio de Multiusos para suplir la carencia de diagnósticos de fallas.

Los resultados sobre la Medición de nivel de Satisfacción Inicial nos indican que los softwares utilizados en la actualidad dentro de Ingeniería Mecatrónica para realizar simulaciones y prácticas virtuales tienen gran aceptación por parte de los estudiantes, ya que son muy pocos los que indican que los softwares requieren de la adición de herramientas faltantes o que los softwares sean tediosos de utilizar. Así mismo, son pocos los alumnos que tienen dificultad para realizar sus prácticas virtuales, ya sea porque no cuentan con el tiempo requerido para desarrollar sus prácticas o porque no cuentan con el hardware necesario para ejecutar los programas convencionales de manera fluida, o en su defecto, no cuentan con hardware alguno para realizar sus prácticas virtuales. Esto nos da una idea de que es posible que el sistema de interacción remota sea una tecnología utilizada frecuentemente en un futuro.

V. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- Gracias a la evaluación de los contenidos dictados en 6to y 8vo ciclo, los cursos que mejor se correlacionaban entre si fueron Instrumentación Industrial y Electricidad Industrial, ya que estos mismos permiten la integración de diversos conocimientos en una sola práctica de laboratorio para ser utilizada por alumnos de distintos ciclos de Ingeniería Mecatrónica y así aprovechar el hardware disponible dentro de la escuela.
- Se encontró la necesidad principal, brindar un sistema de intercomunicación a los alumnos de 6to y 8vo ciclo que permita la interacción remota con un controlador PLC para desarrollar prácticas de laboratorio enfocadas en el control de actuadores y motores de inducción trifásica, la cual se estableció luego de integrar las prácticas de laboratorio de cada ciclo y fue cubierta con total éxitos gracias al sistema implementado.
- El protocolo IoT seleccionado fue el MQTT debido a la cantidad de documentación encontrada en la web y que diversas plataformas hacen uso de este protocolo o se basan en este mismo para desarrollar sus protocolos propietarios.
- Se aprovechó el sistema convencional de laboratorio presencial para añadirle las características IoT y convertirlo en un Laboratorio Remoto, logrando que diversos usuarios obtengan la capacidad de controlar dispositivos presentes en el laboratorio de manera remota desde la comodidad de sus hogares.
- La selección del microcontrolador ESP32-CAM permitió el desarrollo del sistema IoT tanto con la plataforma Blynk como con el programa Telegram, permitiendo la elección de uso por uno de estas dos plataformas y teniendo la capacidad de enviar imágenes a los dispositivos solicitantes y controlando el encendido y apagado de la computadora presente en el laboratorio.
- La implementación del sistema IoT con la aplicación Telegram suplió la carencia de la plataforma Blynk al permitir el envío de imágenes al dispositivo solicitante sin la necesidad de que este esté en la misma red que el ESP32-CAM. Además, que permite la integración de un mayor número de comandos y/o funciones para implementar un sistema más interactivo.

- Que la mayoría de alumnos cuenten con la disposición tanto de hardware como de tiempo para desarrollar prácticas de laboratorio de manera fluida, ayuda en gran medida a la eficacia del sistema implementado y que las pruebas se realicen sin complicaciones aparentes.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable que un tutor, profesor o encargado se encuentre de manera presencial dentro del Laboratorio de Multiusos mientras se hace uso del sistema de intercomunicación remota, para evitar posibles problemas y diagnosticar fallos si se da el caso.
- Elaborar un software propietario beneficiará en gran medida al sistema, siempre teniendo en cuenta la unificación de las necesidades y la disposición de las herramientas para facilitar el uso de los componentes y el desarrollo de las prácticas virtuales.
- Al elaborar la encuesta utilizada para la evaluación del nivel de satisfacción, es recomendable formular las preguntas o enunciados de la manera más imparcial posible, ya que esta misma será utilizada antes y después de que los alumnos prueben la solución brindada y de esta manera se lograría una comparación lo más transparente posible.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

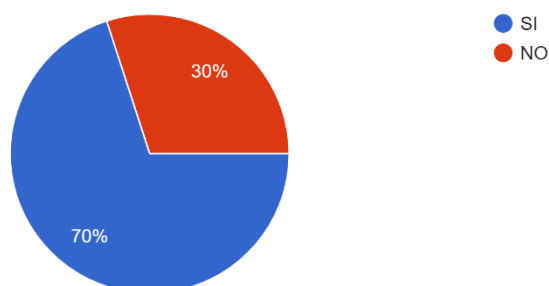
- Aguaded, I. J. (2002). Internet, una red para la información, la comunicación y la educación. *Universidad de Huelva*, 17-31.
- Alvites-Huamani, C. G. (Lima). COVID-19 Transformaciones a nivel globalizado en educación. *Hamut'ay*, 6-7.
- Ayala Ñiquen, E. E., & Gonzales Sánchez, S. R. (2015). *Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Lima: Universidad Inca GAscilaso de la Vega.
- Canseco Terry, R. D., Neira, P., Rivas, P., & Ostojá, J. M. (2020). *Transformacion Digital en la Educacion en tiempos del COVID-19*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Considine, H., Nedic, Z., & Nafalski, A. (2019). Automation of Basic Supervision Task in a Remote Laboratory - Case Study NetLab. *5th Experiment International Conference*, 189-192.
- Correa Ayala, J. (2021). *Diseño de un Sistema de Automatización de Gestión para Mejorar la Productividad en una Línea Manufacturera con Base en la Industria 4.0. (Tesis para optar título profesional)*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- García, Valcárcel Muñoz, & Repiso. (2003). *Tecnología educativa. Implicaciones educativas del desarrollo tecnológico*. Madrid: Muralla S.A.
- González, L., Sofía, O., Laguía, D., Gesto, E., & Hallar, K. (2020). *Internet del Futuro - Estudio de tecnologías IoT*. Santa Cruz: ICT-UNPA.
- Gutiérrez Rendón, R. S. (2020). *Simulador Virtual para el desarrollo de capacidades operativas en los estudiantes del curso de soldadura eléctrica del IESTPFFAA 2019 (Tesis de segunda especialidad)*. Universidad Nacional Federico Villareal, Informática Educativa y Nuevas Tecnologías, Lima.
- Jarne Brun, J. (2018). *Smart Home usando IoT y Chatbots (tesis para obtener título de maestría)*. Universidad Complutense de Madrid.
- Lei, Z., Zhou, H., Hu, W., Deng, Q., Zhou, D., Liu, Z.-W., & Lai, J. (2018). Modular Web-Based Interactive Hybrid Laboratory Framework for Research and Education. *IEEE Access*, 20152-20163.
- Lorandi Medina, A. P., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J., & Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la

- Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación de Ingeniería*, 24-30.
- Lovón Cueva, M. A., & Cisneros Terrones, s. A. (2020). Repercusiones de las clases virtuales en los estudiantes universitarios en el contexto de la cuarentena por COVID-19: El caso de la PUCP. *Universidad San Ignacio de Loyola*, 1-15.
- Mahedero Biot, F. (2020). *Desarrollo de una Aplicación IoT para el Envío de Imágenes Mediante el Protocolo MQTT (tesis de fin de grado)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Manco Chavéz, J. A. (2020). *Integración de las TIC y la competencia digitales en tiempo de pandemia Covid-19 (Tesis de maestría)*. Universidad César Vallejo, Programa Académico Maestría en Docencia Universitaria, Lima.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Gaithersburg: U.S. Departemnt of Commerce .
- Porro Sáez, I. (07 de 02 de 2019). *IoT: protocolos de comunicación, ataques y recomendaciones*. Obtenido de incibe-cert_: <https://www.incibe-cert.es/blog/iot-protocolos-comunicacion-ataques-y-recomendaciones>
- Rose, K., Eldridge, S., & chapin, L. (2015). *Internet de las Cosas - Una breve Reseña*. Internet Sociery (ISOC).
- Semle, A., & Kepware-eFalcom. (2016). Protocolos IIoT para considerar. *AADECA REVISTA*, 32-35.
- Surdez Pérez, E. G., Sandoval Caraveo, M. d., & Lamoyi Bocanegra, C. L. (2018). Satisfacción estudiantil en la valoración de la calidad educativa universitaria. *Universidad de la Sabana*, 9-22.
- Velazques Rojas, L. (2020). Pandemia COVID-19: repercusiones en la educación universitaria. *Odontología Sanmarquina*, 203-204.

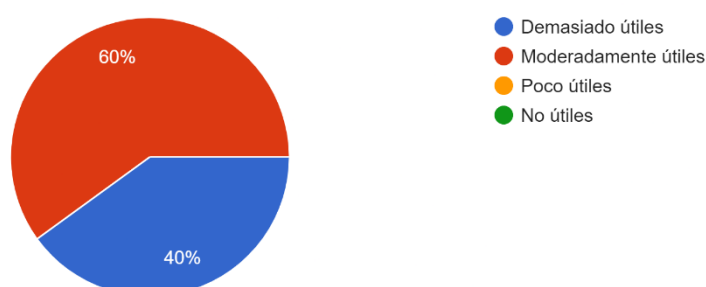
ANEXO 1

Encuesta de Satisfacción dirigida al Personal Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo

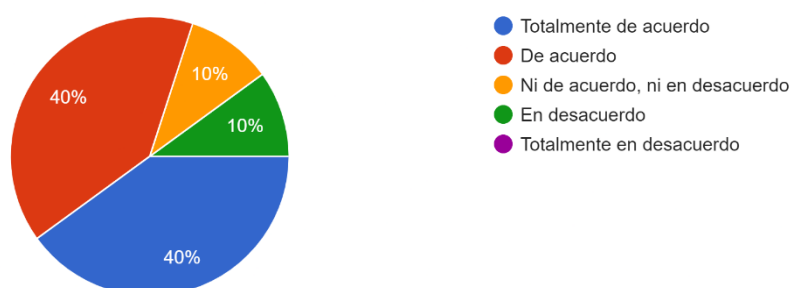
En este nuevo formato de actividades universitarias vía online ¿Usted tuvo alguna dificultad para desarrollar prácticas de laboratorio en los cursos impartidos?



Ante la restricción de la presencialidad debido a la coyuntura actual de COVID-19, el uso de laboratorios virtuales como medio de apoyo para el desarrollo académico, son:



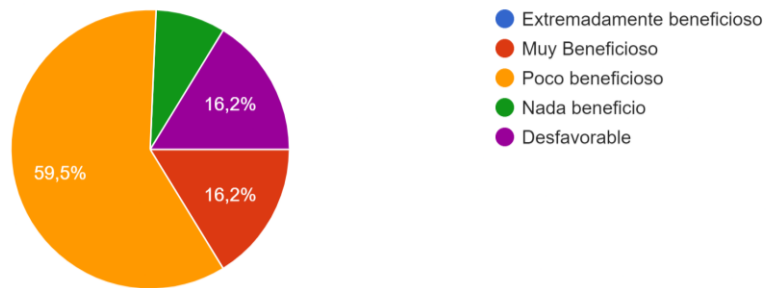
Respecto a la idea: “Implementar una tecnología que permita controlar de forma remota distintos dispositivos presentes en los laboratorios ayudará a aumentar el nivel de satisfacción en la experiencia académica de los estudiantes” usted se encuentra:



