



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Tema:

**ARQUITECTURA EDGE COMPUTING UTILIZANDO RASPBERRY PI
PARA MEJORAR LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN
UN SISTEMA DOMÓTICO.**

Trabajo de Integración Curricular, Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
preciso a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

ÁREA: Hardware y redes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de la información

Autor: Erick Guillermo Fiallos Acosta

Tutor: Ing. David Omar Guevara Aulestia

Ambato – Ecuador

marzo – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular con el tema: **ARQUITECTURA EDGE COMPUTING UTILIZANDO RASPBERRY PI PARA MEJORAR LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN UN SISTEMA DOMÓTICO**, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación realizado por el señor Erick Guillermo Fiallos Acosta, estudiante de la Carrera de Tecnologías de la Información, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 7.4 del respectivo instructivo del reglamento.

Ambato, marzo 2023.

Ing. David Omar Guevara Aulestia, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de Integración Curricular titulado: ARQUITECTURA EDGE COMPUTING UTILIZANDO RASPBERRY PI PARA MEJORAR LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN UN SISTEMA DOMÓTICO es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023.



Erick Guillermo Fiallos Acosta

C.C. 1803773157

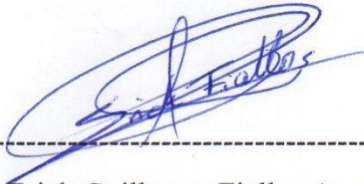
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Integración Curricular como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Integración Curricular en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023.



Erick Guillermo Fiallos Acosta

C.C. 1803773157

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Integración Curricular presentado por el señor Erick Guillermo Fiallos Acosta, estudiante de la Carrera de Tecnologías de la Información, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ARQUITECTURA EDGE COMPUTING UTILIZANDO RASPBERRY PI PARA MEJORAR LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN UN SISTEMA DOMÓTICO, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y al numeral 7.6 del respectivo instructivo del reglamento. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Marcos Raphael Benítez Aldás

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Hernán Fabricio Naranjo Ávalos

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mi padre y madre, ellos siempre han estado para mí y me han apoyado en todo el trascurso de la carrera, son un pilar fundamental en mi vida y gracias a su amor he podido salir adelante ante todo obstáculo.

A mis abuelitos Jorge y Rosalía, quienes desde el cielo me han guiado en todo momento y me dieron la fuerza para continuar a pesar de las adversidades.

A familiares y amigos, quienes forman parte de mi vida, y de alguna forma me ayudaron para poder llegar a este momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y guiar mi camino en esta trayectoria.

A mi padre y madre, quienes me han apoyado de manera incondicional, a mi hermana, mi cuñado y mis sobrinas, por darme las fuerzas para continuar hacia adelante.

A mi tutor, Ing. David Guevara, por su paciencia, conocimiento y apoyo brindado, al Ing. Franklin Mayorga, por darme las pautas y el apoyo para realizar este proyecto de investigación. Gracias por ser docentes excepcionales.

A mis amigos Amargados, Keko y Curandero, gracias a su motivación y compañía hicieron más ameno el proceso académico.

A cada persona que ha estado en mi camino y me ha brindado su ayuda, les estoy eternamente agradecido.

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT	xvi
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	89
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	17
1.1 Tema de investigación	17
1.1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Antecedentes investigativos	18
1.3 Fundamentación teórica	21
1.4 Objetivos	27
1.4.1 Objetivo general	27
1.4.2 Objetivos específicos	27
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	28
2.1 Materiales	28

2.2	Métodos	28
2.2.1	Modalidad de la investigación.....	28
2.2.2	Población y muestra.....	28
2.2.3	Recolección de la información.....	28
2.2.4	Procesamiento y análisis de datos.....	29
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
3.1	Análisis y discusión.....	30
3.1.1	Interacción con los dispositivos IoT.....	30
3.1.2	Determinación de la Arquitectura basa en Raspberry Pi	30
3.1.3	Ventajas de una Arquitectura Edge Computing.....	30
3.1.4	Determinación de la metodología	31
3.1.5	Comparación de las metodologías para el cumplimiento de tareas	32
3.2	Metodología Kanban.....	33
3.3	Desarrollo de la Propuesta.....	33
3.3.1	Fase 1: Visualizar el flujo de Trabajo	33
3.3.2	Fase 2: Limitar el WIP	34
3.3.3	Fase 3: Gestionar el flujo.....	36
3.3.4	Fase 4: Hacer explícitas las políticas de los procesos	37
3.3.4.1	Sistema domótico	37
3.3.4.2	Raspberry Pi 3 (Model B)	43
3.3.4.3	Instalación de Raspberry Pi Os	44
3.3.4.4	Conexión remota con Raspberry Pi.....	50
3.3.4.5	Instalación de RaspAP.....	56
3.3.4.6	Configuración de RaspAp	68
3.3.5	Implementación de la Arquitectura Edge Computing basada en Raspberry Pi.....	76

3.3.6	Fase 5: Implementar bucles de retroalimentación.....	82
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
4.1	Conclusiones.....	84
4.2	Recomendaciones.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Tabla Kanban con las tareas.....	34
Figura 3.2	Tabla Kanban actualizada.	36
Figura 3.3	Flujo de trabajo.....	36
Figura 3.4	Ejemplo de sistema domótico.....	37
Figura 3.5	Wifi Smart Switch[31].	38
Figura 3.6	Wifi Smart 2CH Relay[32].	38
Figura 3.7	Tiempo activar foco 1.....	39
Figura 3.8	Tiempo activar foco 2.....	40
Figura 3.9	Tiempo activar garaje.....	40
Figura 3.10	Raspberry Pi 3 (Model B)[33].	44
Figura 3.11	Versión de Raspberry Pi OS (64-bit)[34].	45
Figura 3.12	Software Raspberry Pi Imager.	45
Figura 3.13	Sistema operativo Raspberry Pi OS (64-bit).....	46
Figura 3.14	Micro SD donde se realizó la instalación.....	46
Figura 3.15	Configuración para acceder por SSH.....	47
Figura 3.16	Configuración del usuario.	47
Figura 3.17	Formateo de la Micro SD.....	48
Figura 3.18	Instalación del sistema operativo en la Micro SD.....	48
Figura 3.19	Sistema Operativo Instalado.	49
Figura 3.20	Creación archivo ssh sin extensión.	50
Figura 3.21	Comprobación IP del Raspberry Pi.....	51
Figura 3.22	Conexión remota con el Raspberry Pi.....	51
Figura 3.23	Acceso al Raspberry Pi por el puerto 22.	52
Figura 3.24	Inicio de sesión con el usuario y contraseña.....	52
Figura 3.25	Información del Servidor VNC.	53

Figura 3.26	Creación de la conexión.	54
Figura 3.27	Conexión al servidor VNC.....	54
Figura 3.28	Conexión remota por el puerto 5901.	55
Figura 3.29	Acceso con el usuario y contraseña del Raspberry Pi.	55
Figura 3.30	Escritorio remoto de Raspberry Pi OS.....	56
Figura 3.31	Actualización del sistema operativo.....	57
Figura 3.32	Aplicación de la actualización.	58
Figura 3.33	Reinicio del sistema operativo.	58
Figura 3.34	Comando para acceder a la configuración.....	59
Figura 3.35	Acceso a los ajustes del sistema.	60
Figura 3.36	Configuración Wifi del Raspberry Pi.....	60
Figura 3.37	Configuración de la localización.	61
Figura 3.38	Establecer el país.	61
Figura 3.39	Configuración nombre de la red.	62
Figura 3.40	Configuración de la contraseña.....	62
Figura 3.41	Configuración de la región.	63
Figura 3.42	Configuración de la zona horaria.	64
Figura 3.43	Área geográfica.....	64
Figura 3.44	Establecer la zona horaria.	65
Figura 3.45	Configuración del canal de comunicación por el país.	65
Figura 3.46	Establecer el país.	66
Figura 3.47	Finalizar la configuración.....	66
Figura 3.48	Instalación de RaspAP.	67
Figura 3.49	Configuración de la red.....	68
Figura 3.50	Acceso a RaspAP en Raspberry Pi Os.....	68
Figura 3.51	Página principal de RaspAP.....	69
Figura 3.52	Acceso a RaspAP en Windows.	69

Figura 3.53	Página principal de RaspAP Windows.....	70
Figura 3.54	Configuración del nombre de la nueva red wifi.	71
Figura 3.55	Configuración de la contraseña.....	71
Figura 3.56	Configuración del código del país.	72
Figura 3.57	Configuración del código del país.	72
Figura 3.58	Activación del punto de acceso.....	73
Figura 3.59	Iniciar el punto de acceso.....	73
Figura 3.60	Cambios en la nueva red wifi.	74
Figura 3.61	Elegir la nueva interfaz de red.	75
Figura 3.62	Configuración de DHCP.	75
Figura 3.63	Direcciones IP asignables.....	76
Figura 3.64	Configuración DNS.	76
Figura 3.65	Arquitectura Edge Computing basada en Raspberry Pi utilizada en el proyecto. 77	
Figura 3.66	Dispositivos conectados.....	77
Figura 3.67	Tiempo activar foco 1 Arquitectura Edge Computing.	78
Figura 3.68	Tiempo activar foco 2 Arquitectura Edge Computing.	78
Figura 3.69	Tiempo activar garaje Arquitectura Edge Computing.....	79
Figura 3.70	Tabla Kanban con las tareas finalizadas.....	83
Figura 3.71	Flujo de trabajo con las tareas finalizadas.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Ventajas de una Arquitectura Edge Computing[28]	30
Tabla 3.2	Tabla comparativa de las metodologías para el cumplimiento de tareas[29]	32
Tabla 3.3	Planificación de las tareas por prioridad	35
Tabla 3.4	Dispositivos IoT a utilizar.....	38
Tabla 3.5	Promedio de tiempo de repuesta en el Sistema domótico.....	43
Tabla 3.6	Distribuciones Linux basadas en Debian[35]	56
Tabla 3.7	Promedio de tiempo de repuesta en la Arquitectura Edge computing.	81
Tabla 3.8	Comparación tiempos de respuesta de los dispositivos IoT.	82

RESUMEN EJECUTIVO

La tecnología con el pasar de los días cada vez avanza de manera inimaginable hasta el punto de verse rodeado de dispositivos inteligentes que facilitan el modo de vivir de las personas. La cantidad de datos que se genera a través de estos dispositivos, sensores, actuadores y otros aumenta incalculablemente, lo que conlleva a que el procesamiento de estos datos en la nube provoque pequeños cuellos de botella y existan retrasos en la velocidad de respuesta, esto provoca que los usuarios tengan inconformidades al momento de usar estos dispositivos inteligentes.

El Edge Computing aparece como un método innovador para alivianar la carga de procesamiento y almacenamiento de datos en la nube, en aplicaciones o en un sistema domótico, ya que tiene como objetivo proporcionar servicios basados en Internet colocando pequeños centros de datos al borde de la red, así mejorar el ancho de banda que se utilice con los dispositivos inteligentes y evitar que se produzcan los cuellos de botella.

El presente proyecto demuestra que aplicada una Arquitectura Edge Computing correctamente en un sistema domótico, ayuda a mejorar la velocidad de respuesta de los dispositivos IoT conectados y que interactúen en esta arquitectura, para ello se utilizó un Raspberry Pi 3 (Model B) con un sistema operativo Raspberry Pi OS (64-bit) en el que se instaló un software de enrutador inalámbrico RaspAP, al cual se conectaron 3 actuadores, con ellos se capturaron datos para comprobar y sacar las conclusiones del proyecto.

Palabras clave: Arquitectura edge computing, raspberry pi, domótica, dispositivos IoT, sistema domótico.

ABSTRACT

Technology with the passing of days each time advances in an unimaginable way to the point of being surrounded by smart devices that facilitate the way of life of people. The amount of data that is generated through these devices, sensors, actuators and others increases incalculably, which leads to the processing of this data in the cloud causing small bottlenecks and there are delays in the response speed, this causes that users have disagreements when using these smart devices.

Edge Computing appears as an innovative method to lighten the burden of data processing and storage in the cloud, in applications or in a home automation system, since it aims to provide Internet-based services by placing small data centers at the edge of the network, thus improving the bandwidth used by smart devices and avoiding bottlenecks.

This project demonstrates that an Edge Computing Architecture applied correctly in a home automation system helps to improve the response speed of IoT devices connected and that interact in this architecture, for this a Raspberry Pi 3 (Model B) was used with a system operating Raspberry Pi OS (64-bit) in which a RaspAP wireless router software was installed, to which 3 actuators were connected, data was captured with them to verify and draw the conclusions of the project.

Keywords: Edge computing architecture, raspberry pi, home automation, IoT devices, home automation system.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

ARQUITECTURA EDGE COMPUTING UTILIZANDO RASPBERRY PI PARA MEJORAR LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN UN SISTEMA DOMÓTICO.

1.1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad con el aumento del uso de Internet y los últimos avances tecnológicos, se está cada vez más conectado con el entorno. El uso de dispositivos inteligentes se ha convertido en parte de nuestra vida diaria[1]. Por lo tanto, existen muchos dispositivos IoT conectados entre sí, y estos envían una gran cantidad de información a la nube, la cual toma su tiempo en ser procesada y devuelta hacia su emisor.

El Edge Computing aparece como una solución para disminuir el procesamiento y el almacenamiento de datos en la nube, las aplicaciones y las tecnologías que requieren un rendimiento exponencial y una latencia baja o nula[2]. Con lo cual los datos procesados en esta arquitectura están más cerca de los usuarios y esto provoca una latencia mucho menor. Por otro lado, se puede pensar en el Internet de las cosas (IoT) como la interacción y comunicación entre dispositivos que generan e intercambian datos con objetos o cosas del mundo real[3]. En consecuencia, existe un aumento de dispositivos conectados entre sí, los cuales envían una gran cantidad de información que tarda en ser procesada.

En el campo de la domótica los dispositivos IoT se están convirtiendo en algo más habitual ya que, están integrados en diferentes electrodomésticos, sensores, smartphones, automóviles y todos ellos están conectados a un solo aparato que es el punto de control[4]. Así se observa que, con el avance de la tecnología y la creación de nuevos dispositivos inteligentes, controlar estos dispositivos mediante un sistema domótico será algo más cotidiano para todas las personas.

En Panamá, Edge computing es una nueva tecnología que se está empezando a utilizar. Esto es parte de la solución a las emergencias sociales que representa la pandemia del

COVID-19 en la vida de sus ciudadanos y como parte del desarrollo, esto provoca una adaptación tecnológica al conflicto digital por parte del país[5].

En Ecuador, en la Universidad de Guayaquil actualmente se está desarrollando una aplicación de servicios médicos (Terapias Medicas en Línea), debido a que estos procesos requieren una interacción en tiempo real con el usuario, y ya que los servidores de la aplicación están en la nube, esto se ve afectado por problemas de congestión de la red de datos, por lo que se aplicará una arquitectura Edge computing a la plataforma de servicios médicos[6]. Con esto se determina que esta nueva tecnología está cambiando la interacción entre la nube y las diferentes plataformas, aplicaciones, hasta incluso en los dispositivos inteligentes que se tiene en la actualidad, ya que con ella el tiempo de respuesta entre la nube y estas herramientas es menor, así se puede tener una mejor comunicación y experiencia por parte de los usuarios.

1.2 Antecedentes investigativos

Según Sergio Sánchez, en su tesis “Cloud Computing: Fundamentos y Despliegue de un servicio en la nube”, realizada en la Universidad Autónoma De Madrid en el año 2021[7]. Concluye que:

- El Edge Computing como metodología, permite la recopilación y procesamiento de datos en un mismo dispositivo inteligente situado al borde de la red gracias al uso de dispositivos PACs (Controladores de Automatización Programables). Estos, permiten realizar un preprocesado de los datos que requieren del servicio, filtrando aquellos que no tienen necesidad de ser trasladados a la nube para que sean procesados, y sí únicamente los que necesiten ser almacenados. Dicha visión, conforma un planteamiento eficiente del procesamiento y gestión de la información en la nube, que, además, disminuye el número de posibles conflictos y errores durante el servicio.
- Este tipo de arquitecturas suelen ir vinculadas al concepto del Internet de las Cosas (IoT), escenario en el cual resulta necesario que la latencia del procesamiento fluctúe entre valores mínimos, a la vez que se asegure la integridad y privacidad de los datos intercambiados a través de la red.

Según Alba Martínez Meroño, en su tesis “Diseño y desarrollo de un gateway IoT Edge-Computing basado en Raspberry Pi”, realizada en la Universidad Politécnica de Cartagena en el año 2021[8]. Define que:

- En la actualidad hay varios sistemas y aplicaciones de IoT donde los gateways recopilan datos en bruto de sensores y los envían a la nube para su procesamiento recolectan información, pero no hacen nada con ella, la envían a la nube donde grandes centros de datos la procesan para obtener ciertas conclusiones.
- Una alternativa se basa en realizar gran parte del procesamiento en el propio Gateway para así minimizar el envío de datos y la carga computacional en la nube. Este planteamiento se denomina edge computing y con él es posible lograr un mayor ahorro de energía y reducción del ancho de banda empleado en comunicaciones.

Según Juan Miguel Merchan Miller, en su proyecto de titulación “Análisis de seguridad en plataformas de computación distribuida con Arquitectura de Edge Computing”, realizado en la Universidad de Guayaquil en el año 2020[6]. Menciona que:

- Con el “Internet de las cosas” se está conduciendo a una época post cloud, donde muchas de las “cosas” están sirviendo de borde de generación de información. Cisco estima que para el 2019 los datos gestionados por internet en todos sus niveles llegarán a 500 zettabytes (5'000.000'000.000'000.000'000.000 de bytes) de los cuales 10,4 zettabytes, serán gestionados a nivel de cloud, de los cuales un 45% serán generados desde el conjunto de artículos de IoT, para el 2020 habrá 50 mil millones de cosas conectando al internet, por lo cual el desarrollo y estudio de un concepto claro de un internet al borde (Edge Computing) se vuelve vital.
- Edge computing se refiere al conjunto de tecnologías que permiten que el procesamiento de datos se realice en el borde de la red (como se mencionó, en las “cosas” conectadas al internet), se determina “Borde” o Edge, a

cualquier recurso entre la fuente (usuario) y los centros de datos en la nube, un móvil puede ser considerado un objeto de borde, a diferencia de la computación en la niebla (Fog Computing) Edge se ocupa más en los objetos, mientras que Fog se enfoca más a la infraestructura.

Según Leonel Lavayen y Roberto Macías, en su proyecto de titulación “Diseño e implementación de una Arquitectura de Edge Computing con el Protocolo de Overlay VXLAN para el Proyecto FCI TEMONET”, realizado en la Universidad de Guayaquil en el año 2020[9]. Determinan que el Edge Computing se basa en:

- Un entorno informático donde el acceso a las aplicaciones se realiza en el borde, se caracteriza por la posibilidad de alta latencia entre todos los sitios y de ancho de banda junto con posibilidades de prestación de servicios y funcionalidad de la aplicación distintivos bajos y poco fiables que no se pueden cumplir con una piscina de recursos de la nube centralizados en centros de datos distantes.

Según Christian Piedra y Pedro Tenezaca, en su tesis “Una Arquitectura de Integración Tecnológica de Internet de las Cosas y Computación en la Nube”, realizada en la Universidad de Cuenca en el año 2018[10]. Se concluye que en base a la arquitectura el Edge computing se encarga de las siguientes características:

- La función de esta capa se encarga de convertir flujos de datos de red a información adecuada para el procesamiento en la Capa 4. Esto significa que en esta capa se realiza la transformación y el análisis de un gran volumen de datos. En esta capa no existen transacciones o sesiones, sino solamente su concepto simple de unidades de datos, por lo que el procesamiento es limitado. La Capa 3 incluye:
 - a. Filtrado de datos, limpieza y agregación.
 - b. Inspección del contenido de los paquetes.
 - c. Combinación del análisis a nivel de datos y red.
 - d. Generación de eventos.

- En el almacenamiento de datos debido a que los datos están continuamente en movimiento, son convertidos a un formato de transferencia. La Capa 4 determina:
 - a. Si los datos deben persistir; es decir determina si es necesario guardarlos permanentemente o en memoria volátil.
 - b. El tipo de almacenamiento necesario. La persistencia puede requerir un sistema de archivos, un sistema de big data, una base de datos relacional, etc.
 - c. Si los datos están organizados correctamente para el tipo de almacenamiento requerido.
 - d. Si los datos deben ser combinados o procesados nuevamente con otros; por ejemplo, con datos recopilados anteriormente.

1.3 Fundamentación teórica

Internet

Internet se podría definir como una red global de redes de ordenadores cuya finalidad es permitir el intercambio libre de información entre todos sus usuarios. Pero sería un error considerar Internet únicamente como una red de computadoras. Se considera las computadoras simplemente como el medio que transporta la información[11].

Tecnologías de la información

Las Tecnologías de la Información (TI) se desarrollan gracias a los logros científicos basados en la informática. Es un conjunto de tecnologías, que proporcionan acceso, producción, procesamiento y comunicación. Esta información esta presentada en diferentes códigos que pueden ser: texto, imágenes, audio y video[12]. El propósito de las tecnologías de la información es la producción de nueva información para que la sociedad las analice y tome decisiones sobre la misma para realizar una acción.

También se definen como los procesos de creación, almacenamiento, transmisión y percepción de la información y los métodos de aplicación de dichos procesos. Las TI están formadas por componentes como[13]:

- Software: herramientas de aplicación y de sistema.
- Apoyo organizativo y metodológico.
- Hardware informático.

Internet de las cosas

El Internet de las Cosas (IoT) es un sistema de dispositivos de computación relacionados entre sí, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que están provistos de identificadores únicos y poseen la capacidad de transferir datos a través de una red sin necesidad de interacción humano a humano o humano con la computadora[14].

La evolución que han tenido las IoT es a partir de la convergencia de las tecnologías inalámbricas, sistemas microelectromecánicos, micros servicios e internet. Generando una nueva vía que completa la evolución de las comunicaciones y la informática, aplicándola a los objetos, lo que facilita una mejor interacción con ellos. Esto se refiere a una red de objetos interconectados a través de internet[14].

Arquitectura de red

La arquitectura de red es la forma en que se agrupan los dispositivos y servicios de red para satisfacer las necesidades de conectividad de las aplicaciones y los dispositivos de los clientes[15]. Es el diseño de una red de comunicaciones que define los componentes físicos conectados a la red, contempla su organización, configuración y los protocolos utilizados en su funcionamiento.

Estos son tres de los tipos de redes empresariales más habituales[15]:

- Redes para centros de datos, que conectan servidores a fin de alojar una amplia gama de datos y aplicaciones para que estén disponibles para su uso
- Redes de acceso diseñadas para incorporar a los usuarios de distintas sucursales y ubicaciones
- Redes de área extendida (WAN), que conectan a los usuarios con las aplicaciones a distancias cortas o largas

Cloud computing

El concepto de Cloud Computing tiene como principal característica, la transformación de los modos tradicionales, de cómo las empresas utilizan y adquieren los recursos de TI (Tecnología de la información). Los nuevos modelos de programación y la nueva infraestructura de TI permitirán que surjan nuevos modelos de negocios. La Cloud Computing es un modelo de aprovisionamiento de recursos TI que potencia la prestación de servicios TI y servicios de negocio, facilitando la operativa del usuario final y del prestador del servicio[16].