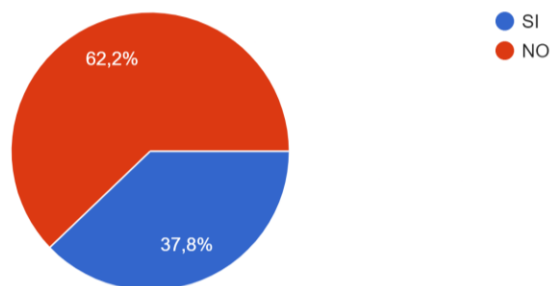
ANEXO 2

Encuesta de Satisfacción dirigida a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo

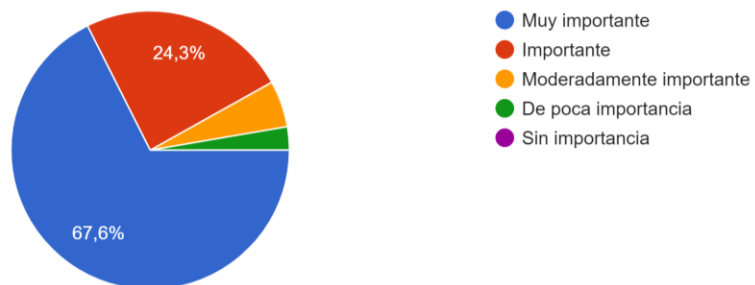
Según su criterio, el cambio de prácticas de laboratorios presenciales a laboratorios virtuales fue:



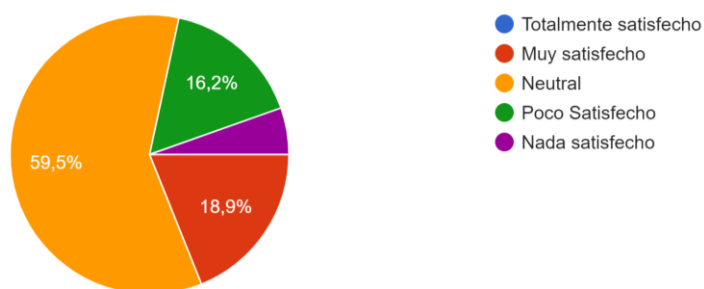
¿Has utilizado alguna tecnología que te permita controlar de forma remota distintos dispositivos presentes en los laboratorios?



Para ti, ¿Qué tan importante es hacer nuevos cambios para mejorar tu experiencia dentro de las prácticas de laboratorios virtuales?



De acuerdo al desarrollo de los distintos cursos, ¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a la metodología utilizada dentro de las prácticas de laboratorios virtuales?



ANEXO 3

Encuesta mediante formulario Virtual para determinar la variable dependiente

NIVEL DE SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES AL DESARROLLAR PRÁCTICAS VIRTUALES					
<p><i>Teniendo en cuenta las afirmaciones presentes en los siguientes ítems, escoja la mejor opción que mejor se adecue a su grado de acuerdo o desacuerdo.</i></p>	OPCIÓN DE RESPUESTA				
	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
ITEM	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1. Estoy totalmente capacitado(a) para usar el (los) software y desarrollar todas las prácticas de laboratorio establecidas en el curso.					
2. Tengo total disponibilidad para usar el software mientras desarrollo mis prácticas de laboratorio.					
3. Estoy totalmente entusiasmado(a) por hacer uso una vez más del (los) software mientras desarrollo mis prácticas de laboratorio.					
4. Las formas y colores del (los) software manipulado son agradables a la vista.					
5. La fuente utilizada para mostrar información del sistema es totalmente legible.					
6. El (los) software se desempeña con total fluidez en el dispositivo con el que desarrollo mis prácticas de laboratorio.					

7. La disposición y ubicación de las herramientas presentes en el (los) software facilita el desarrollo de las prácticas de laboratorio.					
8. El (los) software no necesitan elementos adicionales ya que cuentan con las herramientas justas para desarrollar las prácticas de laboratorio.					
NIVEL DE SATISFACCIÓN					
ALTO		25-35			
MEDIO		13-14			
BAJO		0-12			
OBSERVACIONES:					
EVALUADOR:					

ANEXO 4

Guía de observación de variable independiente

Laboratorio con interacción remota		
Dimensión	Indicadores	Dato obtenido
Retardo de recepción de datos	Tiempo de transmisión de datos	
Consumo de banda ancha	Consumo de datos	
Resultados obtenidos del experimento		
Eficacia del sistema	Número de comandos enviados	
	Número de comandos ejecutados	
Instrumentos para utilizar		
<ul style="list-style-type: none">-Análisis estadístico de los datos obtenidos de los algoritmos implementados.-Algoritmo interno del controlador.-Temporizador del controlador.		
OBSERVACIONES:		
EVAUADOR:		

ANEXO 5

Solicitud para uso de Laboratorio de Multiusos

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

Trujillo, 16 de setiembre del 2021

OFICIO N° X-2021

Señor:

DR. JAVIER LEON LESCO

DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECATRONICA

**ASUNTO: SOLICITO PERMISO PARA EL USO Y MEJORA DEL
LABORATORIO DE MULTIUSOS DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA**

Reciba Ud. un cordial saludo de parte del alumno Montenegro Castro Carlos Paul, que desea que su gestión sea exitosa. Como estudiante de 9no ciclo en el semestre 2021-I, respaldo la actual gestión, la misma que Ud. representa en su calidad de director del departamento de Mecatrónica.

El motivo de la presente es para manifestarle lo siguiente:

PRIMERO: Que, en el semestre 2021-I en el curso de IX ciclo de TRABAJO DE TESIS I deseo presentar el Proyecto de Tesis titulado “Desarrollo e implementación de sistema de intercomunicación basado en IoT para aumentar la satisfacción estudiantil desarrollando prácticas de laboratorio en clases virtuales” para lo cual es necesario habilitar distintos dispositivos en el laboratorio de multiuso.

SEGUNDO: El ingreso, salida y trabajo realizado por el estudiante Montenegro Castro Carlos Paul en el laboratorio de multiusos tendrá la supervisión directa del asesor Mg. Ing. Silvera Otañe Jimmy Roger.

TERCERO: Por lo antes expuesto, solicito a Ud. en su calidad de director del departamento de Ingeniería Mecatrónica pueda aceptar el permiso para poder implementar mi idea de proyecto de tesis en el laboratorio de multiusos hasta culminar el trabajo de tesis. Dejando en claro que este permiso es necesario para el desarrollo de mi tesis y que es de mucha importancia ya que esta misma tiene como finalidad aumentar el desempeño de todos los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica.

Sin nada más que decir, le agradezco la atención que le brinde al presente y asimismo expreso el interés de trabajar por el bien de nuestra escuela y universidad.

Atentamente



MONTENEGRO CASTRO CARLOS PAUL
CÓDIGO DE MATRICULA: 1053600217



MG. ING. SILVERA OTANE JIMMY ROGER
CÓDIGO DOCENTE: 6669

ANEXO 6

Permiso para ingreso a la Ciudad Universitaria



Trujillo, 24 de enero de 2022.

OFICIO N°011-2022-EPLMecatrónica/UNT

Señor:

Ing. FERNANDO MORENO MELENDEZ

Jefe de la Unidad de Servicios Generales

Presente.

Asunto: Permiso para ingreso a Ciudad Universitaria

Me dirijo a usted para saludarlo cordialmente e informarle que el estudiante CARLOS PAUL MONTENEGRO CASTRO está desarrollando la tesis titulada "**Incremento de Satisfacción Estudiantil en Prácticas de Laboratorio durante Clases Virtuales implementando un sistema basado en IoT**", estando bajo la asesoría del suscrito.

La mencionada tesis hace uso de algunos componentes instalados dentro del Laboratorio Multiusos de nuestra Escuela; siendo por ello que solicito se permita el ingreso del alumno **CARLOS PAUL MONTENEGRO CASTRO. N°Matricula 10536002-17** a las instalaciones de la Ciudad Universitaria, específicamente al Laboratorio Multiusos, ubicado en el Pabellón de Ingeniería Mecánica y así pueda culminar con el desarrollo de su tesis.

Agradeciendo su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las seguridades de mi consideración.

Atentamente:



Mg. Ing. JIMMY ROGER SILVERA OTAÑE
Director De Escuela

cc. Archivo

Rocio C.

Reg.: 002322100

Exp.: 002122100E

ANEXO 7

Página 3 del Sílabo de Instrumentación Industrial

Unidad III: Control industrial						
Define las características funcionales de los diferentes tipos de control. Selecciona apropiadamente controladores para aplicaciones prácticas.	Tipos de control: Control todo-nada, control PID, otros. ASIGNACION DE PROYECTO FINAL DE CURSO: “Proyecto de instrumentación industrial P&ID + simulación + plan de mantenimiento”	1. Exposición docente (videoconferencia - síncrona) 2. Desarrollo de laboratorio N°05: “Control eléctrico con contactores” (asíncrona) 3. Debate en foro (aula virtual- asíncrona)	Programa en CADe Simu / Video-informe de laboratorio Participación en foro	Rúbrica (Laboratorio) Lista de cotejo (Foro)	Semana 9	
	Controladores programables 1: Partes, algoritmos	1. Exposición docente (videoconferencia - síncrona) 2. Desarrollo de laboratorio N°06: “Programación PLC” (asíncrona) 3. Debate en foro (aula virtual - asíncrona)	Programa en TIA Portal / Video-informe de laboratorio Participación en foro	Rúbrica (Laboratorio) Lista de cotejo (Foro)	Semana 10	
	Controladores programables 2: Sintaxis, entornos.	1. Exposición docente (videoconferencia - síncrona) 2. Desarrollo de laboratorio N°07: “Simulación PLC” (asíncrona) 3. Debate en foro (aula virtual - asíncrona)	Programa en TIA Portal / Video-informe de laboratorio Participación en foro	Rúbrica (Laboratorio) Lista de cotejo (Foro)	Semana 11	
	Evaluación de unidad 3	1. Desarrollo de prueba de habilidades (síncrona)	Programa de simulación de PLC	Rúbrica	Semana 12	
Unidad IV: Mantenimiento y Calibración						
Explica coherentemente los procesos de mantenimiento y calibraciones de instrumentos industriales.	Mantenimiento de instrumentos industriales Tipos de mantenimiento, ISO 9000:2000 aplicada a la instrumentación, ISO 9001	1. Exposición docente (videoconferencia - síncrona) 2. Trabajo de indagación en grupos , sobre tipos de mantenimiento. 3. Desarrollo de laboratorio N°08: “Plan de mantenimiento” (asíncrona) 4. Debate en foro (aula virtual - asíncrona)	Exposición en grupos (videoconferencia) Video-informe de laboratorio Participación en foro	Rúbrica (Exposición) Rúbrica (Laboratorio) Lista de cotejo (Foro)	Semana 13	
	Ajuste y calibración de instrumentos industriales: Generalidades, errores, procedimientos.	1. Exposición docente (videoconferencia - síncrona). 2. Trabajo de indagación en grupos , sobre calibración de instrumentos.	Exposición en grupos (videoconferencia) Participación en foro	Rúbrica (Exposición) Lista de cotejo (Foro)	Semana 14	

ANEXO 8

Páginas 3-5 del Sílabo de Electricidad Industrial

II. SUMILLA:

La experiencia curricular de Electricidad Industrial es teórico- práctico, proporciona al ingeniero mecatrónico conocimientos de electricidad imprescindibles dentro de cualquier industria de cualquier sector, contribuye al logro de las capacidades terminales CT5.1, CT5.2 y CT5.3 del perfil de egreso. Para el logro de estas capacidades se ha organizado el desarrollo de la presente experiencia curricular en tres bloques temáticos:

- I. Diseño de circuitos eléctricos industriales, dimensionamiento de elementos de tablero eléctrico. Programación de relé Inteligentes.
- II. Técnicas de arranques de motores, Arrancadores industriales y variadores de frecuencia,
- III. Arquitectura de Controlador Lógico programable, Programación de PLC.
- IV. Programación Ladder, FUP, Grafcet.