Fog computing

La arquitectura de Fog Computing deriva de la arquitectura Cloud Computing como una extensión en que ciertas aplicaciones y procesamiento de los datos se realizan por parte de un dispositivo inteligente antes de ser enviados a la Nube. Gracias a esto se busca que los servicios de análisis, computación y procesamiento de los datos estén más cerca de su fuente de origen y también del usuario final disminuyendo así la latencia de envío y respuesta[14].

Las arquitecturas que incluyen Fog Computing aceleran el procesamiento de datos y la respuesta a los eventos al eliminar un viaje de ida y vuelta a la Nube para su análisis. Además, evita la necesidad de costosas ampliaciones de ancho de banda al descargar grandes cantidades de giga bytes de tráfico de la red central. También protege data sensible analizándola dentro de la red local. En última instancia, las organizaciones que adoptan el Fog Computing obtienen información más profunda y rápida, lo que aumenta la agilidad del negocio, aumenta los niveles de servicio y mejora la seguridad[14].

Edge computing

El concepto “La nube” en informática causó un gran avance en sus inicios, pues esto abrió la puerta a innumerables dispositivos que sin tener altas capacidades de cómputo podrían trabajar con buen rendimiento permitiendo la conexión de las máquinas al internet el cual es cada vez es más amplio. Sin embargo, en muchos casos los tiempos

de respuesta o la velocidad que requieren algunas operaciones es mayor que lo que la nube puede ofrecer. Los procesos más complejos y de gran tamaño necesitan un poder computacional cada vez más rápido y efectivo, sin poder esperar para conectarse a alguna red y teniendo esta situación es ahí donde se produce el Edge Computing[17].

Edge Computing hace referencia a cómo los procesos computacionales se realizan al interior de los dispositivos IoT, estos con capacidad de análisis y procesamiento similares a routers o gateways. Al procesar la información obtenida cerca de donde fue creada, sin tener que enviarla a centros de datos lejanos se reducen latencias, se consume un menor ancho de banda y se puede hacer análisis y evaluación inmediata de la información generada por los sensores y dispositivos[17].

Domótica

La Domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad, confort y comodidad además de comunicación entre el usuario y el sistema. La automatización inteligente permite al usuario establecer parámetros en el sistema que le generen un bienestar en su vivienda[18].

Raspberry Pi

La Raspberry Pi es una computadora pequeña y económica, del tamaño de una tarjeta de crédito, que se puede conectar a un monitor de computadora o televisión y se usa con un mouse y un teclado normales. Es una pequeña computadora que utiliza un sistema operativo Linux que permite a personas de todas las edades explorar computadoras y aprender lenguajes de programación como Scratch y Python[19]. Puede manejar la mayoría de las tareas típicas de una computadora de escritorio, desde navegar por la web, reproducir videos de alta definición, trabajar en documentos de oficina y hasta jugar juegos.

Kanban

Kanban es una de las formas posibles de implementar los métodos ágiles para las tomas de decisiones. Fue creado con base en el Sistema de Producción de Toyota y diseñado

para ayudar a aprovechar al máximo los recursos disponibles, mientras permite encontrar los puntos débiles antes de que se conviertan en problemas intratables[20]. Su propósito principal es administrar el trabajo a medida que se avanza a través de la visualización de forma real como en flujos de trabajo.

El requisito fundamental que tiene esta metodología es dividir en tres grandes bloques el proyecto: “Por hacer”, “En proceso” y “Terminado”[20]. Para ello se puede dividir el proceso de desarrollo en las siguientes etapas:

1. Pila de Producto
2. Requisitos
3. Diseño
4. Desarrollo
5. Pruebas
6. Despliegue
7. Hecho

RaspAP

RaspAP es un software de enrutador inalámbrico rico en funciones que se atribuye en muchos dispositivos populares basados en Debian, incluido el Raspberry Pi. El instalador crea una configuración predeterminada conocida para todas las Raspberry Pi actuales con conexión inalámbrica integrada. Una interfaz totalmente receptiva y lista para dispositivos móviles le brinda control sobre los servicios relevantes y las opciones de red[21]. También incluye configuraciones avanzadas de DHCP, certificados SSL, WireGuard y soporte para OpenVPN, auditoría de seguridad, integración de portal de transferencia, temas y opciones en varios idiomas[21].

Advanced IP Scanner

Escáner de red fiable y gratuito para analizar LAN. El programa escanea todos los dispositivos de red, le da acceso a las carpetas compartidas y a los servidores FTP, le proporciona control remoto de las computadoras e incluso puede apagar las computadoras de manera remota[22]. Es un software fácil de usar y funciona como una versión portátil, es una gran opción para cada administrador de red, ya que posee

características como: acceso a unidades compartidas, detección de direcciones MAC, control remoto a través de RDP y Radmin.

PuTTY

PuTTY es un cliente SSH y telnet, desarrollado originalmente por Simon Tatham, es un software de código abierto que está disponible con código fuente y es desarrollado y apoyado por un grupo de voluntarios[23]. También se define como un terminal de simulación open source, que se indica para establecer conexiones seguras de acceso remoto, principalmente para administrar redes.

La ventaja más destacable es que se puede utilizar sin instalador, porque el software se ejecuta directamente a través del archivo ejecutable Putty.exe. Algunos beneficios adicionales a son[24]:

- Software sin costo
- Mayor control
- Conexiones seguras
- Varias posibilidades de edición
- Compatibilidad
- Sin impacto en los servicios de alojamiento

VNC

El software VNC le permite ver un ordenador e interactuar con él desde cualquier otro ordenador o dispositivo móvil en cualquier lugar a través de internet. El software VCN es multiplataforma, lo que permite el control remoto entre diferentes tipos de ordenadores[25]. Se puede configurar una máquina virtual que permite la conexión al servidor a través de la dirección IP del host que se realiza como una conexión en puente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Implementar una Arquitectura Edge Computing con la ayuda de un Raspberry Pi para mejorar la velocidad de procesamiento de datos en un sistema domótico.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar la Arquitectura de Edge Computing y su interacción con los dispositivos IoT.
- Determinar una Arquitectura Edge Computing basada en un Raspberry Pi para un sistema domótico.
- Diseñar una Arquitectura Edge Computing que optimice el procesamiento de datos en un sistema domótico.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Debido a la naturaleza del proyecto de investigación para la recolección de la información se utilizó fichas bibliográficas las cuales resumen artículos y tesis relacionadas con el problema y tema planteado, con ello se tiene una visión más clara de lo que se realizó.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

El proyecto de investigación es bibliográfico documental porque se basa en investigaciones anteriores sobre el tema planteado, en artículos científicos, tesis y libros que hacen referencia a las variables planteadas para poder construir y desarrollar la investigación. También es una investigación de campo y un estudio de caso porque se recopiló información de un sistema específico para generalizar resultados.

2.2.2 Población y muestra

Por la naturaleza del problema no se utilizó población y muestra ya que la investigación es bibliográfica documental y un estudio de caso.

2.2.3 Recolección de la información

Las fichas bibliográficas mostradas en los Anexos 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 realizan una investigación más profunda sobre como la Arquitectura Edge Computing es una gran mejora para los sistemas de control domótico ya que al no procesar los datos directamente en la nube estos tienen un menor tiempo de latencia. También muestran varios tipos de herramientas con las cuales se pueden realizar estos sistemas domóticos y como es su interacción con esta arquitectura. En este trabajo de investigación se demuestra que, para no procesar los datos directamente en la nube existe esta arquitectura que lo hace de forma interna, así existe un ahorro de tiempo, mejor rendimiento y una mejor experiencia hacia el usuario.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

De acuerdo con la información recolectada de temas semejantes al planteado se puede decir que:

- Se realizó una investigación sobre los beneficios que trae la Arquitectura Edge Computing para visualizar las mejoras en el procesamiento de datos.
- Se tomó en cuenta que para realizar un sistema domótico hay que tener los dispositivos y el software adecuado para realizar las pruebas necesarias para la investigación.
- Al momento de implementar una Arquitectura Edge Computing en un Raspberry PI se brindó las mejores alternativas de cómo mejorar y establecer una conexión entre los dispositivos IoT.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión

3.1.1 Interacción con los dispositivos IoT

Los vehículos, las máquinas, los electrodomésticos y muchos otros dispositivos utilizan sensores, interfaces y aplicaciones de software para conectarse e intercambiar datos a través de Internet, lo que genera grandes cantidades de datos. La proliferación de dispositivos IoT crea enormes cantidades de información para ser procesada en los centros de datos, lo que limita los requisitos de ancho de banda de la red[26].

Los dispositivos IoT aprovechan la potencia informática cerca de la ubicación física de un dispositivo físico o fuente de datos. Para que los datos generados por los dispositivos y sensores de IoT se analicen rápidamente y se utilicen para acciones inmediatas o resolución de problemas, deben analizarse en el borde de la red, en lugar de enviarse a una ubicación central para su investigación[27].

3.1.2 Determinación de la Arquitectura basa en Raspberry Pi

Para el presente proyecto se eligió una arquitectura basada en Raspberry Pi debido a que es la que más se adapta a las necesidades del proyecto, ya que Raspberry Pi al ser una minicomputadora y poder instalar un sistema operativo se pueden ejecutar distintas aplicaciones para medir el rendimiento y la velocidad de los datos que se generen en la red. Así se puede monitorear el funcionamiento de la arquitectura y los dispositivos IoT que estén conectados a ella.

3.1.3 Ventajas de una Arquitectura Edge Computing

Tabla 3.1 Ventajas de una Arquitectura Edge Computing[28]

Arquitectura Edge Computing	Ventajas
Velocidad	<ul style="list-style-type: none">• Reduce la distancia física que deben recorrer los datos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la congestión de la red y los períodos de inactividad • Incrementa la capacidad de respuesta, velocidad y calidad.
Baja Latencia	<ul style="list-style-type: none"> • Se basa en un solo Centro de Datos • Ofrece capacidad de respuesta en tiempo real. • Mantiene el tráfico más pesado y el procesamiento más cercado a la aplicación y los dispositivos.
Conexión	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece Centros de Datos Edge locales para el almacenamiento y procesamiento de datos. • Conectividad confiable para las aplicaciones de IoT. • Permite que las aplicaciones IoT usen menos ancho de banda.
Precio	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir el ancho de banda requerido • Reducir los requisitos de almacenamiento de datos.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Almacena los datos lo más cerca posible del usuario. • Mayor cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos(GDPR).

Elaborado por: El Investigador

3.1.4 Determinación de la metodología

Las metodologías tienen como objetivo estructurar y organizar mediante técnicas, herramientas y procedimientos que se deben seguir para el desarrollo de un proyecto, esto nos permite ser capaces de repetir los éxitos y aprender de los errores de forma continua para que la investigación sea exitosa. Algunas de las metodologías más

populares son: Scrum, Extreme programming(XP), Getting Things Done (GTD), Kanban, etc.

3.1.5 Comparación de las metodologías para el cumplimiento de tareas

Tabla 3.2 *Tabla comparativa de las metodologías para el cumplimiento de tareas*[29]

	Scrum	XP	GTD	Kanban
Tamaño del proyecto	Grandes, medianos y pequeños	Medianos y pequeños	Pequeños	Medianos y pequeños
Equipo de trabajo	Owner, Scrum Master	Clientes, equipo de desarrollo, manager	Lista de tareas asignadas	Tareas asignadas de acuerdo con las capacidades del desarrollador
Flujo de trabajo	Iteraciones	Ciclos de trabajo	Iteraciones	Iteraciones Pequeñas
Frecuencia de eventos	Iteraciones entre 2 y 4 semanas	Ciclos de trabajo entre 2 y 6 semanas	Según se necesite	Según se necesite
Documentación	Product Backlog Sprint Backlog	Manuales de usuario Documentación del código	Tablas GTD	Tablas Kanban

Elaborado por: El Investigador

De acuerdo con la Tabla 3.2, la metodología que más favorece al proyecto actual es Kanban porque está diseñado específicamente para el cumplimiento de tareas y permite a los participantes establecer una estructura organizativa al momento de realizar las tareas, además de considerar la prioridad de las tareas, así como la disponibilidad de cada participante.

3.2 Metodología Kanban

Kanban posee varias fases en su metodología lo cual permite que el proyecto sea vigilado y desarrollado de la mejor forma de acuerdo con las actividades planificadas a través de estas fases[30]:

- Visualizar el flujo de trabajo
- Limitar el WIP
- Gestionar el flujo
- Hacer explícitas las políticas de los procesos
- Implementar bucles de retroalimentación

3.3 Desarrollo de la Propuesta

3.3.1 Fase 1: Visualizar el flujo de Trabajo

Para visualizar el flujo de trabajo se utilizó la aplicación trello la cual ayuda a la organización de las tareas y verificar el cumplimiento de ellas, por lo cual se creó la siguiente tabla Kanban con las siguientes tareas:

- Interacción con los dispositivos IoT
- Ventajas sobre Edge Computing
- Determinación de la Metodología
- Comparación de las metodologías para el cumplimiento de tareas
- Metodología Kanban
- Sistema domótico
- Raspberry Pi 3 Model B
- Instalar Raspberry Pi OS

- Conexión remota con Raspberry Pi
- Instalar RaspAp
- Configuración RaspAp
- Implementar la Arquitectura Edge Computing

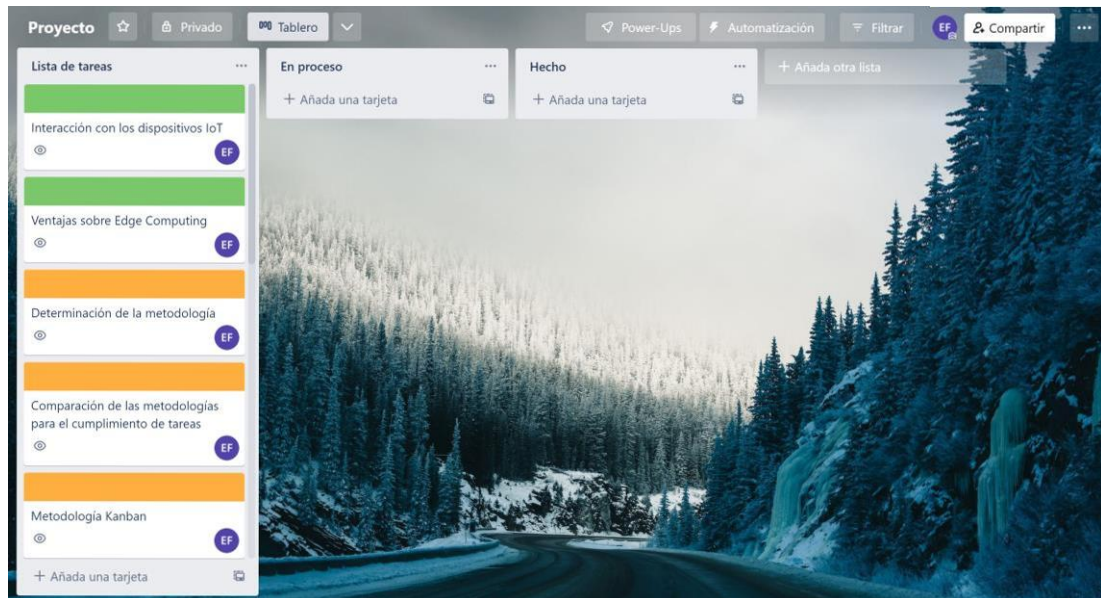


Figura 3.1 *Tabla Kanban con las tareas.*

Elaborado por: El investigador

La figura 3.1 muestra toda la planificación del presente proyecto en donde se lista las actividades que se van a realizar en el seguimiento del proyecto las cuales van cambiando de fase según el cumplimiento de cada actividad.

3.3.2 Fase 2: Limitar el WIP

Los WIP se limitaron de acuerdo con la prioridad de las tareas que se desarrollaron y otras por el tiempo que más ocuparon al implementarse la Arquitectura Edge Computing. Por lo cual se delimitó las actividades por medio de colores en la aplicación Trello.

Tabla 3.3 Planificación de las tareas por prioridad

Prioridad	Responsable	Iteración	Descripción
Baja	Erick Fiallos	Iteración 0	<ul style="list-style-type: none"> • Interacción con los dispositivos IoT
		Iteración 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas sobre Edge Computing
		Iteración 2	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la Metodología
		Iteración 3	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de las metodologías para el cumplimiento de tareas
Media	Erick Fiallos	Iteración 4	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología Kanban
		Iteración 5	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema domótico
		Iteración 6	<ul style="list-style-type: none"> • Raspberry Pi 3 Model B
		Iteración 7	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar Raspberry Pi OS
		Iteración 8	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión remota con Raspberry Pi
Alta	Erick Fiallos	Iteración 9	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar RaspAp
		Iteración 10	<ul style="list-style-type: none"> • Configuración RaspAp
		Iteración 11	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar la Arquitectura Edge Computing

Elaborado por: El investigador

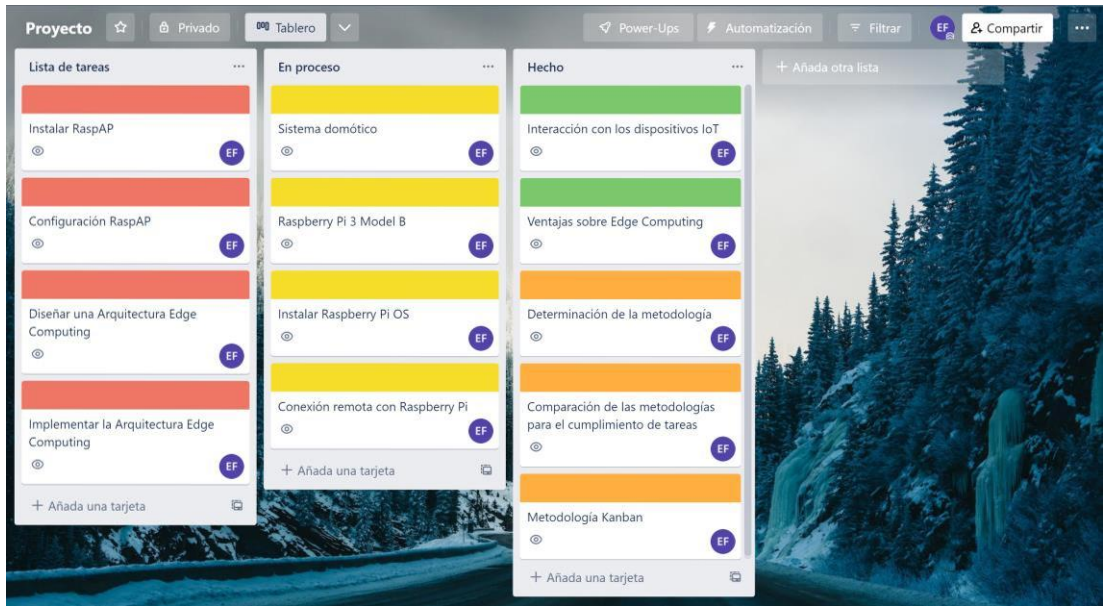


Figura 3.2 *Tabla Kanban actualizada.*

Elaborado por: El investigador

Realizadas las tareas más importantes la tabla Kanban cambio y se observa en la figura 3.2 que posee actividades que están “En proceso” y otras “Hecho” así se cumplió el objetivo de la metodología que es llevar una lista de tareas actualizas a medida que se completan.

3.3.3 Fase 3: Gestionar el flujo

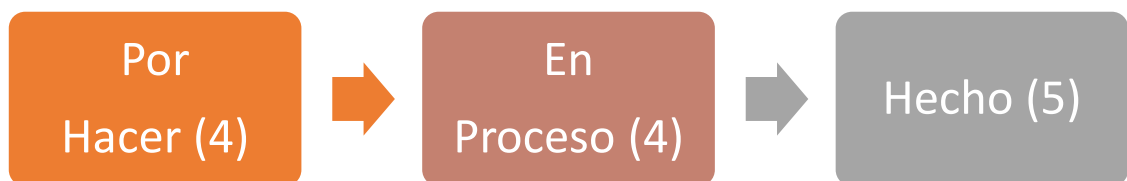


Figura 3.3 *Flujo de trabajo.*

Elaborado por: El investigador

El flujo de trabajo va cambiando conforme se vaya realización las actividades como se muestra en la figura 3.3.

3.3.4 Fase 4: Hacer explícitas las políticas de los procesos

Las tareas de la lista deben estar bien definidas y asignadas para que sean cumplidas de acuerdo con la prioridad establecida:

3.3.4.1 Sistema domótico

En el sistema domótico de la figura 3.4 se observa varios dispositivos conectados en una misma red, lo cual puede causar interferencias o latencias demasiado altas al momento de procesar la información de los dispositivos IoT, por ello en el presente proyecto se implementará una Arquitectura Edge computing que mejore la velocidad de procesamiento de estos dispositivos.

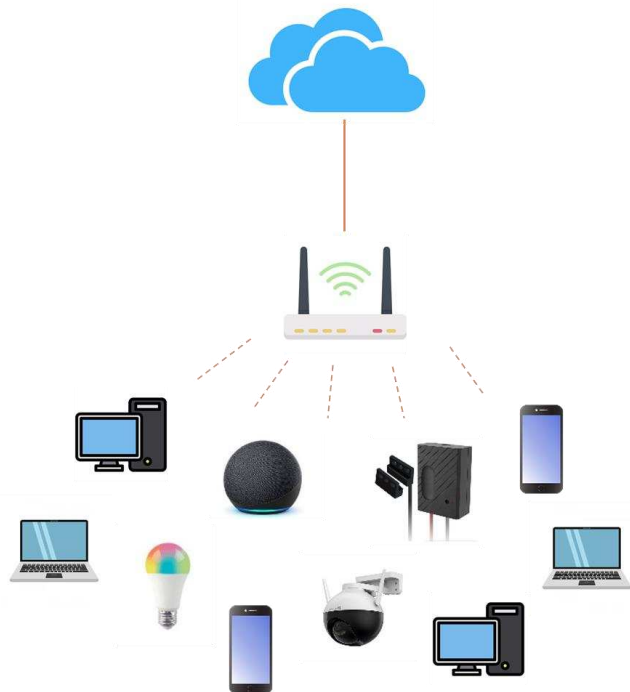


Figura 3.4 Ejemplo de sistema domótico.

Elaborado por: El investigador



Figura 3.5 *Wifi Smart Switch*[31].

En la figura 3.5 se muestra un Wifi Smart Switch el cual se encarga de controlar la activación de los focos del sistema domótico.

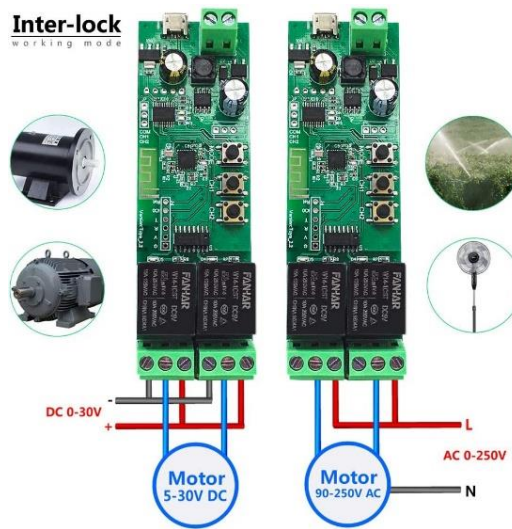


Figura 3.6 *Wifi Smart 2CH Relay*[32].