La experiencia curricular de Electricidad Industrial es útil para proporcionar conocimientos básicos sobre circuitos eléctricos en corriente alterna, principio de funcionamiento de las maquinarias eléctricas y las especificaciones técnicas que permitan su adecuada selección. Sistemas de control eléctrico y electrónico industrial.

III. COMPETENCIA DE ESTUDIOS GENERALES

COMPETENCIA GENERAL
<u>Competencia general 3</u> DEMUESTRA dominio del pensamiento lógico-cuantitativo y comunicacional para resolver situaciones problemáticas de su contexto.
UNIDAD DE COMPETENCIA
<u>Unidad de competencia UC5</u> Identifica, formula, busca información y analiza problemas de ingeniería mecatrónica para llegar a conclusiones fundamentadas usando principios básicos de matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la ingeniería.

COMPETENCIA TERMINALES
<u>Unidad de competencia UC5.1</u> Identifica y formula problemas relacionados con la ingeniería mecatrónica.
<u>Unidad de competencia UC5.2</u> Busca información y analiza problemas de ingeniería mecatrónica, usando principios básicos de matemáticas y ciencias de la ingeniería para llegar a conclusiones fundamentadas.
<u>Unidad de competencia UC5.3</u> Evalúa si la solución del problema es apropiada y dentro de las limitaciones razonables

IV. PROGRAMACIÓN ACADÉMICA

CAPACIDADES TERMINALES (CT)	RESULTADOS DE APRENDIZAJES (Por capacidad terminal)	ORGANIZACIÓN DE UNIDADES DE CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DIDÁCTICA	EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO (mínimo 3)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	SEMANAS (INICIO Y TÉRMINO)
Identifica y formula problemas relacionados con la ingeniería mecatrónica. Busca información y analiza problemas de ingeniería mecatrónica, usando principios básicos de matemáticas y ciencias de la ingeniería para llegar a conclusiones fundamentadas. Evalúa si la solución del problema es apropiada y dentro de las limitaciones razonables	Conocer Equipos de Tableros Eléctricos Conocer Circuitos básicos de Electricidad industrial	UNIDAD I: CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE 1. Presentación del curso Socializan del silabo 2. Conceptos generales de electricidad (Voltaje, Corriente y Potencia eléctrica)	<u>Inicio</u> Socialización del silabo (Video conferencia). <u>Desarrollo</u> Exposición docente. (vídeo). <u>Cierre</u> Realización y envío de tarea N°1 Retroalimentación mediante videoconferencia y chat	Tarea 1: Desarrollo de ejercicios de conocimientos básicos de electricidad		1ra semana: 27 de octubre
		3. Elementos de tablero Eléctrico, Dispositivos de mando y control. Simbología y esquema de los Circuitos de control	<u>Inicio</u> Envío de lecturas. Los estudiantes deben de revisar el material <u>Desarrollo</u> Exposición docente. De teoría y ejemplificación mediante video conferencia. <u>Cierre:</u> Desarrollo y envío de tarea N°2 Retroalimentación, por video conferencia y chat	Tarea 2: Investigación sobre los dispositivos en un tablero eléctrico su funcionamiento	Rúbrica	2da semana: 03 de noviembre
		4. Selección de componentes de fuerza y control.	<u>Inicio</u> Envío de lecturas. Los estudiantes deben de revisar el material <u>Desarrollo</u> Exposición docente. De teoría y ejemplificación mediante video conferencia. Resolución de problemas: participación activa de estudiantes <u>Cierre:</u> Desarrollo y envío de tarea N°3 Retroalimentación, por video conferencia y chat	Tarea 3: Desarrollo de ejercicios propuestos	Rúbrica	3ra semana: 10 de noviembre

IV. PROGRAMACIÓN ACADÉMICA

CAPACIDADES TERMINALES (CT)	RESULTADOS DE APRENDIZAJES (Por capacidad terminal)	ORGANIZACIÓN DE UNIDADES DE CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DIDÁCTICA	EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO (mínimo 3)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	SEMANAS (INICIO Y TÉRMINO)
Identifica y formula problemas relacionados con la ingeniería mecatrónica. Busca información y analiza problemas de ingeniería mecatrónica, usando principios básicos de matemáticas y ciencias de la ingeniería para llegar a conclusiones fundamentadas. Evalúa si la solución del problema es apropiada y dentro de las limitaciones razonables	Conocer Equipos de Tableros Eléctricos Conocer Circuitos básicos de Electricidad industrial	UNIDAD I: CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE 1. Presentación del curso Socializan del silabo 2. Conceptos generales de electricidad (Voltaje, Corriente y Potencia eléctrica)	<u>Inicio</u> Socialización del silabo (Video conferencia). <u>Desarrollo</u> Exposición docente. (vídeo). <u>Cierre</u> Realización y envío de tarea N°1 Retroalimentación mediante videoconferencia y chat	Tarea 1: Desarrollo de ejercicios de conocimientos básicos de electricidad		1ra semana: 27 de octubre
		3. Elementos de tablero Eléctrico, Dispositivos de mando y control. Simbología y esquema de los Circuitos de control	<u>Inicio</u> Envío de lecturas. Los estudiantes deben de revisar el material <u>Desarrollo</u> Exposición docente. De teoría y ejemplificación mediante video conferencia. <u>Cierre:</u> Desarrollo y envío de tarea N°2 Retroalimentación, por video conferencia y chat	Tarea 2: Investigación sobre los dispositivos en un tablero eléctrico su funcionamiento	Rúbrica	2da semana: 03 de noviembre
		4. Selección de componentes de fuerza y control.	<u>Inicio</u> Envío de lecturas. Los estudiantes deben de revisar el material <u>Desarrollo</u> Exposición docente. De teoría y ejemplificación mediante video conferencia. Resolución de problemas: participación activa de estudiantes <u>Cierre:</u> Desarrollo y envío de tarea N°3 Retroalimentación, por video conferencia y chat	Tarea 3: Desarrollo de ejercicios propuestos	Rúbrica	3ra semana: 10 de noviembre

ANEXO 9

Código ESP32-CAM con Blynk

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

// SELECCIONAR EL MODELO
//#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

//*****
const char* ssid = "Tenda_EA1200"; //NOMBRE DE LA RED
const char* password = "mecatronica2022"; //CONTRASEÑA
char auth[] = "H8oFiV7RXwkHGtK5YjUXp_t620REo93T"; //TOKEN BLYNK
//*****
#include "camera_pins.h"
extern String WiFiAddr = "";

#define LuzFlash 4
int valFlash=0;

bool interrupAct = false;
bool streamAct = false;

bool powerPC = false;
//*****
#define Pul_ImgBlynk 14
#define Pul_Sensor 15
#define ActuadorSirena 13
//*****

byte EstadoPul_ImgBlynk = 0;
byte EstadoPul_Sensor = 0;
String local_address;

void startCameraServer();

BLYNK_WRITE(V1)
{
  if(powerPC==0){powerPC=1;}
  else{powerPC=0;}
}
```



```

BLYNK_WRITE(V3)
{
    if(streamAct==0)
    {
        ActivarStream(); //entrar a la función activar stream
    }
    else
    {
        ApagarStream(); //entrar a la función apagar stream
    }
}

BLYNK_WRITE(V4)
{
    digitalWrite(ActuadorSirena, LOW);
}

WidgetLED Ledcito(V5);

//-----

void EnviarNotificacion()
{
    Serial.println("Notificacion Enviada");
    Blynk.notify("El sensor ha sido activado");
}

void Pul_ImgBlynkPresionado()
{
    Serial.println("Pul_ImgBlynk Presionado");
    EnviarImagenBlink();
}

void ActivarStream()
{
    Ledcito.on();
    Serial.println("Stream ENCENDIDO");
    digitalWrite(LuzFlash, HIGH);
    delay(200);
    streamAct=1;
}

void ApagarStream()
{
    Ledcito.off();
    Serial.println("Stream APAGADO");
    digitalWrite(LuzFlash, LOW);
    delay(200);
    streamAct=0;
}

void ImagStream()
{
    //Serial.println("Enviando Stream a Blink");
    Blynk.setProperty(V2, "urls", "http://" + local_address + "/image_blynk"); //ESP32 CAM 1
}

```

```

void EnviarImagenBlink()
{
    digitalWrite(LuzFlash, HIGH);
    delay(200);
    Serial.println("Enviando Imagen a Blink");
    Blynk.setProperty(V2, "urls", "http://" + local_address + "/image_blynk"); //ESP32 CAM 1
    digitalWrite(LuzFlash, LOW);
    delay(200);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    pinMode(LuzFlash, OUTPUT);
    pinMode(ActuadorSirena, OUTPUT);

    pinMode(Pul_ImgBlynk, INPUT_PULLUP);
    pinMode(Pul_Sensor, INPUT_PULLUP);

    Serial.setDebugOutput(true);
    Serial.println();

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;

    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
    //init with high specs to pre-allocate larger buffers
    if(psramFound()){
        config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
        config.jpeg_quality = 10;
        config.fb_count = 2;
    } else {
        config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
        config.jpeg_quality = 12;
        config.fb_count = 1;
    }

    // camera init
    esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
    if (err != ESP_OK) {
        Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
        return;
    }
}

```

```

}

//drop down frame size for higher initial frame rate
sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
s->set_framesize(s, FRAMESIZE_CIF);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("Wifi Conectado");

startCameraServer();

WiFiAddr = WiFi.localIP().toString();
local_address = WiFiAddr;
Serial.println(" ");
Serial.print("Direccion IP: ");Serial.println(WiFi.localIP());
Serial.println("Listo para iniciar la conexion");
Serial.println(" ");

Blynk.begin(auth, ssid, password);
}

void loop() {

    Blynk.run();
    //.....
    EstadoPul_ImgBlynk = digitalRead(Pul_ImgBlynk);
    EstadoPul_Sensor = digitalRead(Pul_Sensor);

    if(powerPC==0){digitalWrite(13,HIGH);}
    if(powerPC==1){digitalWrite(13,LOW);}

    if (EstadoPul_ImgBlynk == LOW) {
        Pul_ImgBlynkPresionado();
    }

    if (EstadoPul_Sensor == LOW) {
        EnviarNotificacion();
    }

    if(streamAct==1){ImagStream();} //enviando imagenes a Stream
    //.....
}

```

ANEXO 10

Código ESP32-CAM con Telegram

```
//PRUEBA BOT TELEGRAM
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"
#include "esp_camera.h"
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <Wire.h>
#include <ESP32Servo.h>