En la figura 3.6 se muestra un Wifi Smart 2CH Relay el cual se encarga de controlar la activación de un garaje de nuestro sistema domótico.

Tabla 3.4 *Dispositivos IoT a utilizar.*

Dispositivos IoT	Frecuencia	Wifi
Wifi Smart Switch - Foco 1	2.4 GHz	Si

Wifi Smart Switch - Foco 2	2.4 GHz	Si
Wifi Smart 2CH Relay - Garaje	2.4 GHz	Si

Elaborado por: El investigador

En la tabla 3.3 se observa los dispositivos IoT que se utilizaron para testear la velocidad de respuesta que tienen en el sistema domótico de la figura 3.4.

El tiempo de respuesta de la activación del foco 1 en el sistema domótico fue de 2,79 segundos como se puede observar en la figura 3.7.



Figura 3.7 *Tiempo activar foco 1.*

Elaborado por: El investigador

El tiempo de respuesta de la activación del foco 2 en el sistema domótico fue de 2,89 segundos como se puede observar en la figura 3.8.



Figura 3.8 Tiempo activar foco 2.

Elaborado por: El investigador

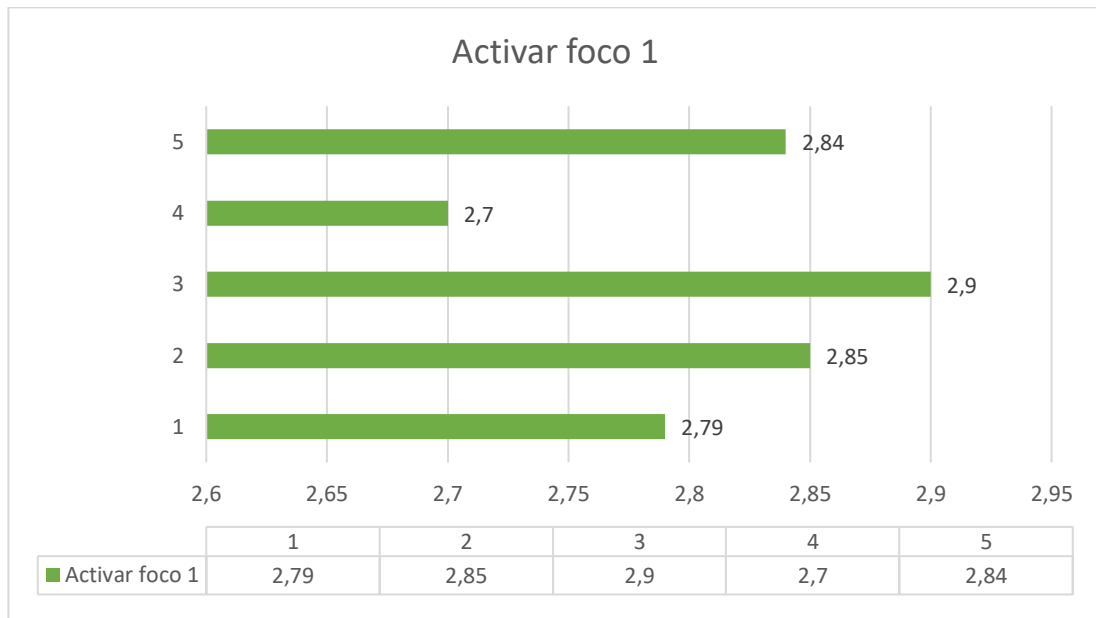
El tiempo de respuesta de la activación del garaje en el sistema domótico fue de 3,11 segundos como se puede observar en la figura 3.9.



Figura 3.9 Tiempo activar garaje.

Elaborado por: El investigador

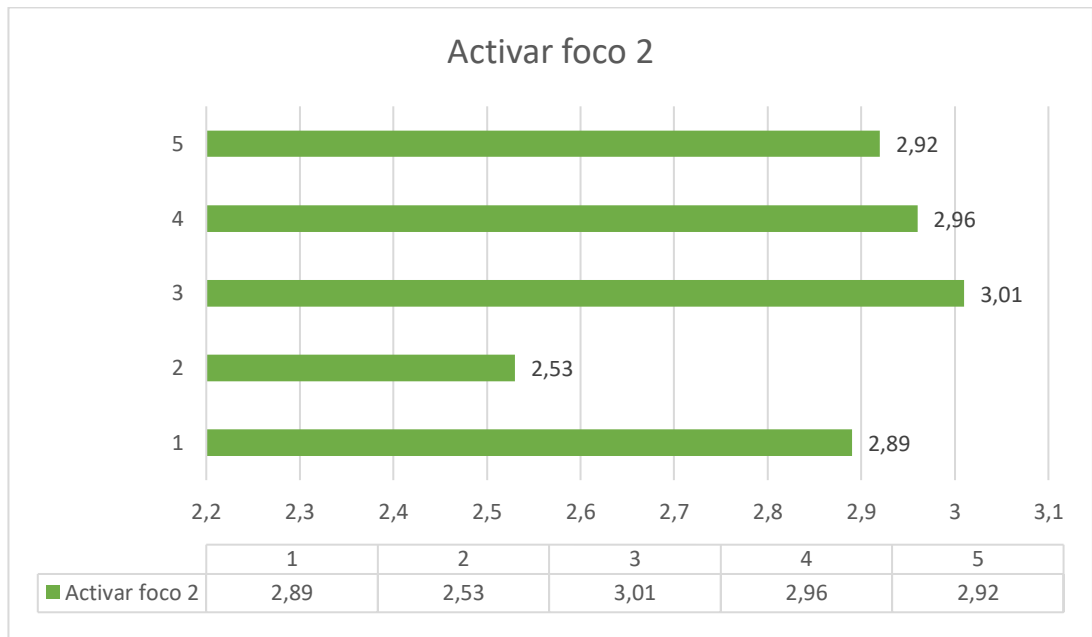
Este proceso se realizó 5 veces arrojando distintos tiempos de respuesta para obtener un promedio estimado del testeo del sistema domótico, lo cual se refleja en los anexos 3.1, 3.2, 3.3.



Anexo 3.1 Gráfico de testeo Activar foco 1.

Elaborado por: El investigador

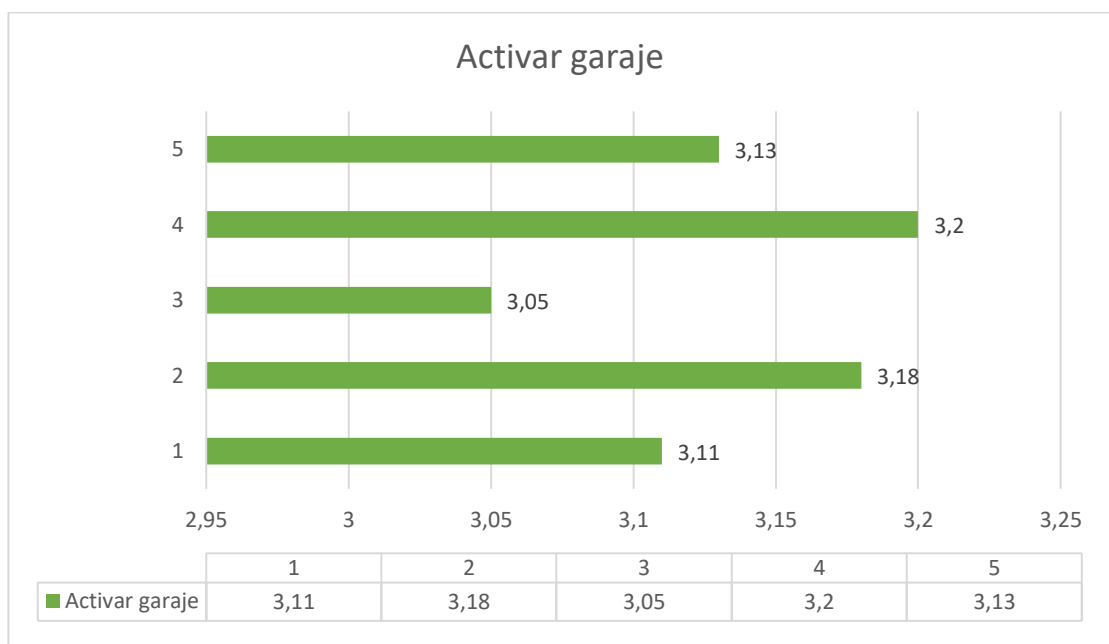
Con base al anexo 3.1 se realizó un promedio del testeo de activación correspondiente al foco 1 el cual tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente de 2,816 segundos.



Anexo 3.2 Gráfico de testeo Activar foco 2.

Elaborado por: El investigador

Con base al anexo 3.2 se realizó un promedio del testeo de activación correspondiente al foco 2 el cual tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente de 2,862 segundos.



Anexo 3.3 Gráfico de testeo Activar garaje.

Elaborado por: El investigador

Con base al anexo 3.3 se realizó un promedio del testeo de activación correspondiente al garaje el cual tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente de 3,134 segundos.

Tabla 3.5 Promedio de tiempo de repuesta en el Sistema domótico.

Testeo en el Sistema domótico	
	Tiempo de respuesta
Activar foco 1	2 segundos 82 milisegundos
Activar foco 2	2 segundos 86 milisegundos
Activar garaje	3 segundos 13 milisegundos

Elaborado por: El investigador

Con base a la tabla 3.4 se puede deducir que el promedio de cada tiempo de respuesta en los dispositivos IoT es aceptable si se cuenta con un Sistema domótico convencional.

3.3.4.2 Raspberry Pi 3 (Model B)

Raspberry Pi 3 Model B es el primer modelo de Raspberry Pi de tercera generación. Reemplazó a Raspberry Pi 2 Model B en febrero de 2016[33]. Es un computador que posee una placa única, creada con el objetivo de que todas las personas tengan en sus manos su primer computador de bajo costo, ya que cuenta con conectividad inalámbrica y Bluetooth.

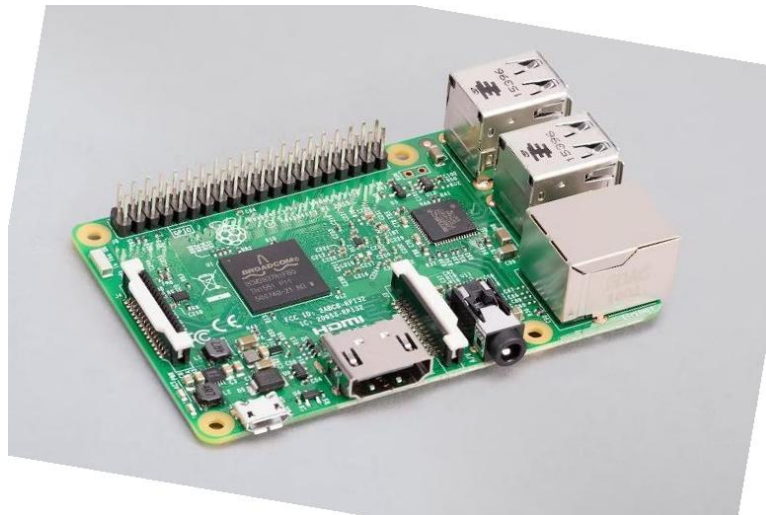


Figura 3.10 Raspberry Pi 3 (Model B)[33].

En una placa Raspberry Pi 3 se encuentran integradas las siguientes especificaciones[33]:

- Procesador de 64 bits Broadcom BCM2837 de cuatro núcleos a 1,2 GHz
- 1 GB de memoria RAM
- LAN inalámbrica BCM43438 y Bluetooth Low Energy (BLE)
- Ethernet base 100
- GPIO extendido de 40 pines
- 4 puertos USB 2
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- HDMI de tamaño completo
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi
- Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Fuente de alimentación Micro USB conmutada actualizada hasta 2.5A

3.3.4.3 Instalación de Raspberry Pi Os

Se busco una imagen de Raspberry Pi Os que cumple con los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto. La Figura 3.11 muestra la versión de

Raspberry Pi Os seleccionada para la instalación de las herramientas, contiene una imagen de Raspberry Pi Os en su versión de escritorio.

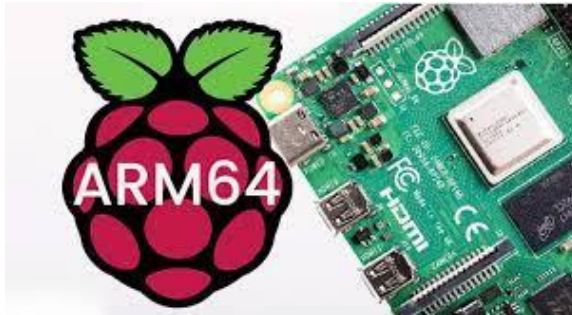


Figura 3.11 *Versión de Raspberry Pi OS (64-bit)[34].*

Una vez escogida la imagen se procedió a realizar la instalación en una memoria Micro SD (32GB), utilizando el software Raspberry Pi Imager propio de Raspberry Pi, el proceso completo de instalación se muestra en las figuras 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19.



Figura 3.12 *Software Raspberry PI Imager.*

Elaborado por: El investigador

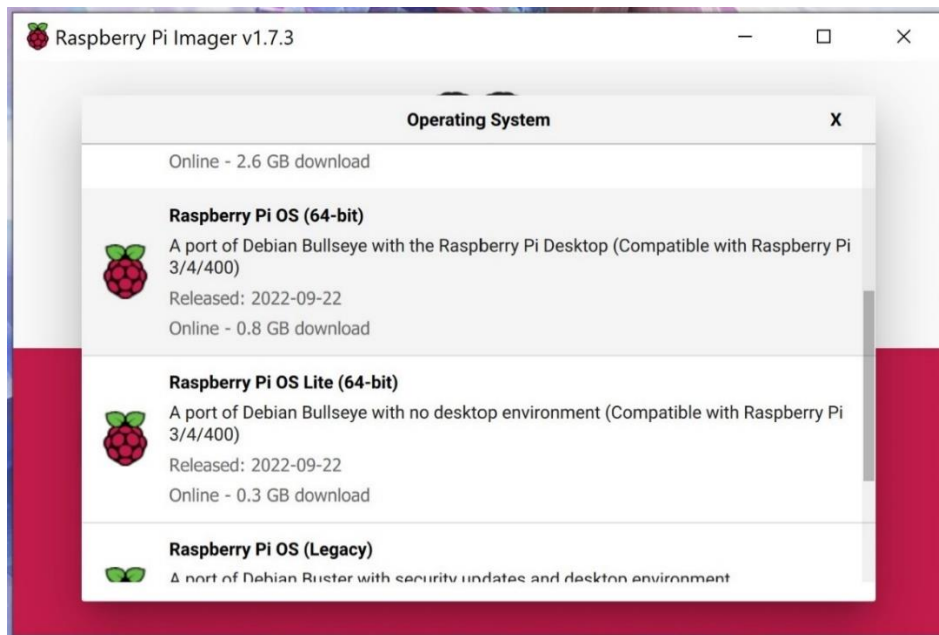


Figura 3.13 Sistema operativo Raspberry Pi OS (64-bit).

Elaborado por: El investigador

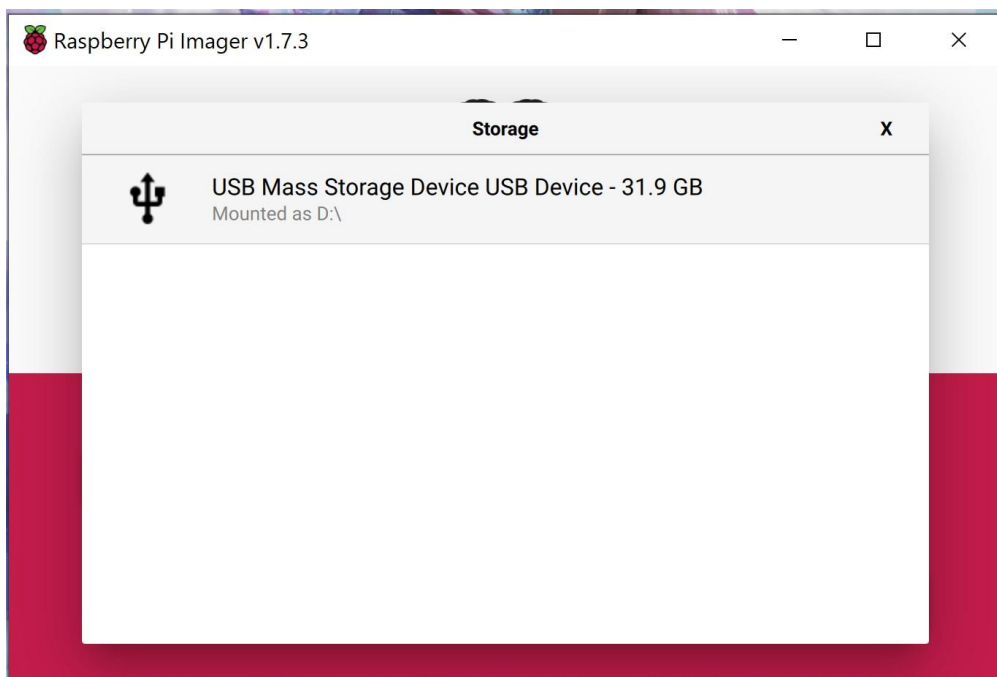


Figura 3.14 Micro SD donde se realizó la instalación.

Elaborado por: El investigador

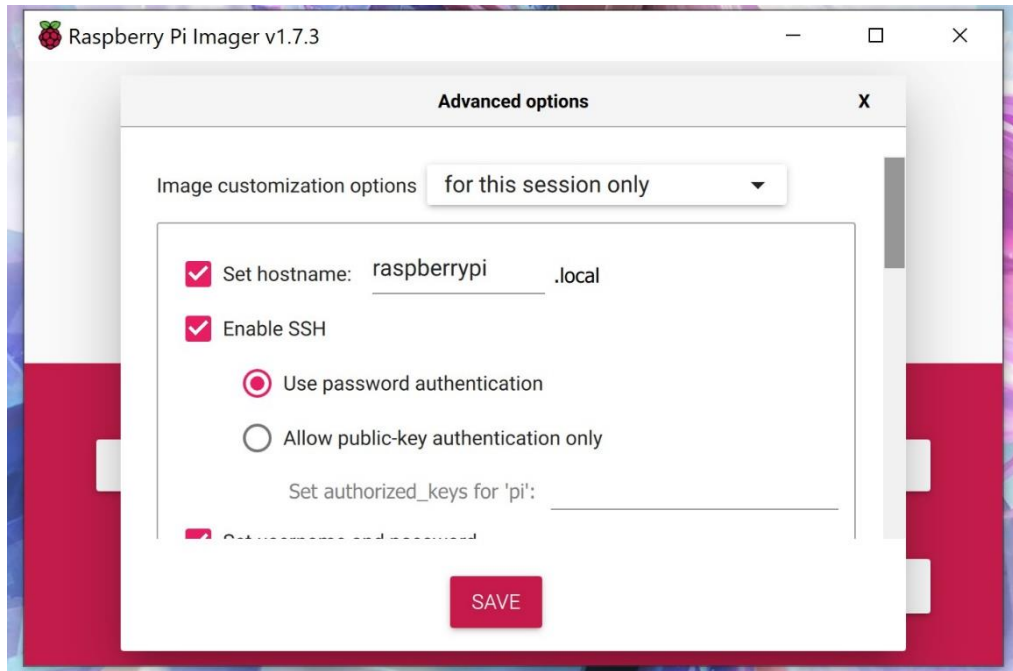


Figura 3.15 Configuración para acceder por SSH.

Elaborado por: El investigador

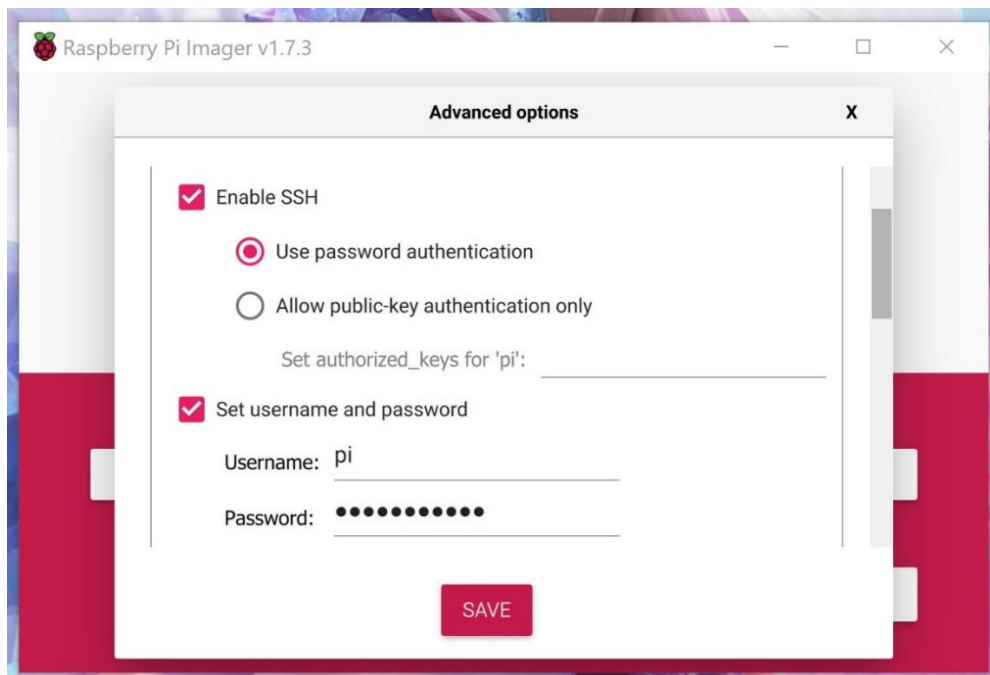


Figura 3.16 Configuración del usuario.

Elaborado por: El investigador

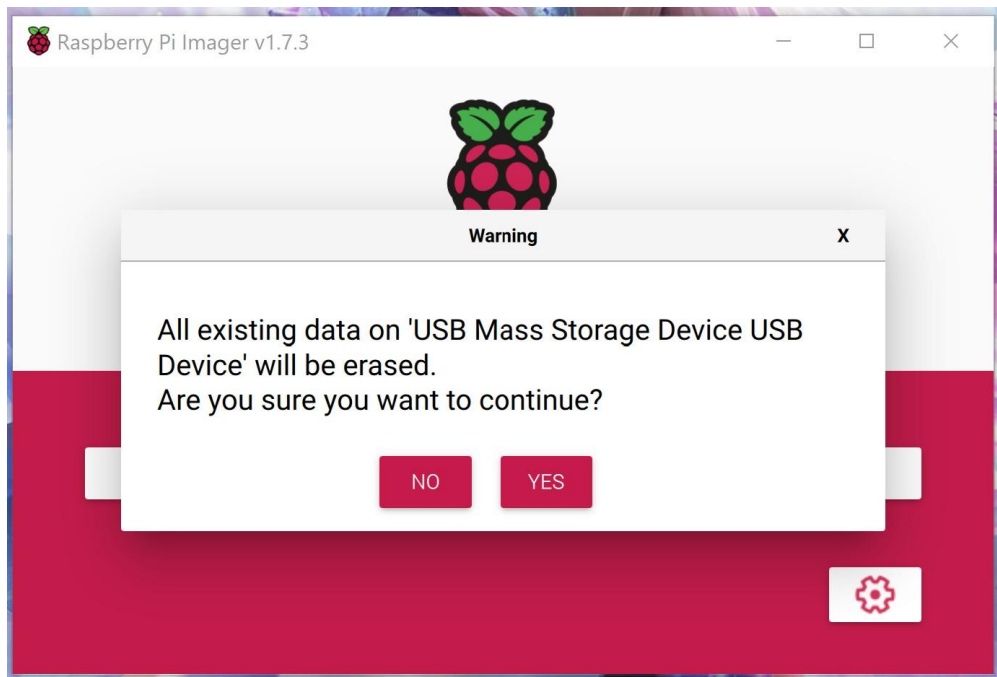


Figura 3.17 *Formateo de la Micro SD.*

Elaborado por: El investigador



Figura 3.18 *Instalación del sistema operativo en la Micro SD.*

Elaborado por: El investigador

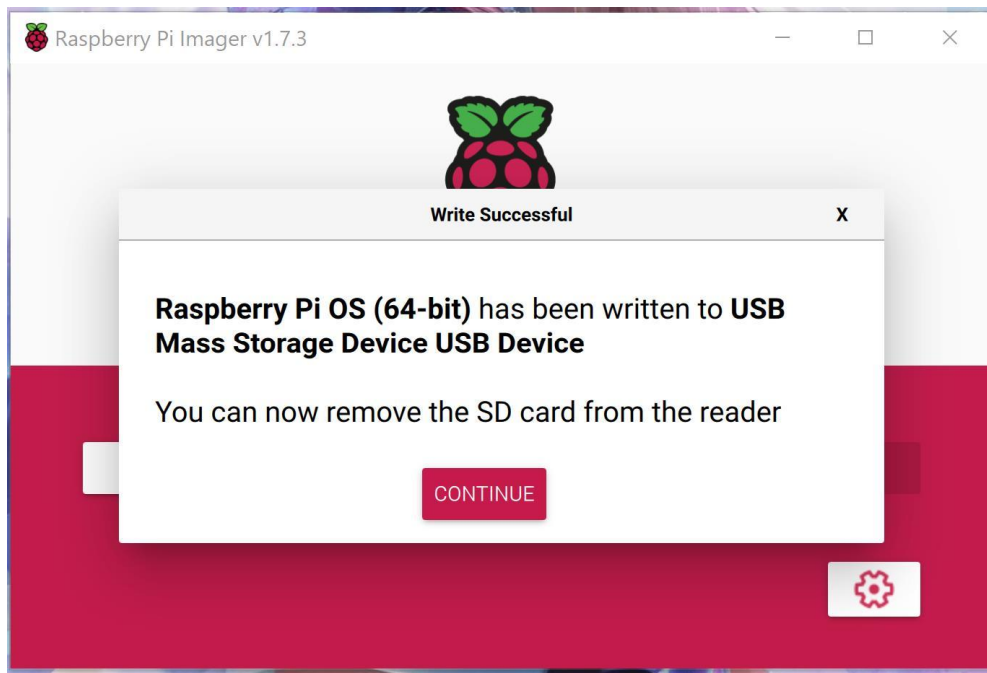


Figura 3.19 Sistema Operativo Instalado.

Elaborado por: El investigador

Luego de la instalación se debe volver a conectar la memoria Micro SD y crear un archivo en blanco con el nombre ssh sin extensión en la partición del boot, para acceder al Raspberry Pi de forma remota, como lo indica la Figura 3.20.

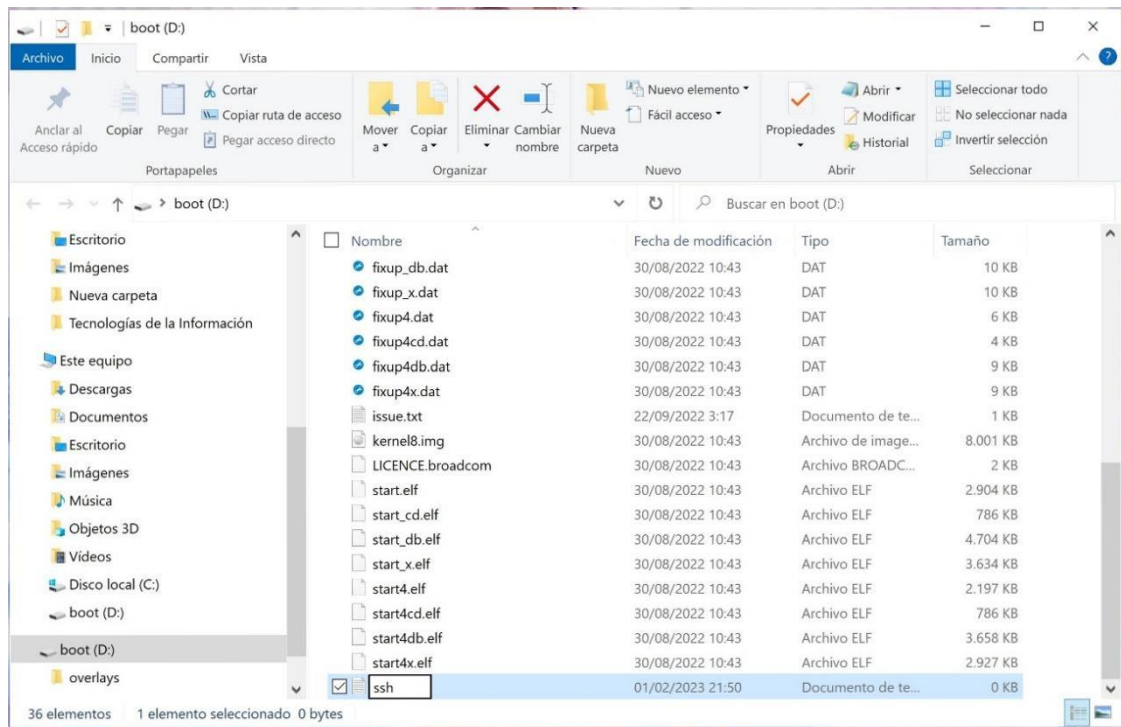


Figura 3.20 Creación archivo ssh sin extensión.

Elaborado por: El investigador

3.3.4.4 Conexión remota con Raspberry Pi

Para acceder al Raspberry Pi una vez instalada la imagen del sistema operativo escogido, se conectó remotamente a este con la ayuda de los siguientes programas:

- **Advance IP Scanner**

El cual se utilizó para conocer la IP que fue asignada al Raspberry Pi, como se puede observar en la figura 3.21.

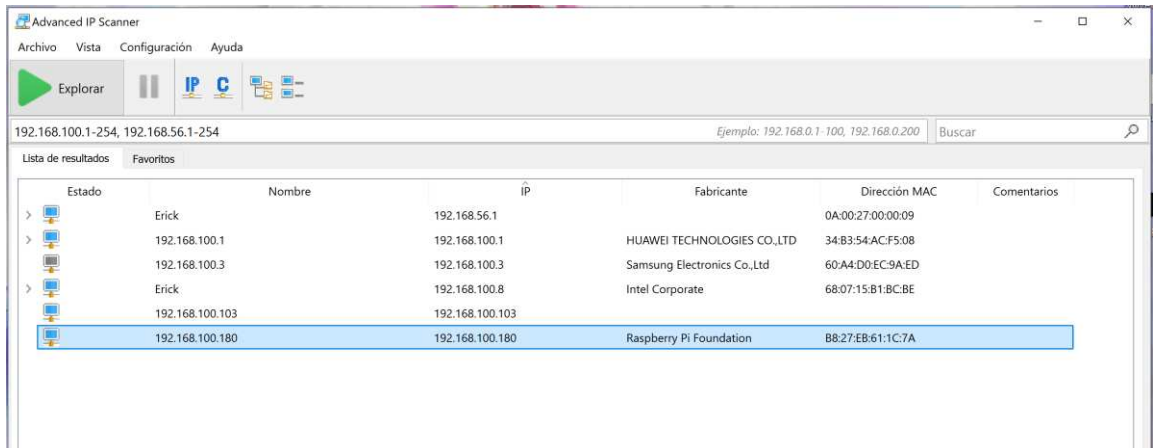


Figura 3.21 Comprobación IP del Raspberry Pi.

Elaborado por: El investigador

- **PuTTY**

Una vez conocida la IP asignada al Raspberry Pi, se conectó mediante SSH por el puerto 22 con el usuario y contraseña como se puede observar en las figuras 3.22, 3.23, 3.24.

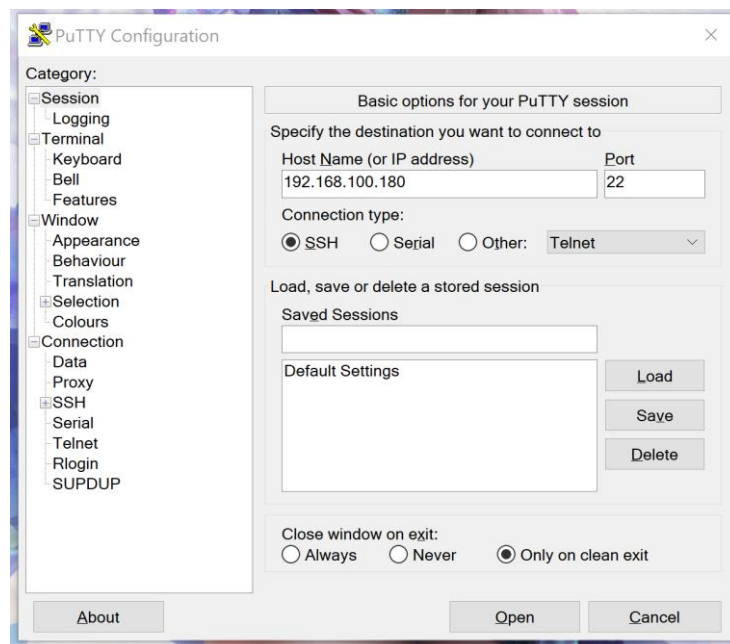


Figura 3.22 Conexión remota con el Raspberry Pi.

Elaborado por: El investigador

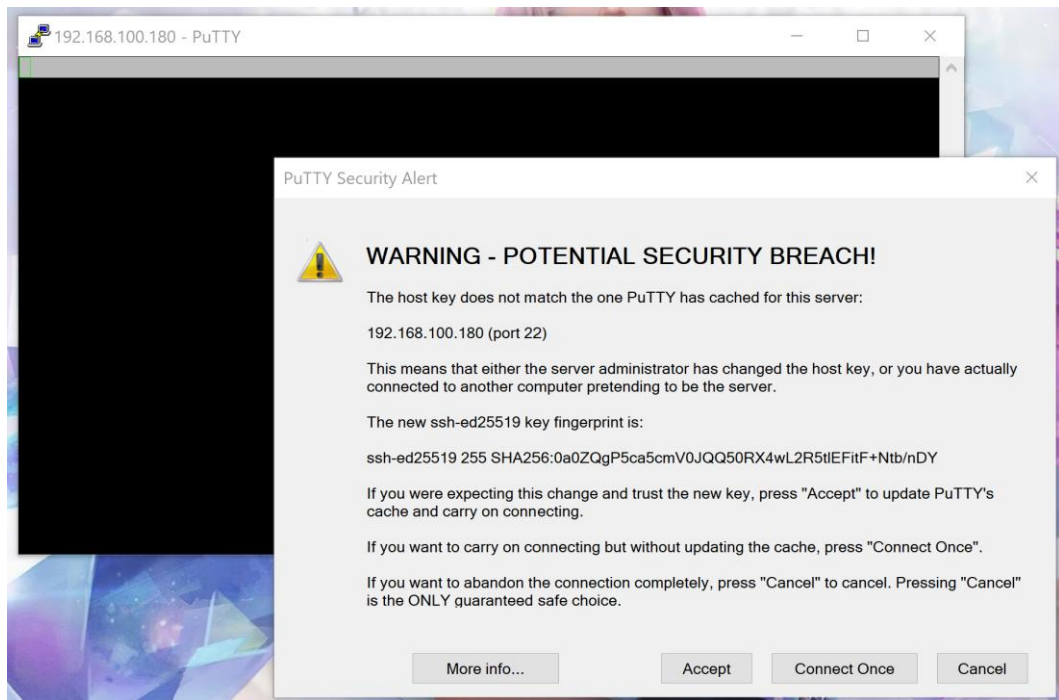


Figura 3.23 Acceso al Raspberry Pi por el puerto 22.

Elaborado por: El investigador

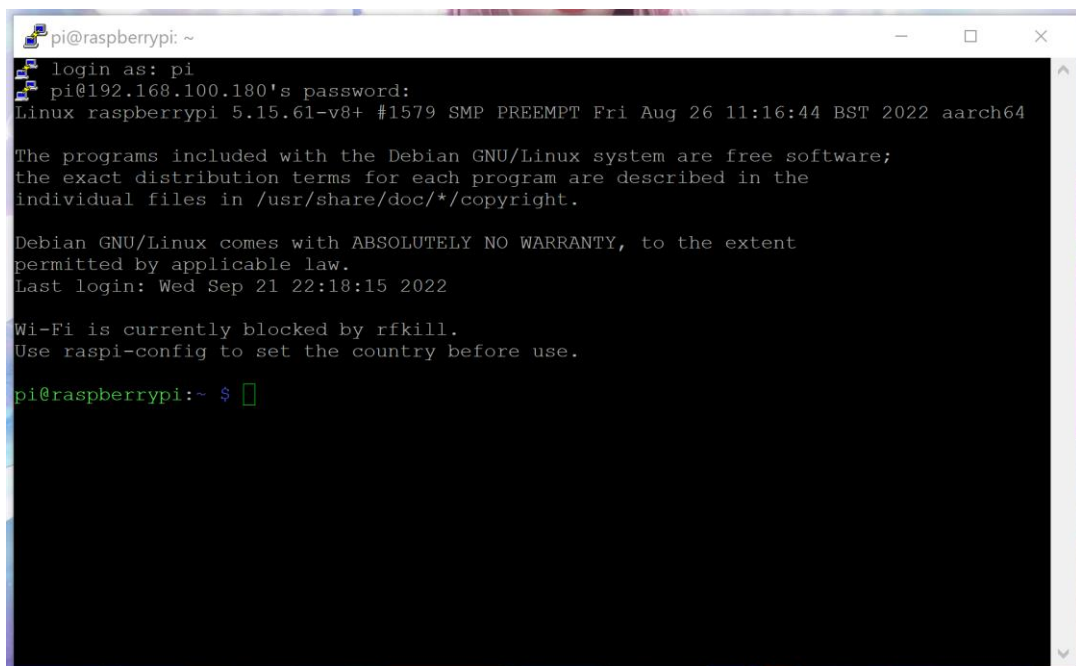


Figura 3.24 Inicio de sesión con el usuario y contraseña.

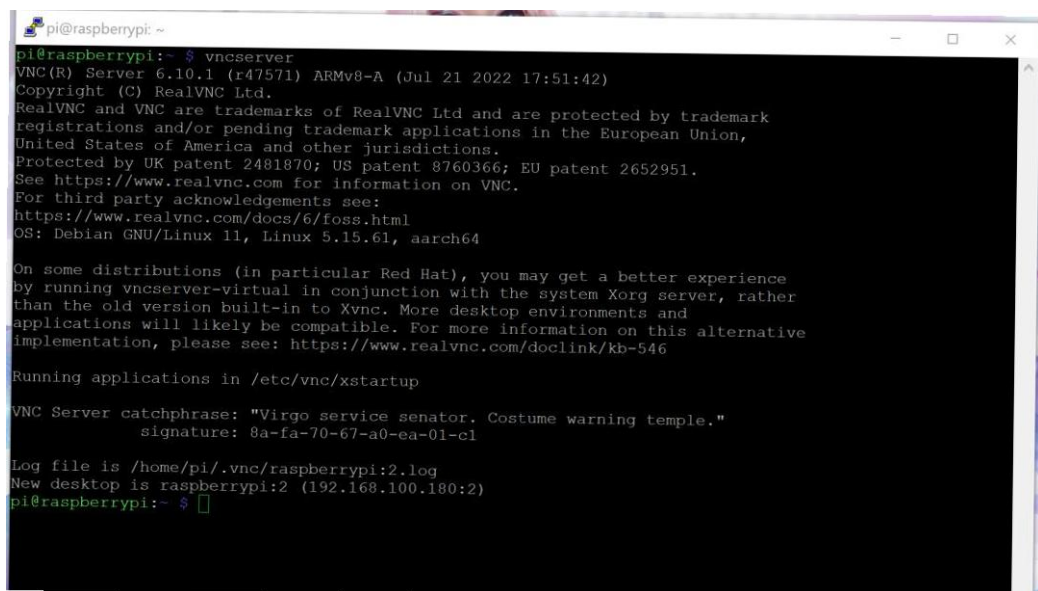
Elaborado por: El investigador

- **VNC Viewer**

Para conectarse por VNC se necesita la configuración del servidor en el Raspberry Pi, por lo cual se ejecutó el comando:

```
vncserver
```

Como se muestra en la figura 3.25 el sistema operativo arroja la dirección IP (192.168.100.180:2) con la cual se conectó al servidor VNC.



```
pi@raspberrypi:~$ vncserver
VNC(R) Server 6.10.1 (r47571) ARMv8-A (Jul 21 2022 17:51:42)
Copyright (C) RealVNC Ltd.
RealVNC and VNC are trademarks of RealVNC Ltd and are protected by trademark
registrations and/or pending trademark applications in the European Union,
United States of America and other jurisdictions.
Protected by UK patent 2481870; US patent 8760366; EU patent 2652951.
See https://www.realvnc.com for information on VNC.
For third party acknowledgements see:
https://www.realvnc.com/docs/6/foss.html
OS: Debian GNU/Linux 11, Linux 5.15.61, aarch64

On some distributions (in particular Red Hat), you may get a better experience
by running vncserver-virtual in conjunction with the system Xorg server, rather
than the old version built-in to Xvnc. More desktop environments and
applications will likely be compatible. For more information on this alternative
implementation, please see: https://www.realvnc.com/doclink/kb-546

Running applications in /etc/vnc/xstartup

VNC Server catchphrase: "Virgo service senator. Costume warning temple."
signature: 8a-fa-70-67-a0-ea-01-c1

Log file is /home/pi/.vnc/raspberrypi:2.log
New desktop is raspberrypi:2 (192.168.100.180:2)
pi@raspberrypi:~$
```

Figura 3.25 Información del Servidor VNC.

Elaborado por: El investigador

Luego de obtener la información del vncserver se creó una nueva conexión en VNC Viewer para conectarse remotamente al Raspberry Pi como se muestra en las figuras 3.26, 3.27, 3.28, 3.29.

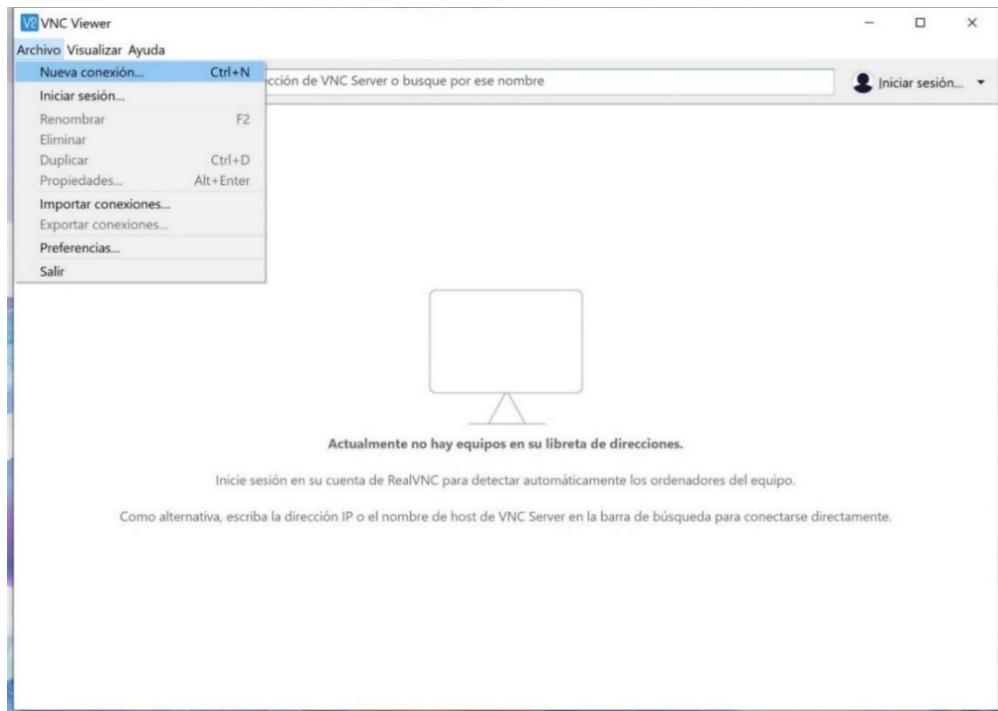


Figura 3.26 Creación de la conexión.

Elaborado por: El investigador

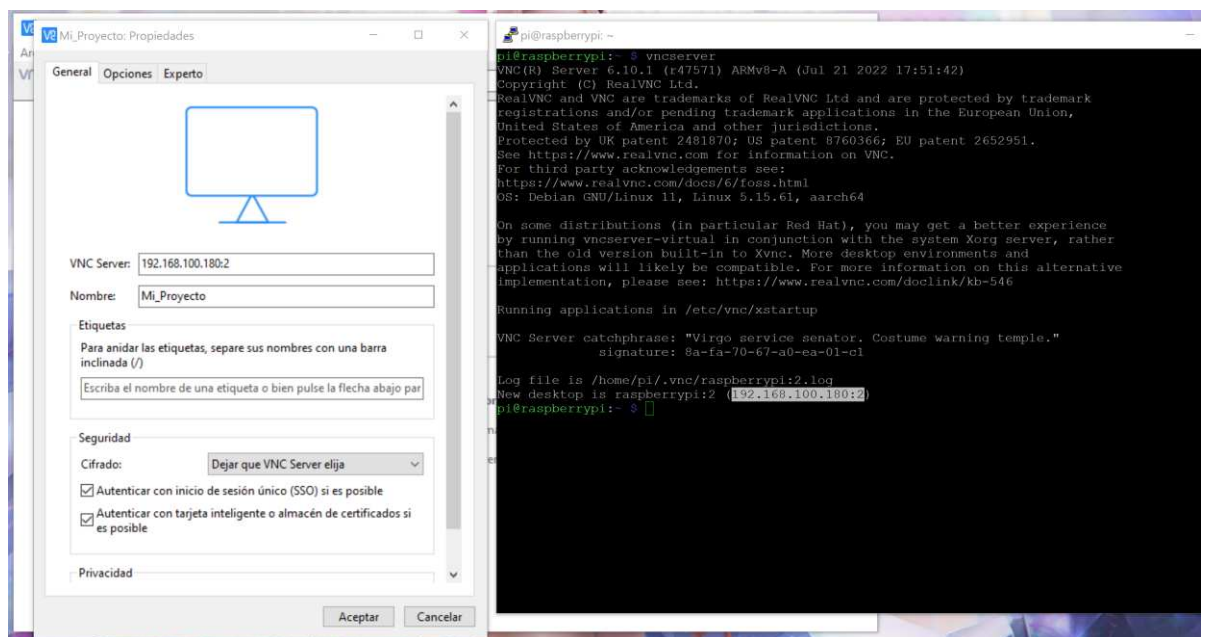


Figura 3.27 Conexión al servidor VNC.