//-----
const char* ssid = "Tenda_EA1200";
const char* password = "mecatronica2022";
String idChat = "561549552";//ID_Chat se obtiene de telegram
//Token de Telegram BOT se obtienen desde Botfather en telegram
String token = "5129316272:AAE-s8LA113-afWVV4LKtRZ40ifhCO9uQBA";
//-----

bool envioFoto = false;
WiFiClientSecure clientTCP;
UniversalTelegramBot bot(token, clientTCP);
//PARA CÁMARA MODELO AI THINKER
#define PWDN_GPIO_NUM    32
#define RESET_GPIO_NUM   -1
#define XCLK_GPIO_NUM     0
#define SIOD_GPIO_NUM    26
#define SIOC_GPIO_NUM    27
#define Y9_GPIO_NUM       35
#define Y8_GPIO_NUM       34
#define Y7_GPIO_NUM       39
#define Y6_GPIO_NUM       36

#define Y5_GPIO_NUM       21
#define Y4_GPIO_NUM       19
#define Y3_GPIO_NUM       18
#define Y2_GPIO_NUM        5
#define VSYNC_GPIO_NUM    25
#define HREF_GPIO_NUM     23
#define PCLK_GPIO_NUM     22
#define flashLed 4
bool flashEstado = LOW;
int estadoFlash = 0;
//Relay
bool estadoPC = false;
#define relay1 12
//bool estadoLUZ = false;
//#define relay2 13
//SERVO MOTORES
#define SERVO_1 14
#define SERVO_2 15
Servo servoN1;
Servo servoN2;
Servo servol;
Servo servo2;
int servolPos = 90;
```

```

int tiempoMsg = 1000;    //tiempo medio entre escaneo de mensajes
long ultimoEscaneo;      //la última vez que se realizó el escaneo de mensajes
void manejarMensajes(int nuevoMensajes);
String sendPhotoTelegram();
//-----
void setup() {
    WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0); //disable brownout detector

    pinMode(relay1,OUTPUT);
    digitalWrite(relay1,1);

    servo1.setPeriodHertz(50);    // standard 50 hz servo
    servo2.setPeriodHertz(50);    // standard 50 hz servo
    servoN1.attach(2, 1000, 2000);
    servoN2.attach(13, 1000, 2000);

    servo1.attach(SERVO_1, 1000, 2000);
    servo2.attach(SERVO_2, 1000, 2000);

    servo1.write(servo1Pos);
    servo2.write(servo2Pos);

    Serial.begin(115200);
    //pinMode(buzzer, OUTPUT);
    pinMode(flashLed, OUTPUT);
    digitalWrite(flashLed, flashEstado);
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    Serial.println();
    Serial.print("Conectando a ");
    Serial.println(ssid);

    WiFi.begin(ssid, password);
    clientTCP.setCACert(TELEGRAM_CERTIFICATE_ROOT); // Agregar certificado raíz para api.telegram.org
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print(".");
        delay(500);
        bot.sendMessage(idChat, "Sistema preparado!!!, escribe /ayuda para ver las opciones", ""); //Enviamos
    }
    Serial.println();
    Serial.print("Dirección IP del modulo esp32cam: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;

```

```

config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
if(psramFound()){
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 1; //0-63 menor número significa mayor calidad
    config.fb_count = 2;
}
else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 2; //0-63 menor número significa mayor calidad
    config.fb_count = 1;
}
// inicio de la cámara
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("El inicio de la cámara falló 0x%x", err);
    delay(1000);
    ESP.restart();
}
// Tamaño de cuadro desplegable para una mayor velocidad de cuadro inicial
sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
s->set_framesize(s, FRAMESIZE_CIF); // UXGA|SXGA|XGA|SVGA|VGA|CIF|QVGA|HQVGA|QQVGA
//-----|
}
void loop(){

    if (envioFoto){
        Serial.println("Preparando foto");
        sendPhotoTelegram();
        if(estadoFlash == 1){
            envioFoto = false;

            flashEstado = !flashEstado;
            digitalWrite(flashLed, flashEstado);
            estadoFlash = 0;
        }
    }

    // if(timbre){//Hacemos sonar el buzzer en forma intermitente para emular el timbre
    //     for (int buz=0; buz<25;buz++){
    //         digitalWrite(buzzer, HIGH);
    //         delay(50);
    //         digitalWrite(buzzer, LOW);
    //         delay(50);
    //     }
    //     bot.sendMessage(idChat, "Alguien está tocando el timbre", "");
    //     Serial.println("Alguien está tocando el timbre");
    //     sendPhotoTelegram();
    //     timbre = false;
    // }

    if (millis() > ultimoEscaneo + tiempoMsg){
        int nuevoMensajes = bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1);
        while (nuevoMensajes){
            Serial.println("se obtuvo respuesta");
            manejarMensajes(nuevoMensajes);
            nuevoMensajes = bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1);
        }
        ultimoEscaneo = millis();
    }
}

```