Elaborado por: El investigador

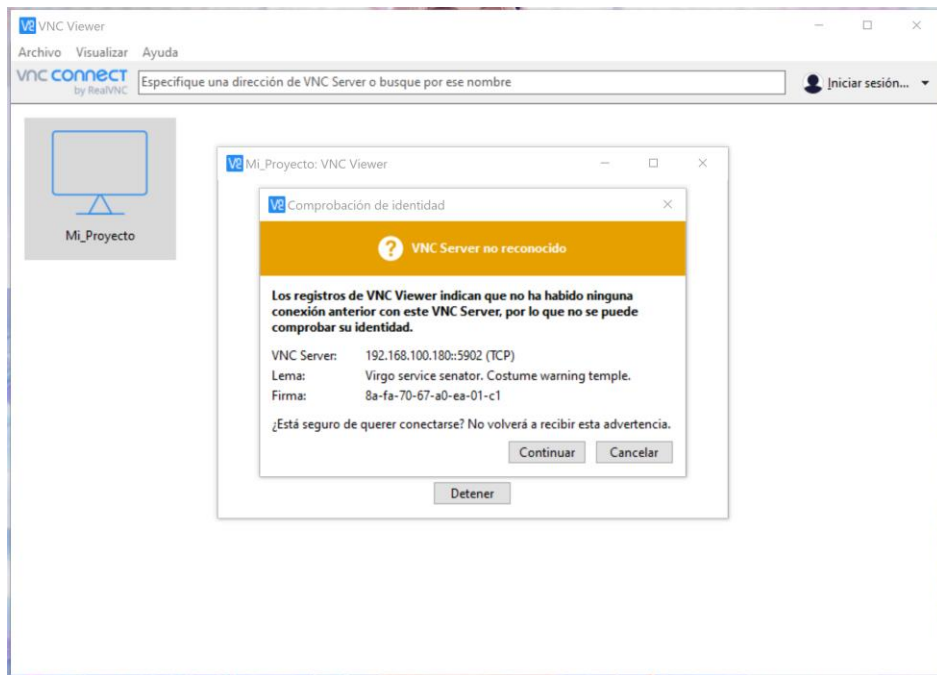


Figura 3.28 *Conexión remota por el puerto 5901.*

Elaborado por: El investigador

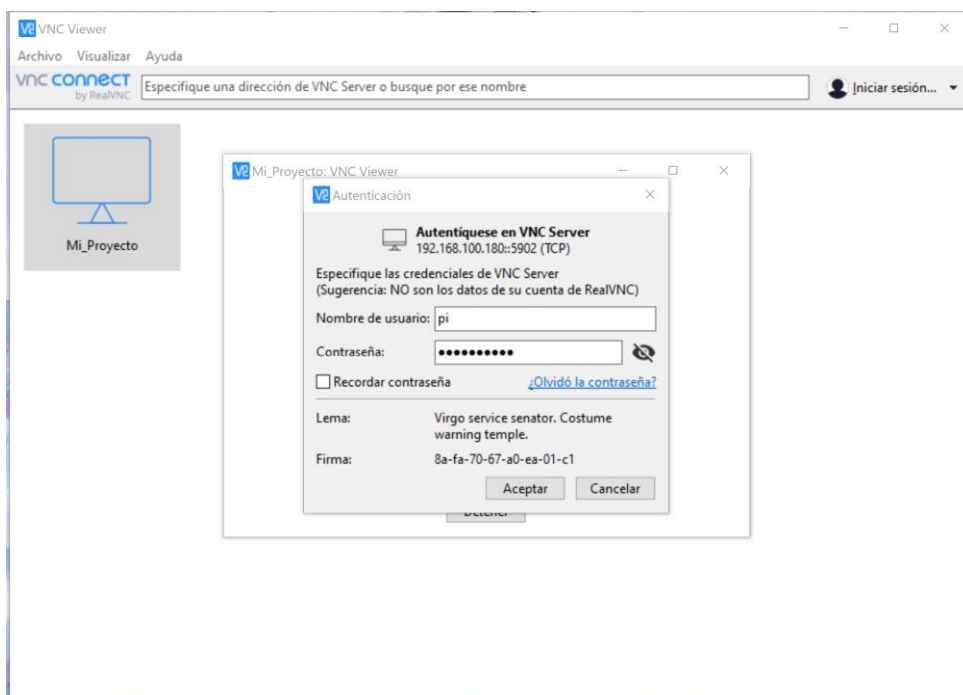


Figura 3.29 *Acceso con el usuario y contraseña del Raspberry Pi.*

Elaborado por: El investigador

Finalmente se tuvo acceso al escritorio remoto del Raspberry pi como lo indica la figura 3.30.

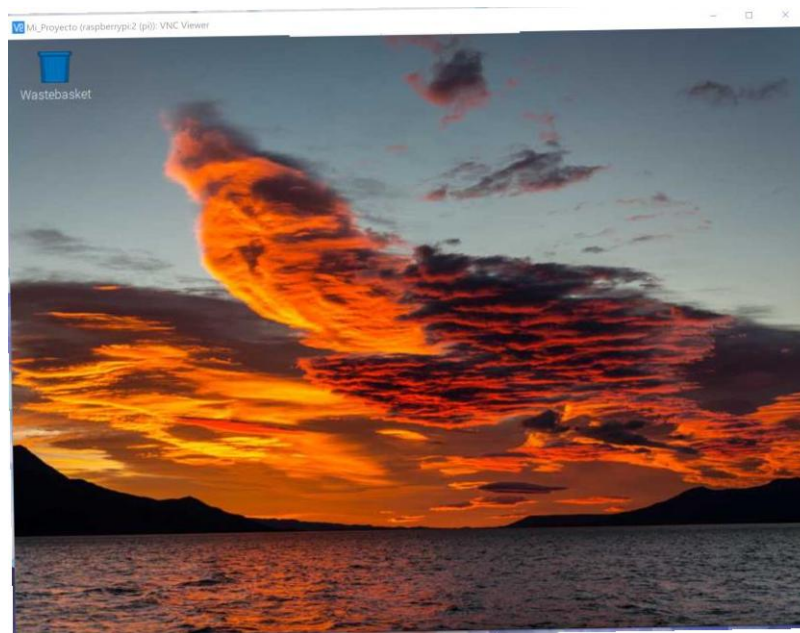


Figura 3.30 *Escritorio remoto de Raspberry Pi OS.*

Elaborado por: El investigador

3.3.4.5 Instalación de RaspAP

RaspAP tiene la configuración de enrutador inalámbrico más sencilla y con todas las funciones para dispositivos basados en Debian.

Tabla 3.6 *Distribuciones Linux basadas en Debian[35]*

Distribución	Versión	Arquitectura	Soporte
Raspberry Pi OS	(32-bit) Lite Bullseye	ARM	Oficial
Raspberry Pi OS	(64-bit) Lite Bullseye	ARM	Oficial

Raspberry Pi OS	(32-bit)	ARM	Oficial
Raspberry Pi OS	(64-bit)	ARM	Oficial
Armbian	Bullseye	ARM	Oficial
Debian	Bullseye	ARM / x86_64	Beta
Ubuntu	Server 22.04 LTS	ARM / x86_64	Beta

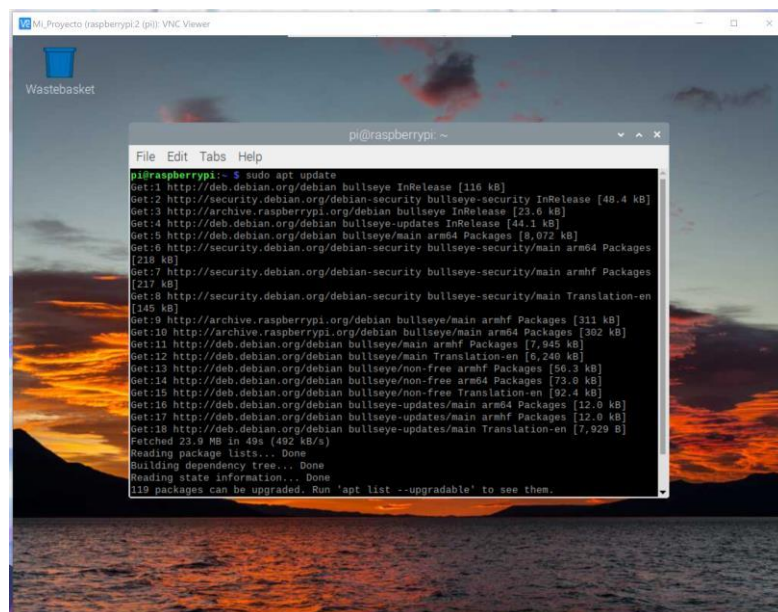
Elaborado por: El investigador

Para realizar la instalación de RaspAP hay que actualizar el Raspberry Pi por lo que se ejecutó los siguientes comandos:

sudo apt update

sudo apt full-upgrade

sudo reboot



```

pi@raspberrypi:~$ sudo apt update
get:1 http://deb.debian.org/debian bullseye InRelease [118 kB]
get:2 http://security.debian.org/debian-security bullseye-security InRelease [48.4 kB]
get:3 http://archive.raspberrypi.org/debian bullseye InRelease [23.6 kB]
get:4 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates InRelease [44.1 kB]
get:5 http://deb.debian.org/debian bullseye/main arm64 Packages [8,072 kB]
get:6 http://security.debian.org/debian-security bullseye-security/main arm64 Packages [218 kB]
get:7 http://security.debian.org/debian-security bullseye-security/main armhf Packages [217 kB]
get:8 http://security.debian.org/debian-security bullseye-security/main Translation-en [145 kB]
get:9 http://archive.raspberrypi.org/debian bullseye/main armhf Packages [311 kB]
get:10 http://archive.raspberrypi.org/debian bullseye/main arm64 Packages [382 kB]
get:11 http://deb.debian.org/debian bullseye/main armhf Packages [7,945 kB]
get:12 http://deb.debian.org/debian bullseye/main Translation-en [6,240 kB]
get:13 http://deb.debian.org/debian bullseye/non-free armhf Packages [56.3 kB]
get:14 http://deb.debian.org/debian bullseye/non-free arm64 Packages [73.0 kB]
get:15 http://deb.debian.org/debian bullseye/non-free Translation-en [92.4 kB]
get:16 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates/main arm64 Packages [12.0 kB]
get:17 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates/main armhf Packages [12.0 kB]
get:18 http://deb.debian.org/debian bullseye-updates/main Translation-en [7,929 B]
Fetched 23.9 MB in 49s (492 kB/s)
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
119 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.

```

Figura 3.31 Actualización del sistema operativo.

Elaborado por: El investigador

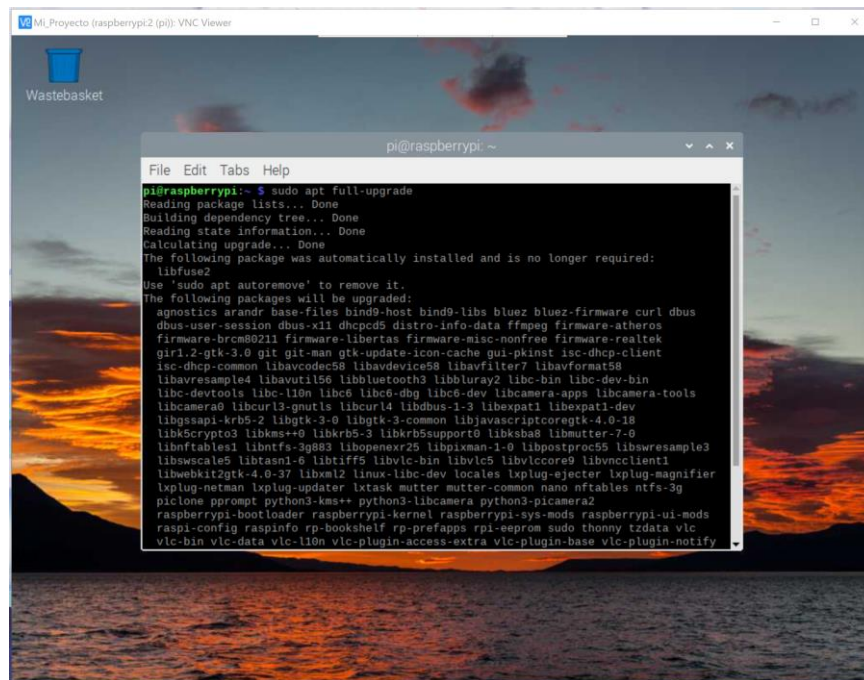


Figura 3.32 Aplicación de la actualización.

Elaborado por: El investigador

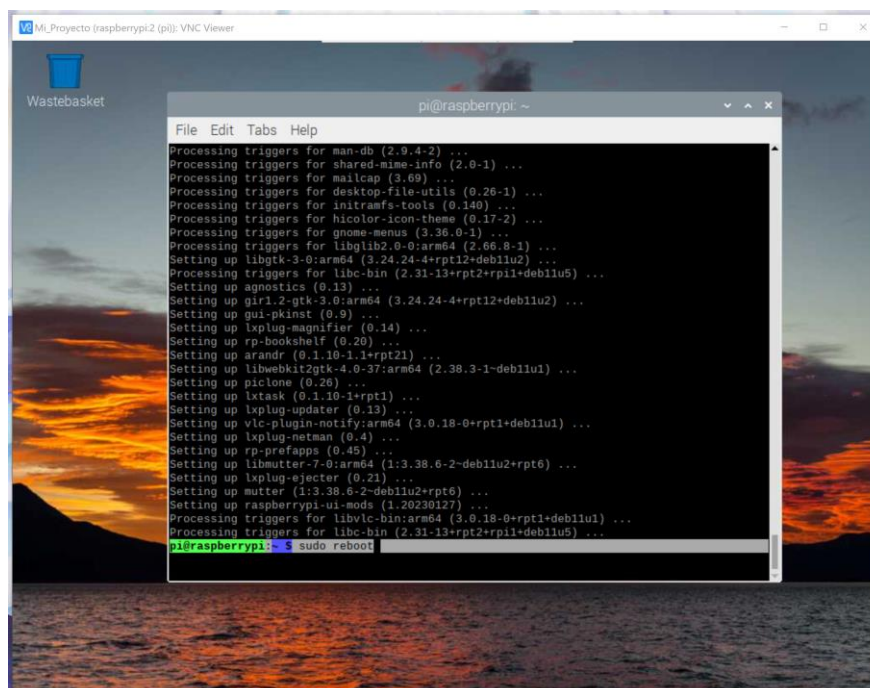


Figura 3.33 Reinicio del sistema operativo.

Elaborado por: El investigador

En las figuras 3.31, 3.32, 3.33 se observó el proceso de actualización del Raspberry Pi y luego de ello se procedió a reiniciarlo para que se apliquen todas las actualizaciones de manera correcta.

Luego se configuró la localización en donde se creó la red para el proyecto, para ello se entró a la configuración del Raspberry Pi con el comando:

sudo raspi-config

En las figuras 3.34, 3.35 se observa el proceso para acceder a la configuración del Raspberry Pi.

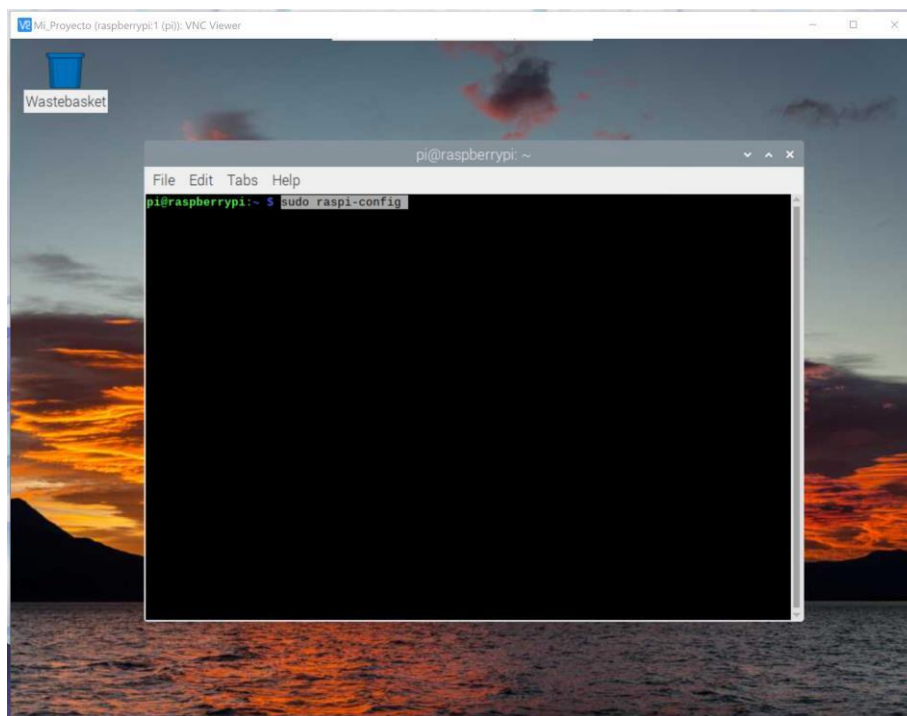


Figura 3.34 Comando para acceder a la configuración.

Elaborado por: El investigador

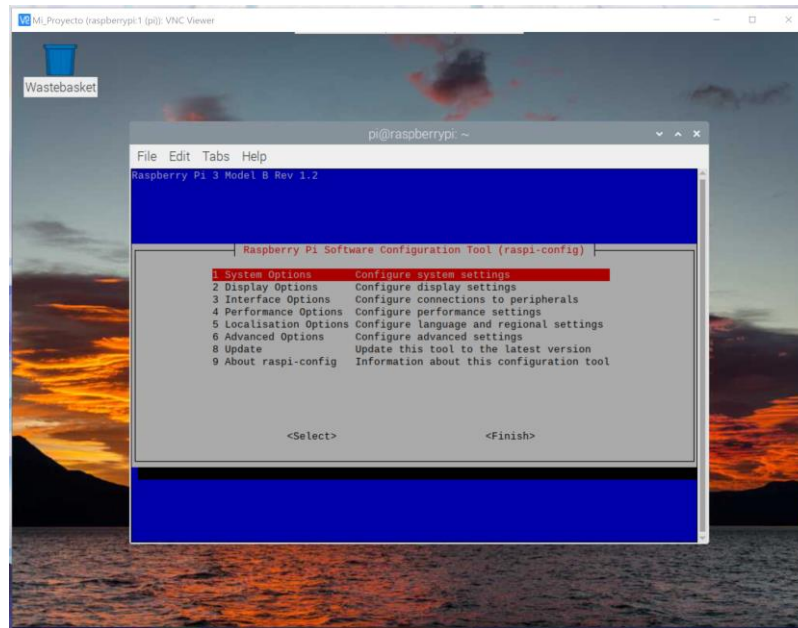


Figura 3.35 Acceso a los ajustes del sistema.

Elaborado por: El investigador

Se configuró el servicio wifi del Raspberry Pi en la primera opción de las opciones de configuración del sistema, como se indica en las figuras 3.36, 3.37, 3.38, 3.39, 3.40.

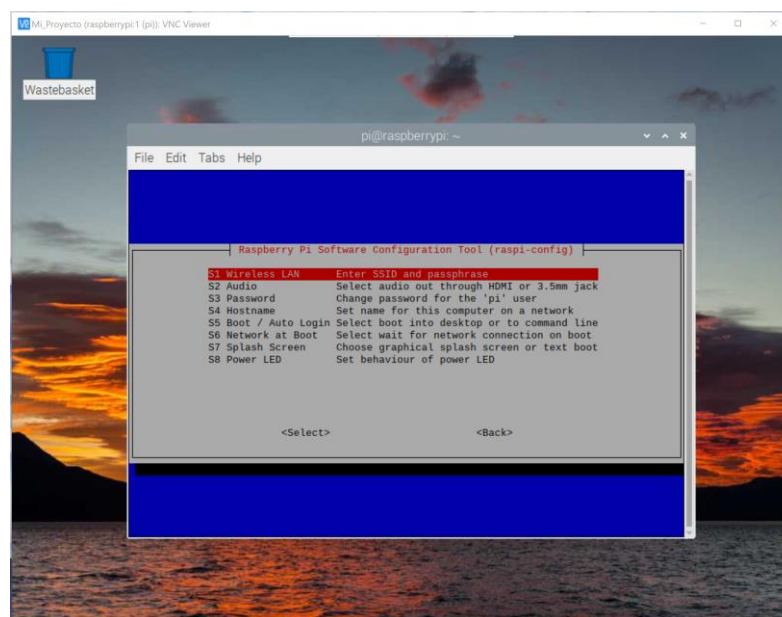


Figura 3.36 Configuración Wifi del Raspberry Pi.

Elaborado por: El investigador

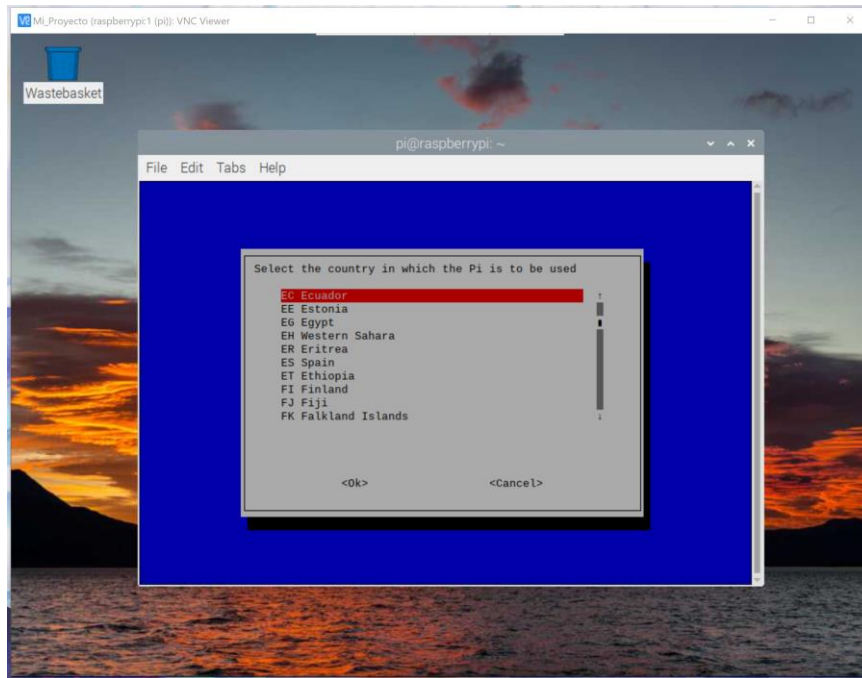


Figura 3.37 Configuración de la localización.

Elaborado por: El investigador

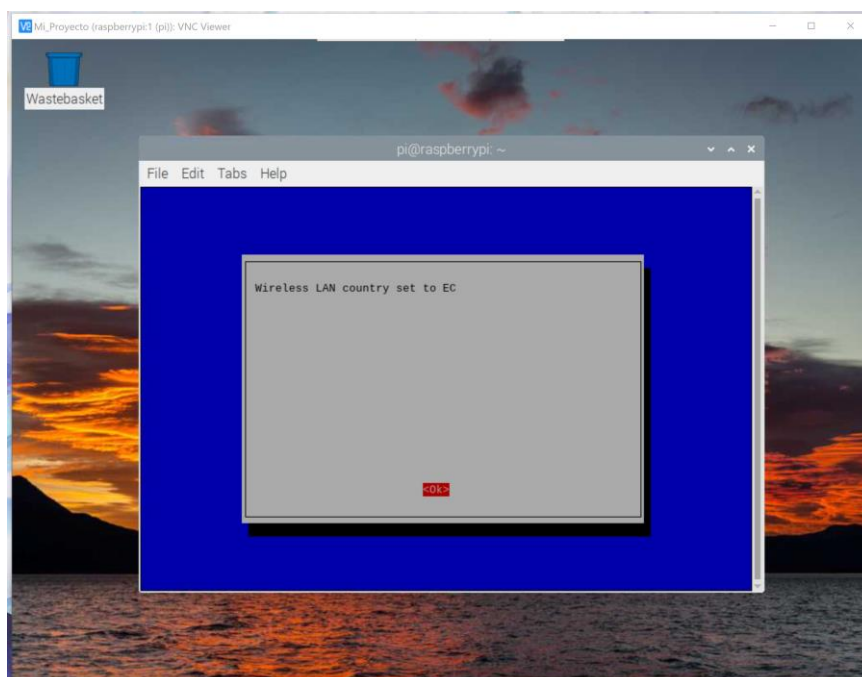


Figura 3.38 Establecer el país.

Elaborado por: El investigador

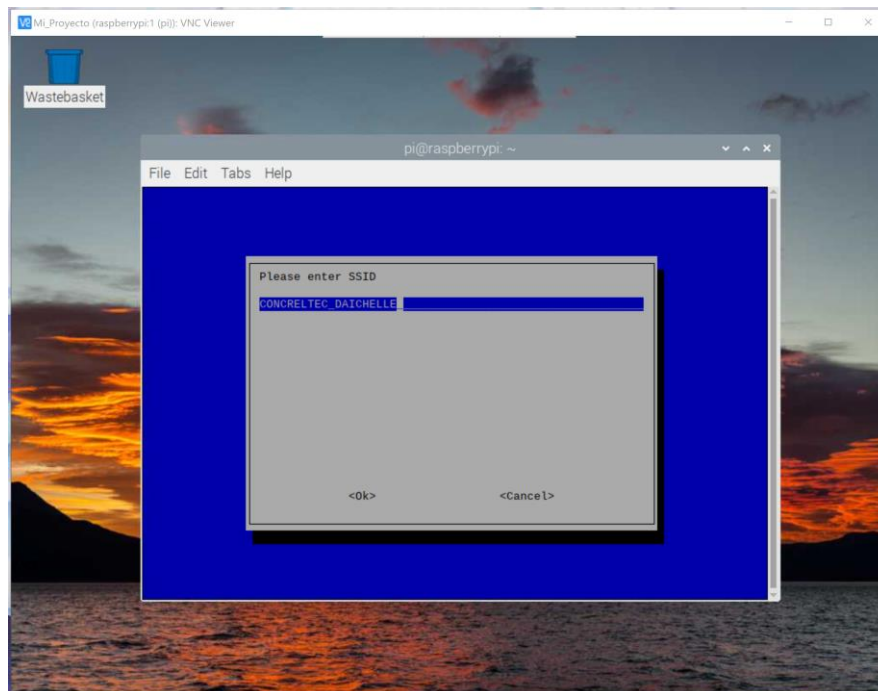


Figura 3.39 Configuración nombre de la red.

Elaborado por: El investigador

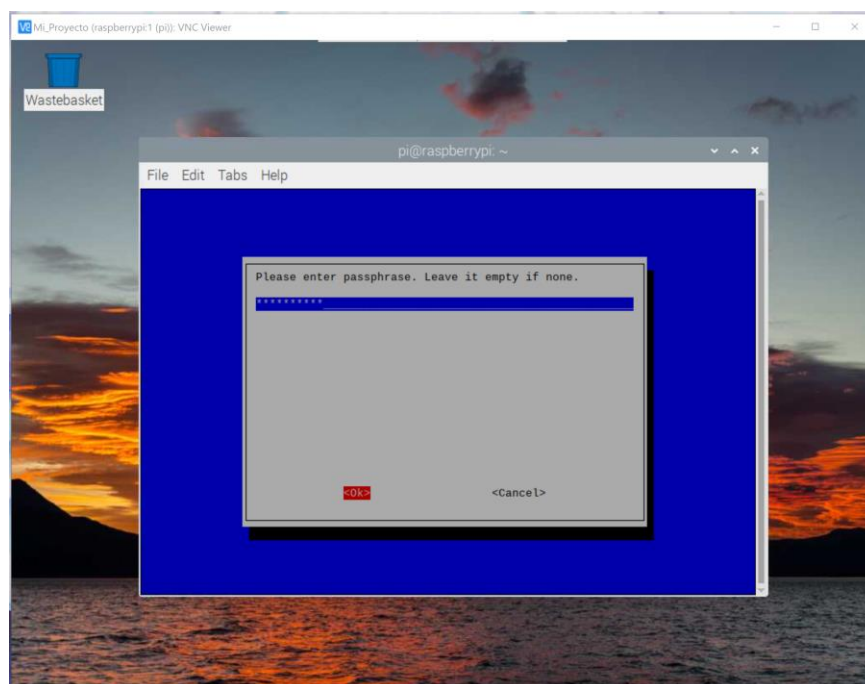


Figura 3.40 Configuración de la contraseña.

Elaborado por: El investigador

En la quinta opción se procedió a configurar la localización y la región del Raspberry Pi como se muestra en la figura 3.41.

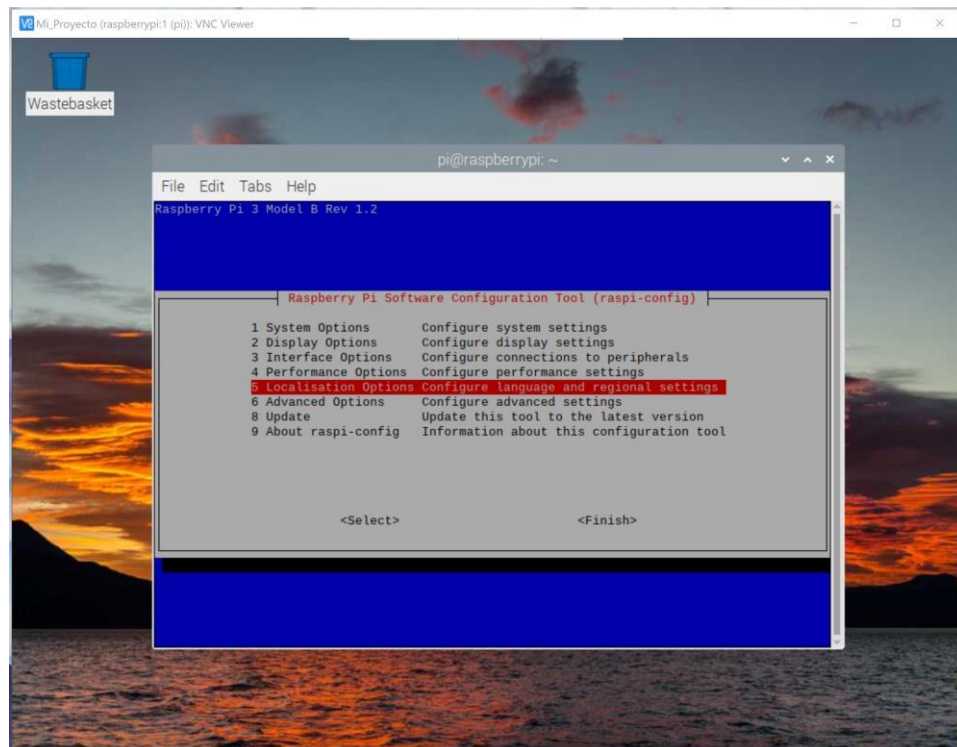


Figura 3.41 Configuración de la región.

Elaborado por: El investigador

En las figuras 3.42, 3.43, 3.44 se configuró la zona horaria en la que se realiza el proyecto y en la que se encuentra la red.

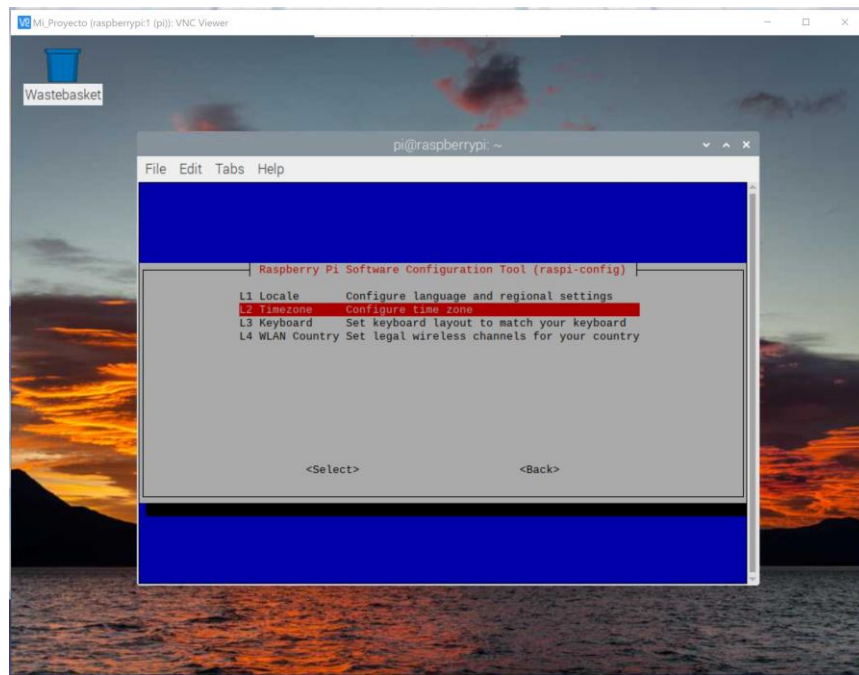


Figura 3.42 Configuración de la zona horaria.

Elaborado por: El investigador

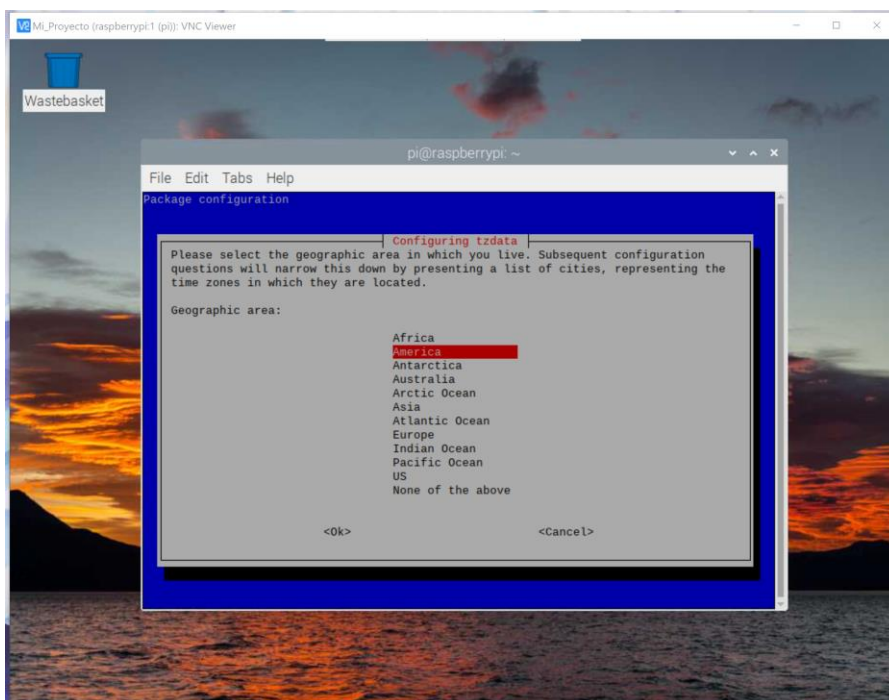


Figura 3.43 Área geográfica.

Elaborado por: El investigador

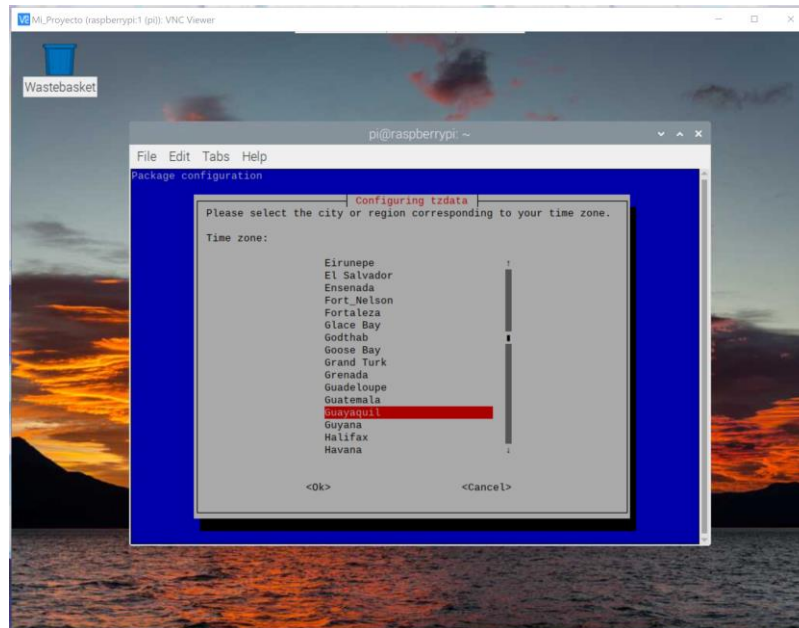


Figura 3.44 Establecer la zona horaria.

Elaborado por: El investigador

En las figuras 3.45, 3.46 se estableció el canal del país de origen por el cual será creada la red en el Raspberry Pi, y en la figura 3.47 se finaliza la configuración.

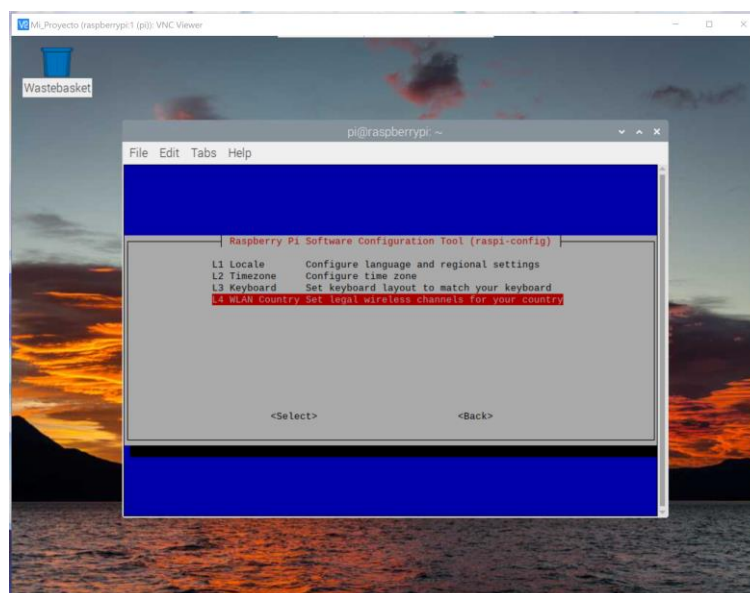


Figura 3.45 Configuración del canal de comunicación por el país.

Elaborado por: El investigador

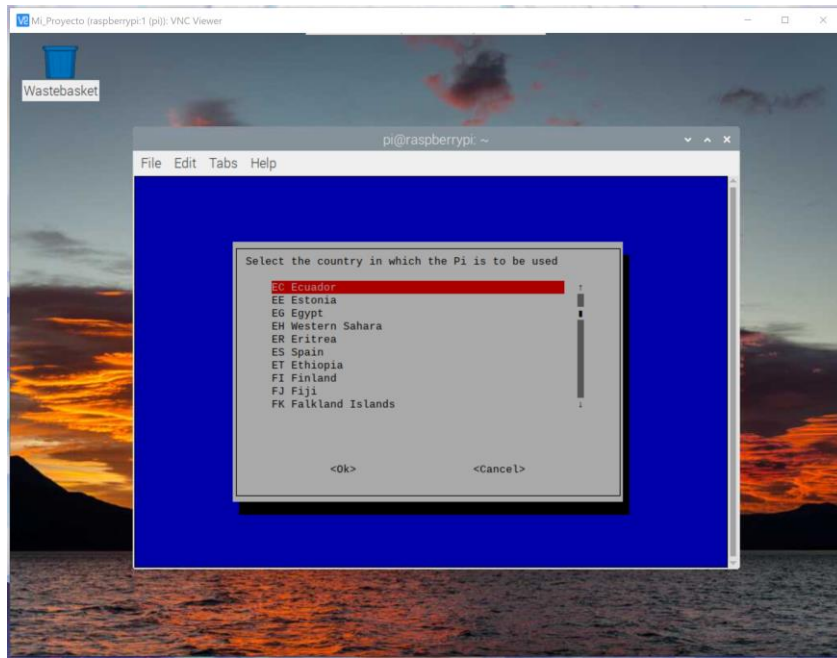


Figura 3.46 Establecer el país.

Elaborado por: El investigador

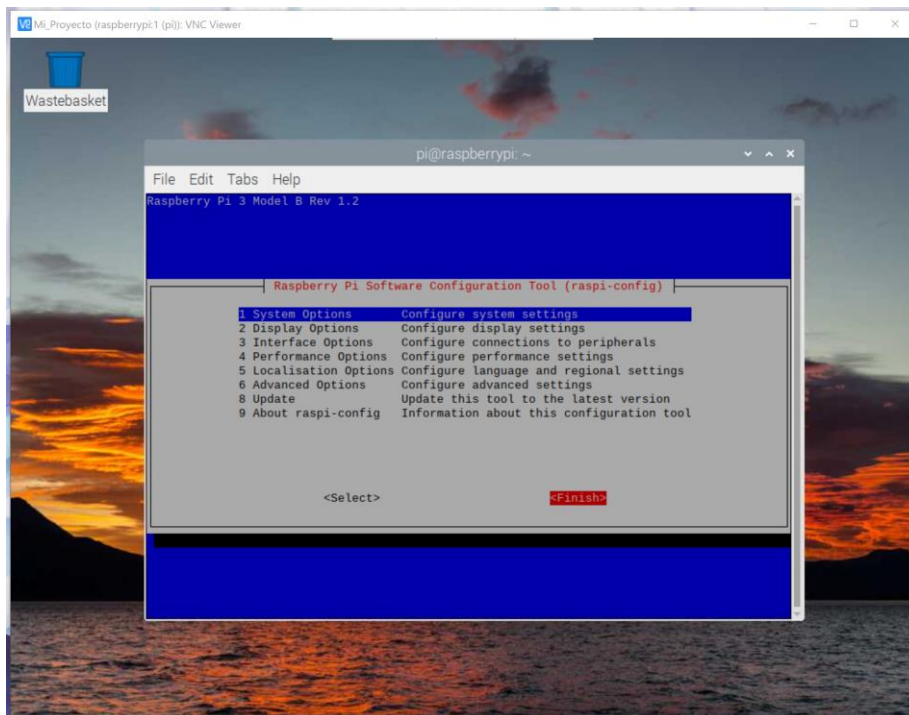


Figura 3.47 Finalizar la configuración.

Elaborado por: El investigador

Figura 3.49 Configuración de la red.

Elaborado por: El investigador

3.3.4.6 Configuración de RaspAp

Una vez instalado el software de RaspAp se procedió a configurar el Raspberry como un punto de acceso para conectar los dispositivos IoT del sistema domótico. Se accedió a la configuración de RaspAP por medio de un navegador colocando localhost y las credenciales por defecto que trae RaspAP:

- Username: admin
- Password: secret

En las figuras 3.50, 3.51 se observa el inicio de sesión y la página principal de RaspAP directamente desde el Raspberry Pi.

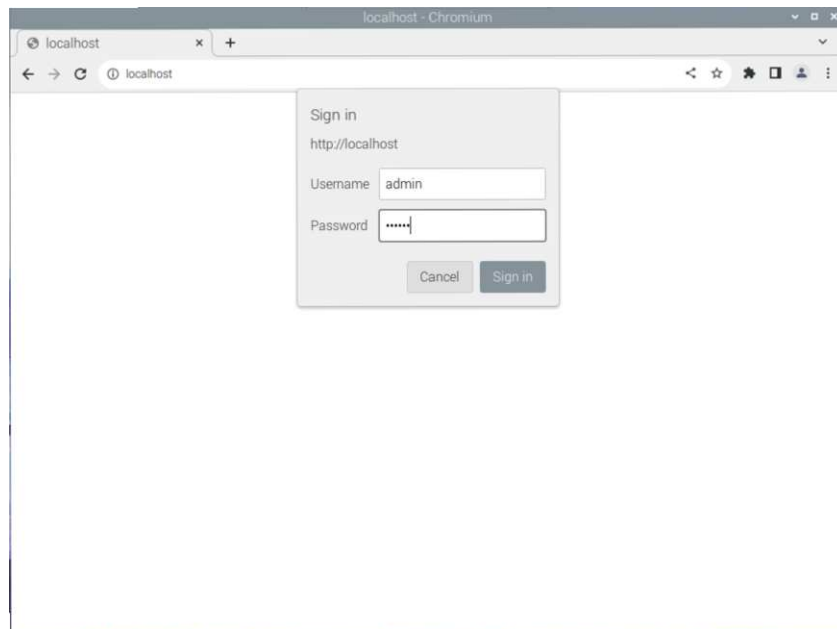


Figura 3.50 Acceso a RaspAP en Raspberry Pi Os.

Elaborado por: El investigador

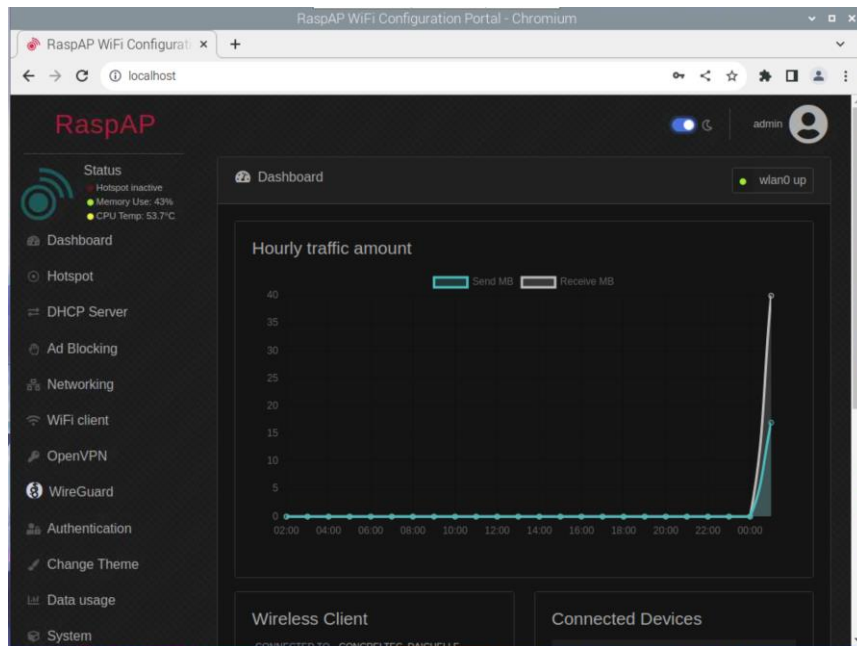


Figura 3.51 *Página principal de RaspAP.*

Elaborado por: El investigador

Para acceder desde otro ordenador a la configuración de RaspAp se lo hace a través de la dirección IP del wifi del Raspberry Pi como lo muestra las figuras 3.52, 3.53.