```

String sendPhotoTelegram() {
    const char* url = "api.telegram.org";
    String todo = "";
    String cuerpo = "";
    camera_fb_t * fb = NULL;
    fb = esp_camera_fb_get();
    if(!fb) {
        Serial.println("Captura de cámara falló");
        delay(1000);
        ESP.restart();
        return "Captura de cámara falló";
    }
    Serial.println("Conectar a " + String(url));
    if (clientTCP.connect(url, 443)) {
        Serial.println("Conexión establecida");
        String cadena1 = "--rogerBit\r\nContent-Disposition: form-data; name=\"chat_id\"; \r\n\r\n";
        String cadena2 = "\r\n--rogerBit--\r\n";
        uint16_t ima1 = fb->len;
        uint16_t ima2 = cadena1.length() + cadena2.length();
        uint16_t imaly2 = ima1 + ima2;
        clientTCP.println("POST /bot"+token+"/sendPhoto HTTP/1.1");
        clientTCP.println("Host: " + String(url));
        clientTCP.println("Content-Length: " + String(imaly2));
        clientTCP.println("Content-Type: multipart/form-data; boundary=rogerBit");
        clientTCP.println();
        clientTCP.print(cadena1);
        uint8_t *fbBuf = fb->buf;
        size_t fbLen = fb->len;
        for (size_t n=0;n<fbLen;n=n+1024) {
            if (n+1024<fbLen) {
                clientTCP.write(fbBuf, 1024);
                fbBuf += 1024;
            }
            else if (fbLen%1024>0) {
                size_t remainder = fbLen%1024;
                clientTCP.write(fbBuf, remainder);
            }
        }
        clientTCP.print(cadena2);
        esp_camera_fb_return(fb);
        int espera = 10000;    // 10 segundos
        long tiempoInicial = millis();
        boolean estado = false;
        while ((tiempoInicial + espera) > millis()){
            Serial.print(".");
            delay(100);
            while (clientTCP.available()) {
                char c = clientTCP.read();
                if (estado==true) cuerpo += String(c);
                if (c == '\n') {
                    if (todo.length()==0) estado=true;
                    todo = "";
                }
                else if (c != '\r')
                    todo += String(c);
                tiempoInicial = millis();
            }
            if (cuerpo.length()>0) break;
        }
        clientTCP.stop();
    }
}

```

```

        Serial.println(cuerpo);
    }
    else {
        cuerpo="Conexión a api.telegram.org falló.";
        Serial.println("Conexión a api.telegram.org falló ");
    }
    envioFoto = false;
    return cuerpo;
}

void manejarMensajes(int nuevoMensajes){
    Serial.print("Nuevo mensaje: ");
    Serial.println(nuevoMensajes);
    for (int i = 0; i < nuevoMensajes; i++){
        // ID de chat del solicitante
        String chat_id = String(bot.messages[i].chat_id);
        if (chat_id != idChat)
        {
            bot.sendMessage(idChat, "Usuario no autorizado", "");
            continue;
        }
        // Imprime el mensaje recibido
        String text = bot.messages[i].text;
        Serial.println(text);
        String fromName = bot.messages[i].from_name;
        if (text == "/flash")
        {
            //Activa o desactiva el flash
            flashEstado = !flashEstado;
            digitalWrite(flashLed, flashEstado);

            if(flashEstado==0){bot.sendMessage(idChat, "Flash apagado", "");}
            else{bot.sendMessage(idChat, "Flash encendido", "");}
        }
        if (text == "/fotofh")
        {
            //Toma una foto con flash
            envioFoto = true;
            Serial.println("Solicitud de nueva foto");
            flashEstado = !flashEstado;
            digitalWrite(flashLed, flashEstado);
            estadoFlash = 1;
        }
        if (text == "/foto")
        {
            //Toma una foto
            envioFoto = true;
            Serial.println("Solicitud de nueva foto");
        }
        if(text == "/powerPC")
        {
            //verifica el estado
            estadoPC = !estadoPC;
            digitalWrite(relay1, !estadoPC);
            if(estadoPC==0){bot.sendMessage(idChat, "PC apagada", "");}
            else{bot.sendMessage(idChat, "PC encendida", "");}
        }
    }
}

```



```

// if(text == "/powerLUZ")
// {
//     //verifica el estado
//     estadoLUZ = !estadoLUZ;
//     digitalWrite(relay2,estadoLUZ);
//     if(estadoLUZ==0){bot.sendMessage(idChat, "LUZ apagada", "");}
//     else{bot.sendMessage(idChat, "LUZ encendida", "");}
// }
if(text == "/giroXAnti")
{
    //verifica maximo
    if(servolPos <= 165)
    {
        servolPos += 15;
        servol.write(servolPos);
        bot.sendMessage(idChat,"Girando 15° antihorario", "");
    }
    else{bot.sendMessage(idChat,"Posición máxima alcanzada", "");}
}
if(text == "/giroXHora")
{
    //verifica minimo
    if(servolPos >= 15)
    {
        servolPos -= 15;
        servol.write(servolPos);
        bot.sendMessage(idChat,"Girando 15° horario", "");
    }
    else{bot.sendMessage(idChat,"Posición mínima alcanzada", "");}
}
if (text== "/estado")
{
    String estados = "Los estados del sistema son" ": \n";
    if(estadoPC==0){estados += "PC: Apagada \n";}
    else{estados += "PC: Encendida \n";}
    // if(estadoLUZ==0){estados += "LUZ: Apagada \n";}
    // else{estados += "LUZ: Encendida \n";}
    if(flashEstado==0){estados += "Flash: apagado \n";}
    else{estados += "Flash: Encendido \n";}
    bot.sendMessage(idChat, estados, "");
}
if (text == "/ayuda")//Nos muestra la ayuda en telegram
{
    String ayuda = "Bienvenido al sistema de timbre con foto con ESP32CAM" ".\n";
    ayuda += "Estas son tus opciones:\n\n";
    ayuda += "/foto : Toma una foto nueva \n";
    ayuda += "/fotofh: saca una foto con flash y luego lo desactiva \n";
    ayuda += "/flash : Activa el flash \n";
    ayuda += "/powerPC : Enciende la PC del laboratorio \n";
    // ayuda += "/powerLUZ : Enciende la luz del laboratorio \n";
    ayuda += "/giroXHora : giro horario 30° \n";
    ayuda += "/giroXAnti : giro antihorario 30° \n";
    ayuda += "/estado : Muestra el estado de todas las salidas \n";
    ayuda += "/ayuda: Imprime este menú \n";
    ayuda += "Recuerda el sistema distingue entre mayuculas y minusculas \n";
    bot.sendMessage(idChat, ayuda, "");
}
}
}

```