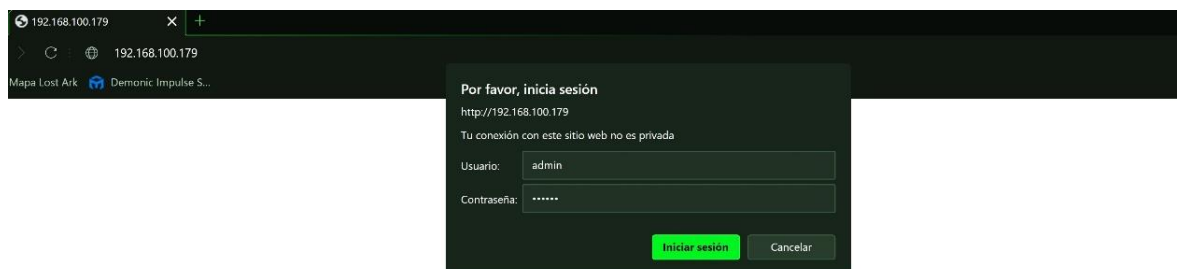


Figura 3.52 *Acceso a RaspAP en Windows.*

Elaborado por: El investigador

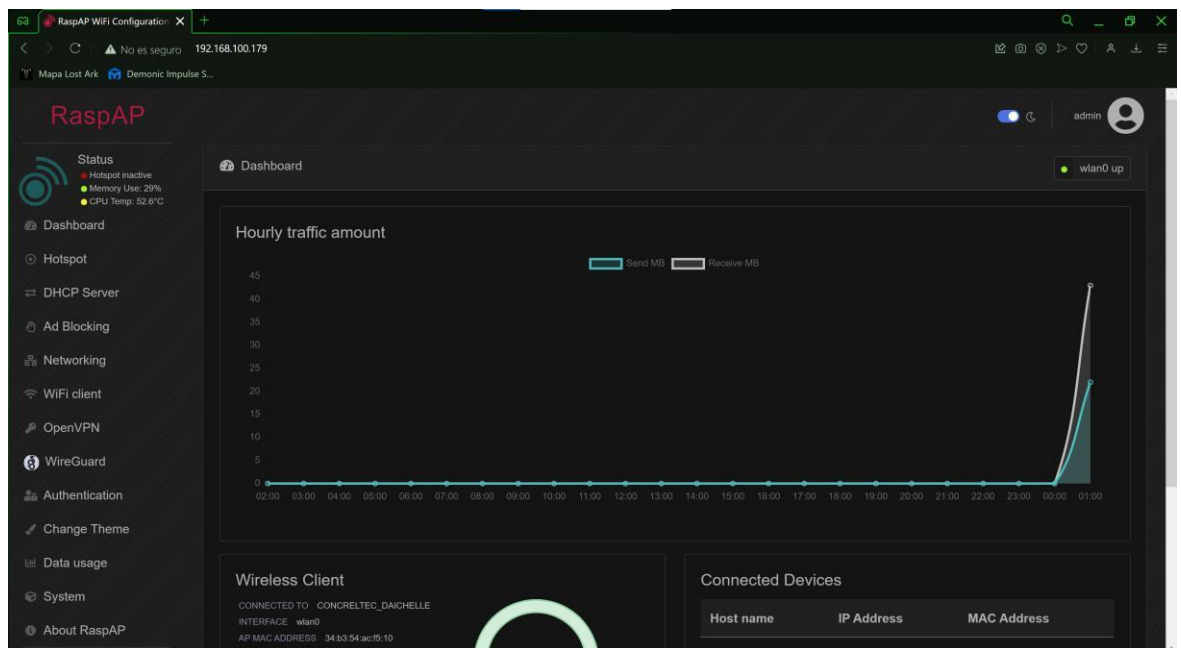


Figura 3.53 *Página principal de RaspAP Windows.*

Elaborado por: El investigador

Una vez entrado en la página principal de RaspAP se procedió a configurar el Hotspot de la nueva red inalámbrica que se va a crear con las siguientes características:

- Interface: wlan0
- SSID: Proyecto_Final
- Wireless mode: 2.4 GHz
- Channel: 1
- Security type: WPA2
- Encryption type: CCMP
- PSK: Miproyecto123

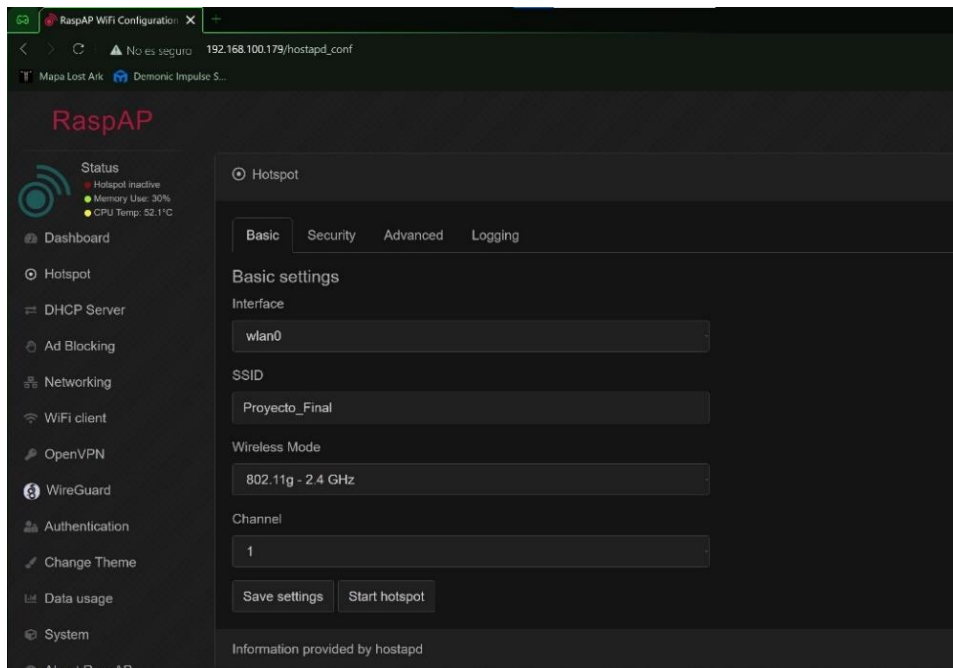


Figura 3.54 Configuración del nombre de la nueva red wifi.

Elaborado por: El investigador

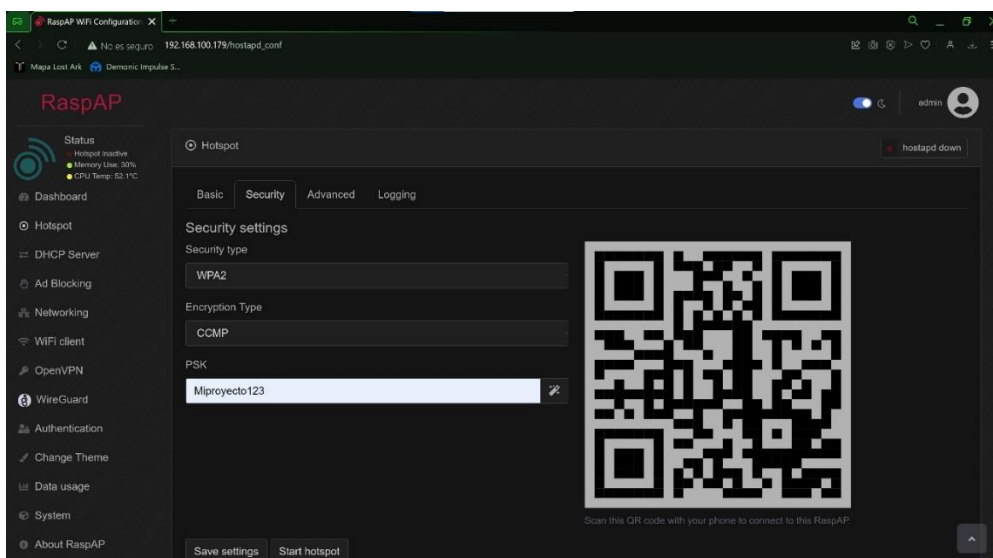


Figura 3.55 Configuración de la contraseña.

Elaborado por: El investigador

En las figuras 3.54, 3.55 se realizó las configuraciones básicas para la creación de la nueva red wifi del Raspberry Pi. Luego en las opciones avanzadas se configuró el

código de país en Ecuador y se guardó las configuraciones como se muestra en las figuras 3.56, 3.57.

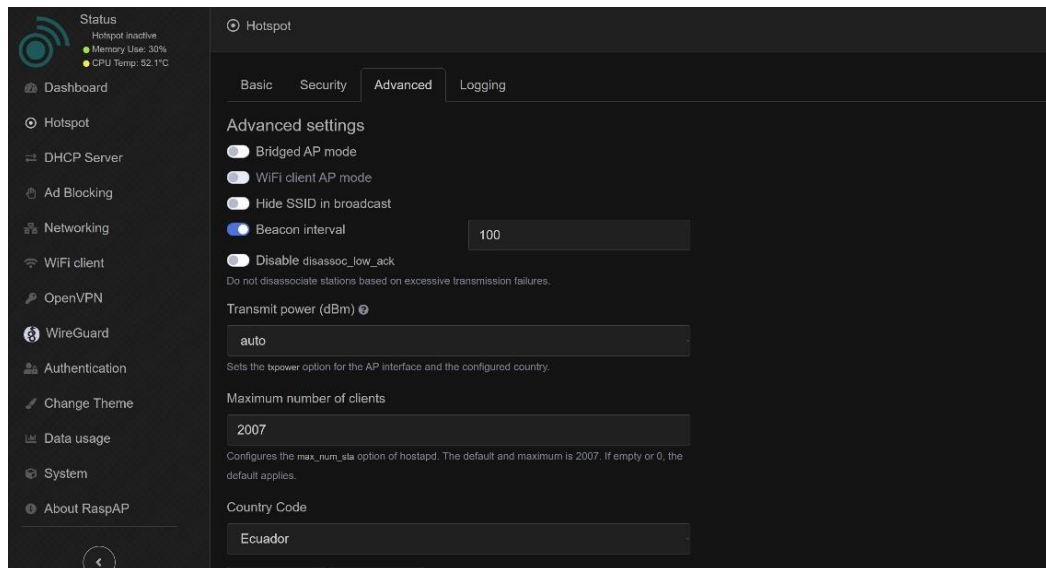


Figura 3.56 Configuración del código del país.

Elaborado por: El investigador

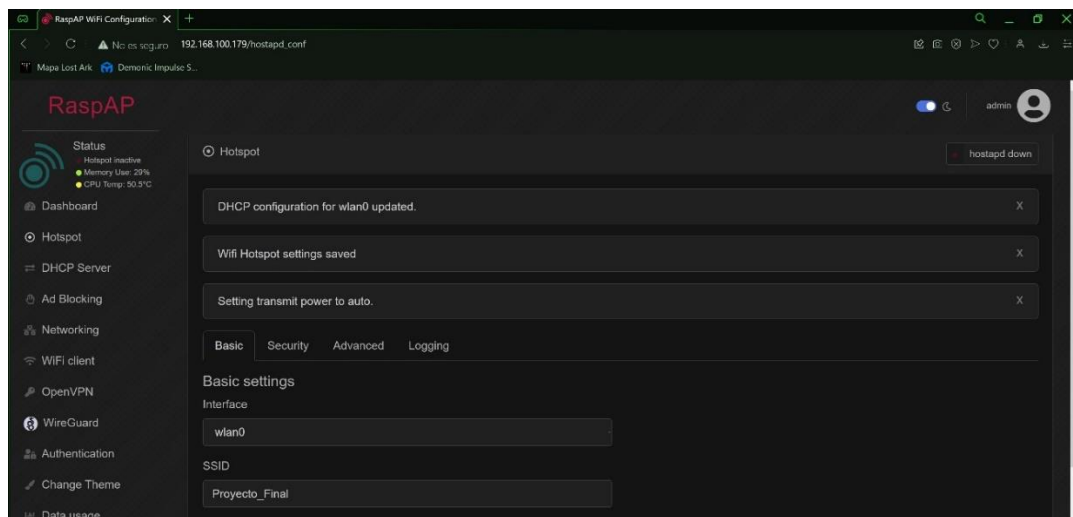


Figura 3.57 Configuración del código del país.

Elaborado por: El investigador

Después de guardar las configuraciones que se realizaron, nuevamente en las opciones avanzadas se activó el modo:

- Wifi client AP mode

Este modo viene deshabilitado por defecto, así que se activó como lo indica la figura 3.58, y luego se inició el servicio Hotspot como se muestra en la figura 3.59.

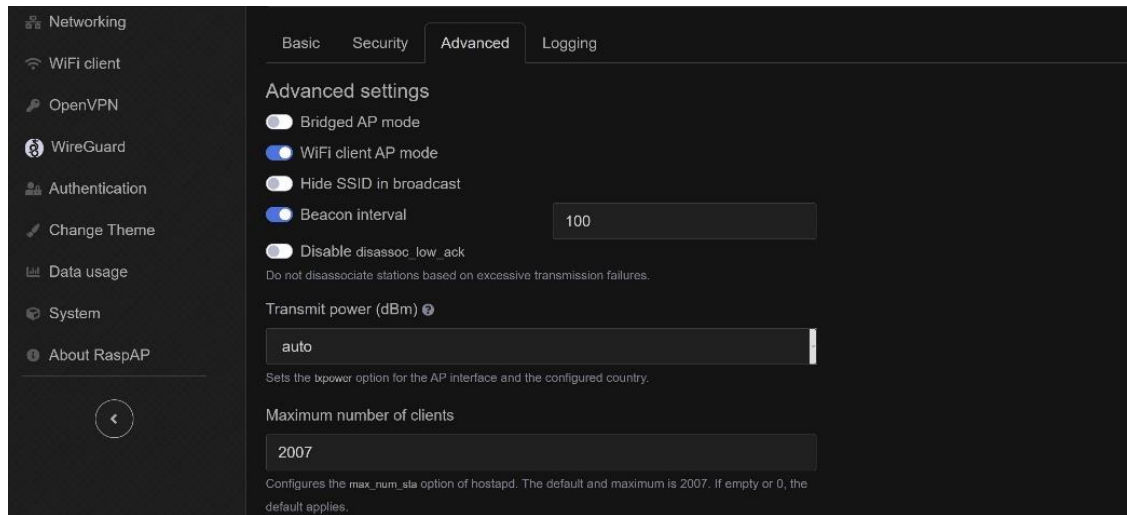


Figura 3.58 Activación del punto de acceso.

Elaborado por: El investigador

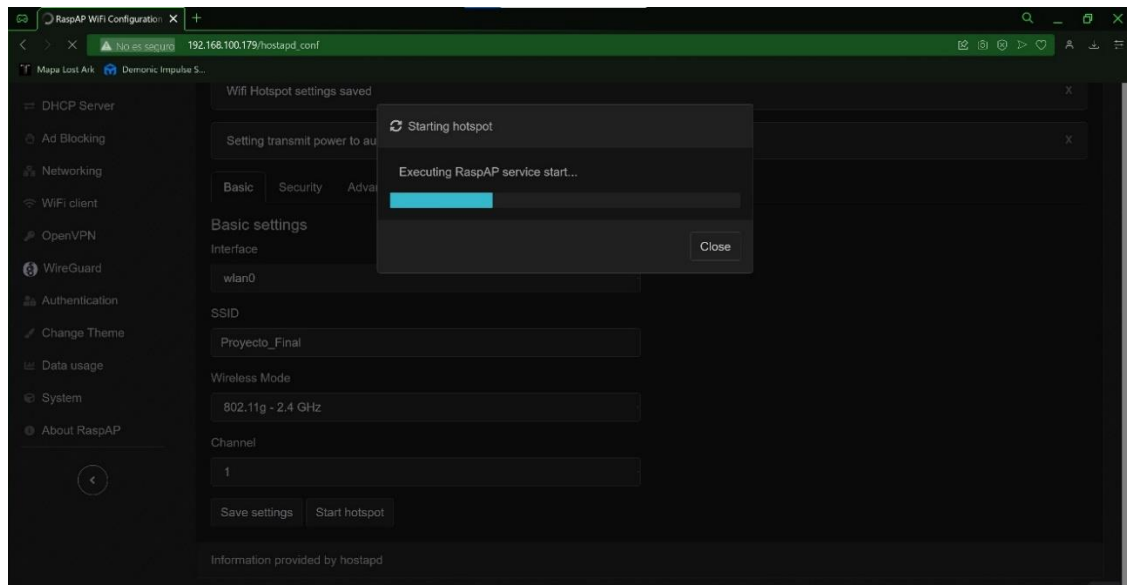


Figura 3.59 Iniciar el punto de acceso.

Elaborado por: El investigador

En la figura 3.60 se muestra los cambios realizados en la configuración de nuestro servicio de Hotspot, pero se observa que todavía el servicio se encuentra inactivo, por lo que se debe elegir la nueva interfaz de red que se creó al momento de guardar los cambios realizados como se muestra en la figura 3.61.

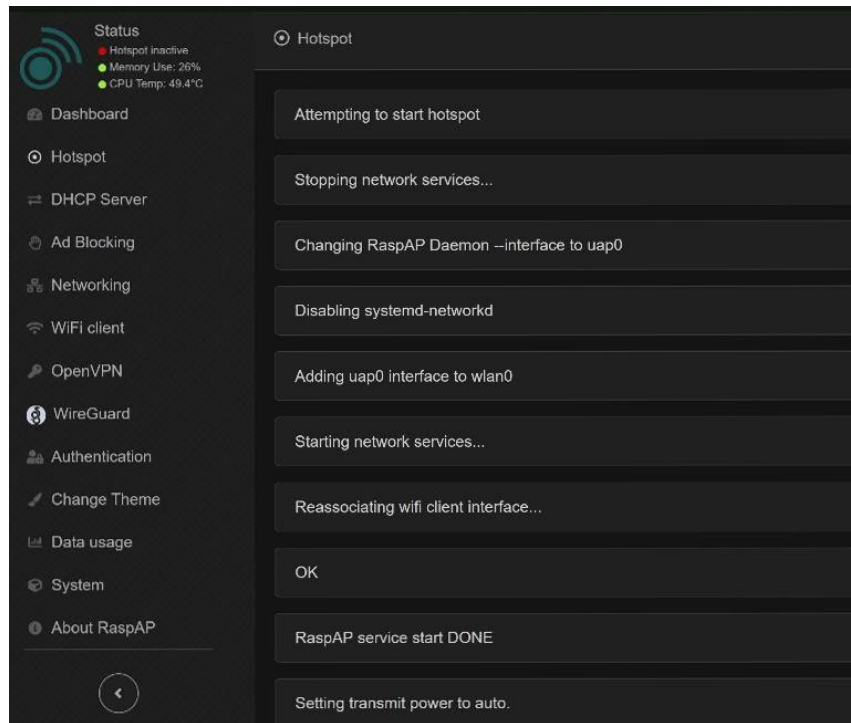


Figura 3.60 Cambios en la nueva red wifi.

Elaborado por: El investigador

- Nueva interface: uap0

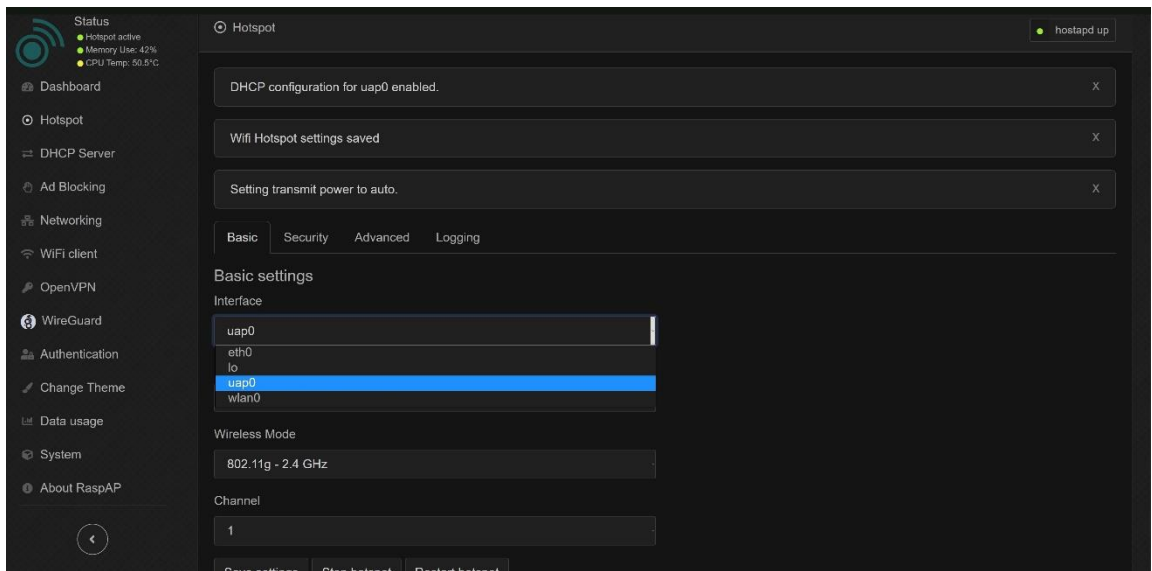


Figura 3.61 Elegir la nueva interfaz de red.

Elaborado por: El investigador

En el apartado del DHCP se realizó las siguientes configuraciones de acuerdo con las figuras 3.62, 3.63, 3.64

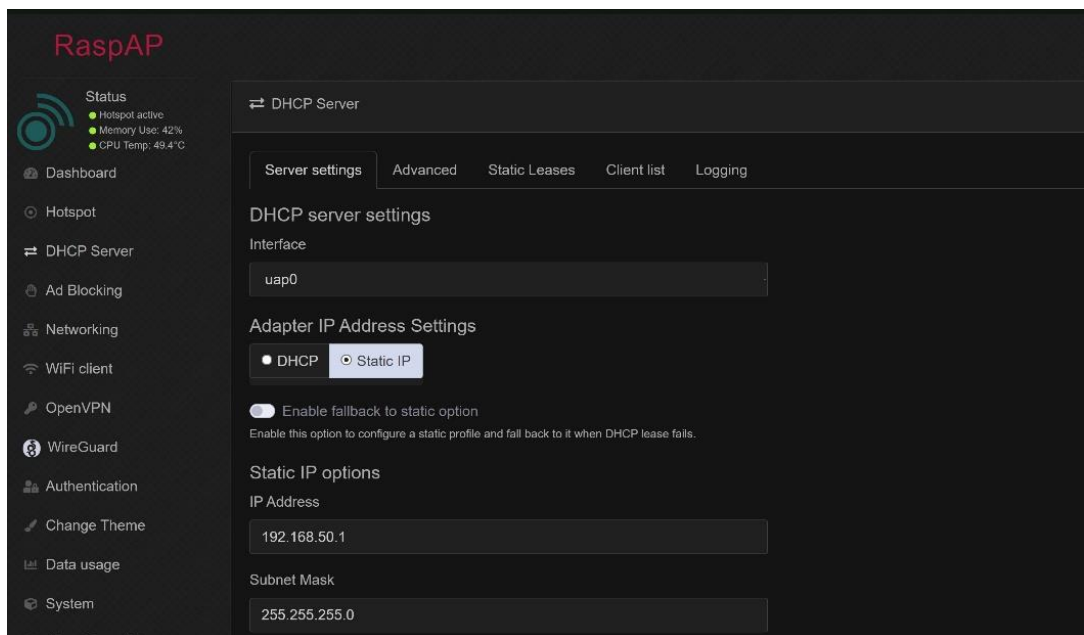


Figura 3.62 Configuración de DHCP.

Elaborado por: El investigador

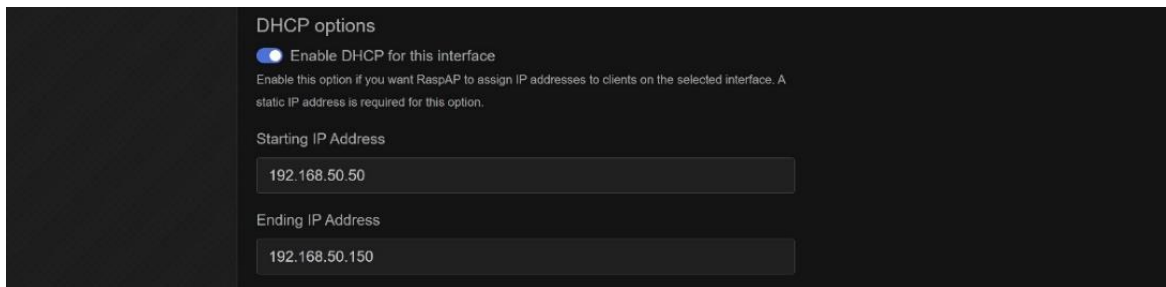


Figura 3.63 Direcciones IP asignables.

Elaborado por: El investigador

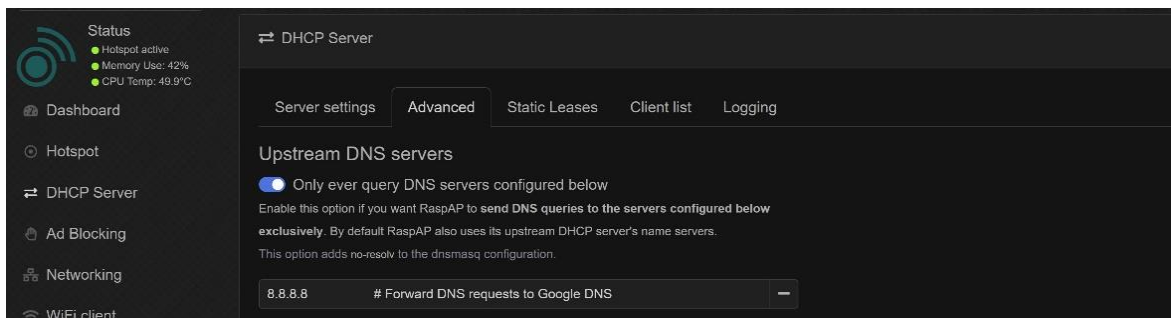


Figura 3.64 Configuración DNS.

Elaborado por: El investigador

3.3.5 Implementación de la Arquitectura Edge Computing basada en Raspberry Pi

Una vez finalizada la configuración del Hotspot, se procedió a conectar los mismos dispositivos IoT que fueron puestos a prueba en las figuras 3.7, 3.8, 3.9 a este nuevo punto de acceso, para comparar la velocidad de respuesta que tienen a esta red que fue configurada con el software RaspAP. La figura 3.65 muestra como fue implementada la Arquitectura Edge Computing basada en un Raspberry Pi aplicada al sistema domótico definido en la figura 3.4.

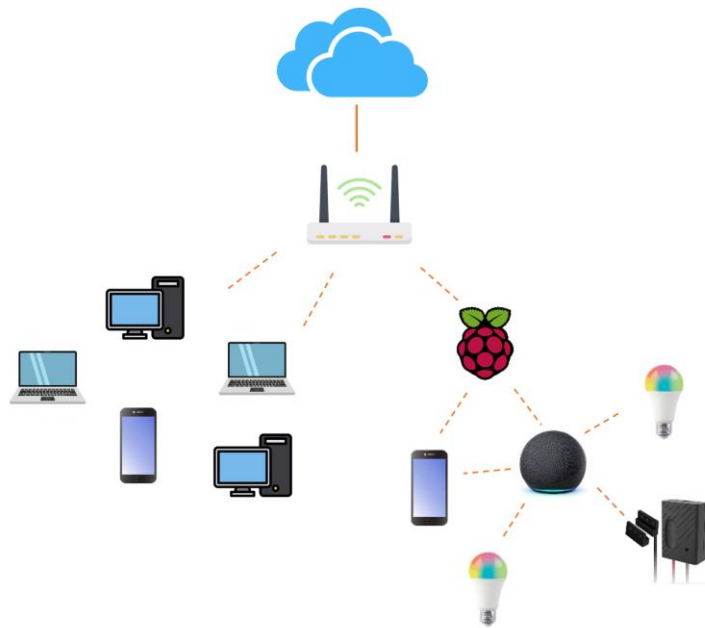


Figura 3.65 *Arquitectura Edge Computing basada en Raspberry Pi utilizada en el proyecto.*

Elaborado por: El investigador

A continuación, en la figura 3.66 se muestran todos los dispositivos IoT conectados a la nueva red, para realizar el testeo de velocidad.

Expire time	MAC Address	IP Address	Host name	Client ID
1675078777	40:aa:56:a3:24:23	192.168.50.75	*	01:40:aa:56:a3:24:23
1675075193	e0:cc:f8:3a:47:48	192.168.50.96	*	01:e0:cc:f8:3a:47:48
1675076928	68:07:15:b1:bc:be	192.168.50.102	Erick	01:68:07:15:b1:bc:be
1675076860	b0:73:9c:04:eb:07	192.168.50.120	*	*
1675076066	62:22:6a:44:d0:17	192.168.50.101	Memo	01:62:22:6a:44:d0:17

Figura 3.66 *Dispositivos conectados.*

Elaborado por: El investigador

El tiempo de respuesta de la activación del foco 1 en la Arquitectura Edge Computing fue de 2,67 segundos como se puede observar en la figura 3.67.



Figura 3.67 Tiempo activar foco 1 Arquitectura Edge Computing.

Elaborado por: El investigador

El tiempo de respuesta de la activación del foco 2 en la Arquitectura Edge Computing fue de 2,83 segundos como se puede observar en la figura 3.68.



Figura 3.68 Tiempo activar foco 2 Arquitectura Edge Computing.

Elaborado por: El investigador

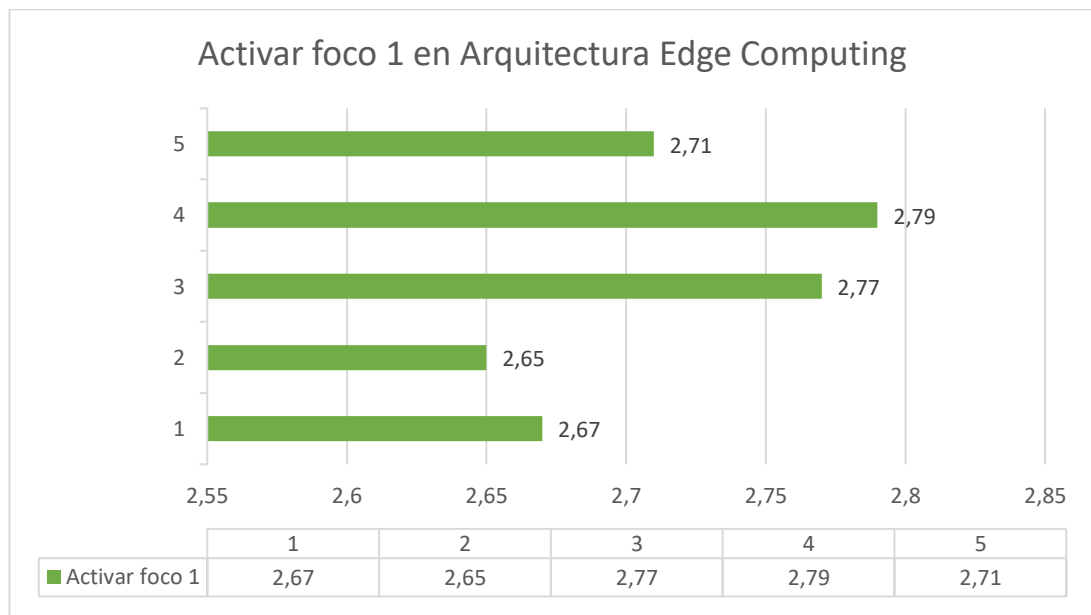
El tiempo de respuesta de la activación del garaje en la Arquitectura Edge Computing fue de 2,90 segundos como se puede observar en la figura 3.69.



Figura 3.69 Tiempo activar garaje Arquitectura Edge Computing.

Elaborado por: El investigador

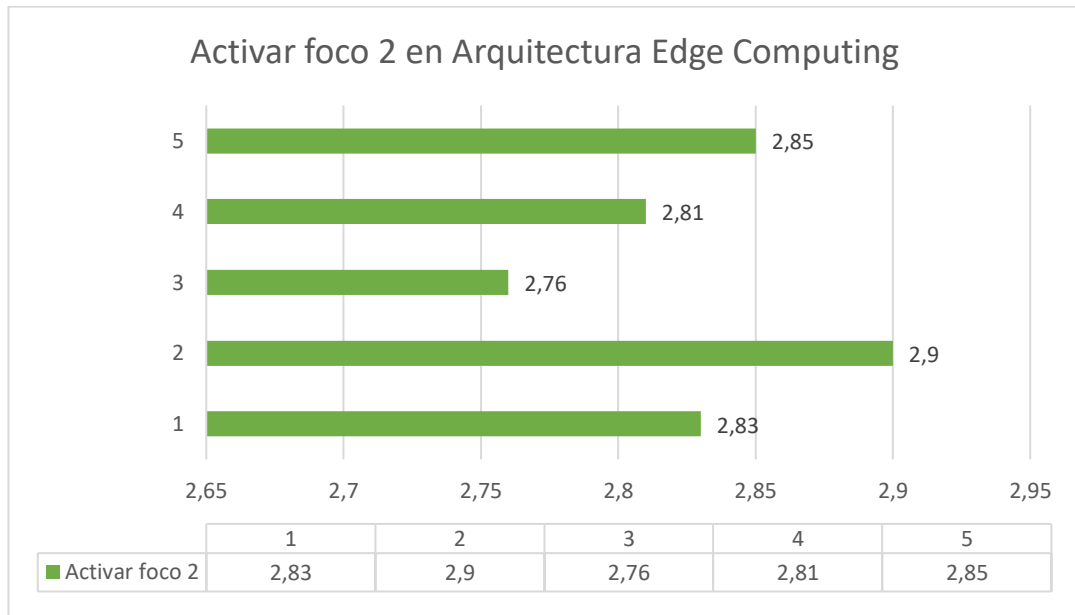
Este proceso se realizó 5 veces arrojando distintos tiempos de respuesta para obtener un promedio estimado del testeo de la Arquitectura Edge Computing basada en Raspberry Pi, lo cual se refleja en los anexos 3.4, 3.5, 3.6.



Anexo 3.4 Gráfico de testeo Activar foco 1 en Arquitectura Edge Computing.

Elaborado por: El investigador

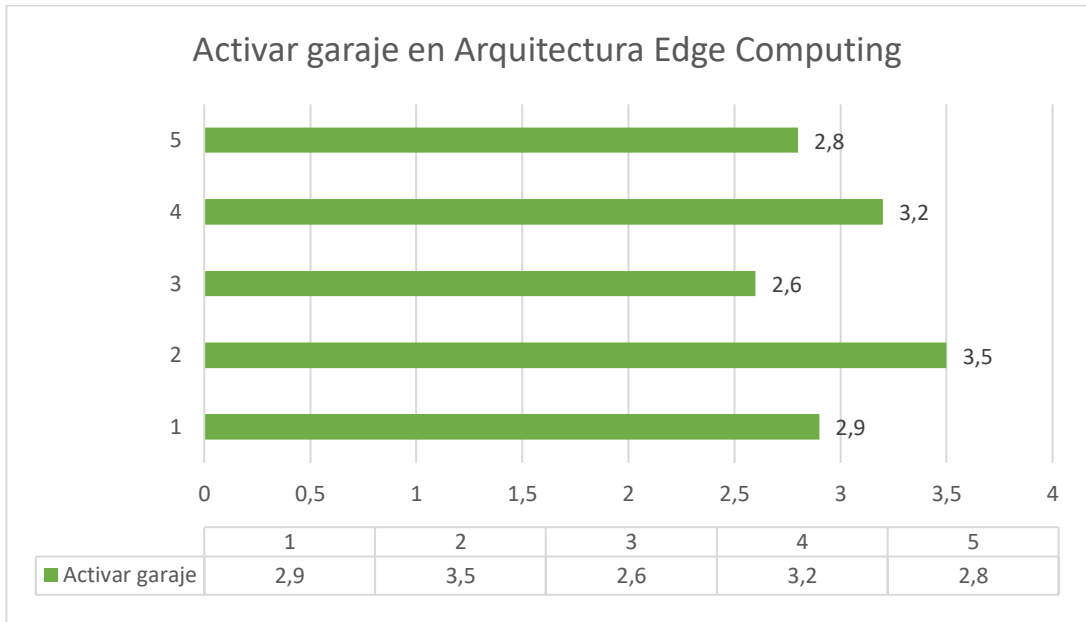
Con base al anexo 3.4 se realizó un promedio del testeo de activación correspondiente al foco 1 el cual tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente de 2,718 segundos.



Anexo 3.5 Gráfico de testeo Activar foco 2 en Arquitectura Edge Computing.

Elaborado por: El investigador

Con base al anexo 3.5 se realizó un promedio del testeo de activación correspondiente al foco 2 el cual tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente de 2,83 segundos.



Anexo 3.6 *Gráfico de testeo Activar garaje en Arquitectura Edge Computing.*

Elaborado por: El investigador

Con base al anexo 3.5 se realizó un promedio del testeo de activación correspondiente al garaje el cual tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente de 3 segundos.

Tabla 3.7 *Promedio de tiempo de repuesta en la Arquitectura Edge computing.*

Testeo en la Arquitectura Edge Computing	
	Tiempo de respuesta
Activar foco 1	2 segundos 72 milisegundos
Activar foco 2	2 segundos 83 milisegundos
Activar garaje	3 segundos

Elaborado por: El investigador

Con base a la tabla 3.6 se puede deducir que el promedio de cada tiempo de respuesta en los dispositivos IoT en una Arquitectura Edge Computing es más rápido según los tests realizados.

Tabla 3.8 Comparación tiempos de respuesta de los dispositivos IoT.

Tiempo de respuesta		
	Sistema doméstico	Arquitectura Edge Computing
Activar foco 1	2 segundos 82 milisegundos	2 segundos 72 milisegundos
Activar foco 2	2 segundos 86 milisegundos	2 segundos 83 milisegundos
Activar garaje	3 segundos 13 milisegundos	3 segundos

Elaborado por: El investigador

La comparación que se da en la tabla 3.7 dio como resultado que los dispositivos IoT tienen un tiempo de respuesta más rápido y un mejor rendimiento cuando se encuentran implementados a una Arquitectura Edge Computing, ya que transporta la información por canales que no estén congestionados y así facilita la interacción de estos dispositivos con los usuarios.

3.3.6 Fase 5: Implementar bucles de retroalimentación

Se visualizó diariamente el tablero Kanban para observar las actividades pendientes y estar atentos para cumplirlos en el tiempo adecuado. De igual forma se tomó apuntes de las actividades que requerían más tiempo y enfoque para darles prioridad.

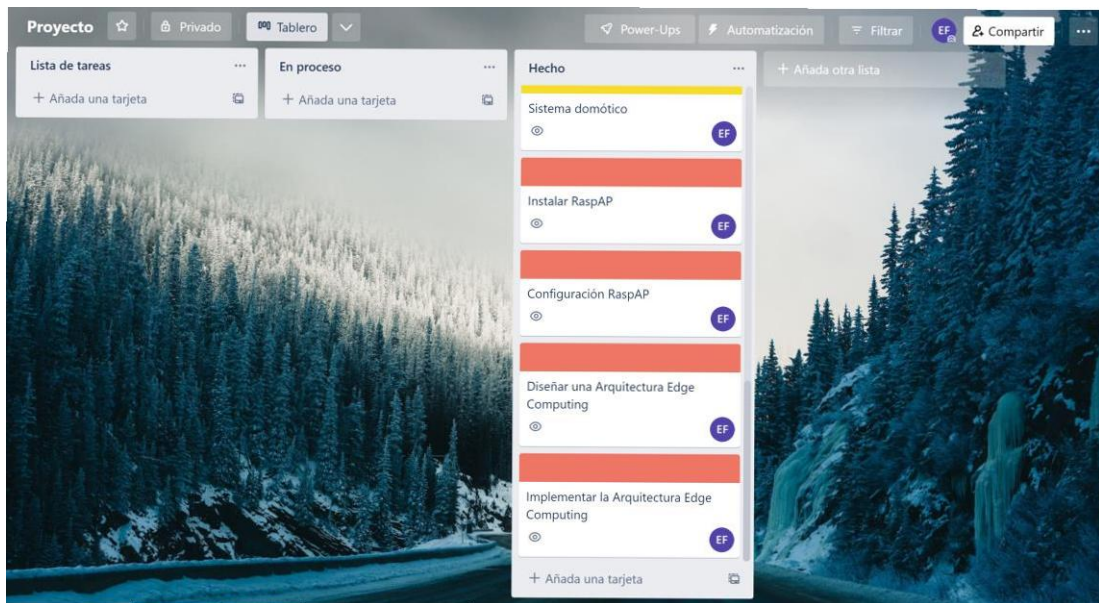


Figura 3.70 *Tabla Kanban con las tareas finalizadas.*

Elaborado por: El investigador

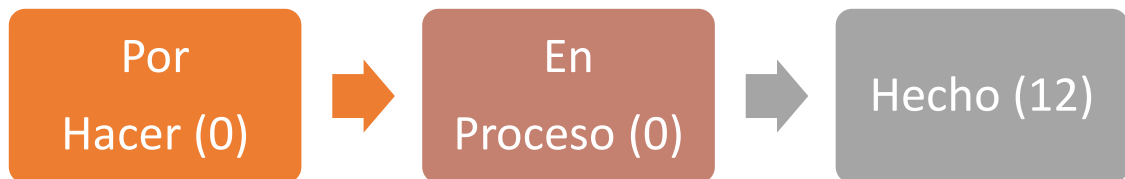


Figura 3.71 *Flujo de trabajo con las tareas finalizadas.*

Elaborado por: El investigador

En las figuras 3.70, 3.71 se observa las tareas finalizadas de acuerdo con la planificación hecha y se muestra que las tareas están en “Hecho”, así se cumplió el objetivo de la metodología la cual es monitorear todas las actividades y llevar una lista de tareas actualizadas a medida que se desarrolla el proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El Edge Computing aparece como un paradigma que reúne las características de la computación y el almacenamiento de datos desde la nube, así se reparte a los diferentes usuarios que quieran acceder a ella y tiene el fin de reducir el procesamiento y transmisión de datos en dispositivos IoT.
- Una Arquitectura Edge Computing se enfoca en los dispositivos conectados sin saturar la red, al utilizar un Raspberry Pi que es un ordenador muy versátil y de muy bajo costo la cual puede realizar funciones como un punto de acceso, esto permite que los dispositivos inteligentes que estén conectados funcionen de manera más eficiente y exista menos latencia entre ellos.
- Se ha logrado implementar de manera correcta una Arquitectura Edge Computing basada en un Raspberry Pi, en base a los testeos y las pruebas de medición realizadas para mejorar la velocidad de procesamiento de diferentes dispositivos IoT de un sistema domótico, lo cual produce mejores experiencias a los usuarios al momento de interactuar con estos dispositivos.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda usar una Arquitectura Edge Computing cuando se necesite que los datos sean procesados y devueltos lo más rápido posible, ya que por su naturaleza el Edge Computing garantiza un tiempo de respuesta corto, además de ahorrar ancho de banda en una red congestionada.
- Se recomienda que para trabajar con un Raspberry Pi se utilicen una alimentación que soporte la carga que necesita para funcionar, debido a que va a estar operando indefinidamente y se corre el riesgo de quemar algún dispositivo que esté conectado a ella o incluso dañar la memoria Micro SD.
- Se recomienda seguir investigando sobre el Edge Computing, ya que es de gran beneficio en tareas en donde los tiempos de respuestas son críticos como en la industria, en telemedicina y en ciudades inteligentes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. D. Medina Barroso, “Edge Computing para IoT,” 2019. Accessed: May 17, 2022. [Online]. Available: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/91207/7/mmedinabarTFM0119memoria.pdf>
- [2] J. Luis Mela, G. Denisse Cedeño, and E. Cedeño Herrera, “Edge Computing: Aplicaciones y desafíos actuales Survey Edge Computing: Current Applications and Challenges,” vol. 5, no. 1, pp. 75–91, 2021, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-1275-4905>
- [3] I. Sittón-Candanedo, R. S. Alonso, L. Muñoz, and S. Rodríguez-González, “Arquitecturas de Referencia Edge Computing para la Industria 4.0: una revisión,” *Arquit. Ref. Edge Comput. para la Ind. 4.0 una revisión. Edge Comput. Ref. Archit. Ind. 4.0 a Rev.*, no. III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvi, pp. 16–23, 2019.
- [4] “Alternativas a un sistema domótico basado en IoT,” 2019.
- [5] R. Daniel and G. Graell, “Plataformas Virtuales en Panamá y mejoras de conectividad a través de Edge Computing Virtual Platforms In Panama and Connectivity Improvements Through Edge Computing,” vol. 3, no. 2, pp. 35–46, 2022.
- [6] J. M. Merchan Miller, “Análisis de seguridad en plataformas de computación distribuida con arquitectura de Edge Computing,” Universidad De Guayaquil, 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48782/1/B-CINT-PTG-N.484MerchanMillerJuanMiguel.pdf>
- [7] S. Sánchez Prado, “Cloud Computing: Fundamentos y despliegue de un Servicio en la nube,” Universidad Autonoma De Madrid, 2021.
- [8] A. Martínez Meroño, “Diseño y desarrollo de un gateway IoT edge-computing basado en Raspberry Pi,” 2021. Accessed: Jul. 14, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/10088/tfg-mar->

dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [9] L. I. Lavayen León and R. D. Macías Rodríguez, “Diseño e implementación de una Arquitectura de Edge Computing con el Protocolo de Overlay VXLAN para el Proyecto FCI TEMONET,” Universidad De Guayaquil, 2020.
- [10] C. D. Piedra García and P. A. Tenezaca Sari, “Una Arquitectura de Integración Tecnológica de Internet de las Cosas y Computación en la Nube,” Universidad De Cuenca, 2018.
- [11] Inuversitat Jaume I, “Conceptos basicos sobre INTERNET,” *Conceptos básicos sobre internet*, 2013. <https://www3.uji.es/~pacheco/INTERN~1.html> (accessed Jul. 18, 2022).
- [12] E. Ayala and S. Gonzales, “Serie: Cuadernos de Informática,” pp. 1–76, 2015, Accessed: Dec. 06, 2022. [Online]. Available: www.uigv.edu.pe
- [13] CESUMA, “¿Qué es la tecnología de la información?,” 2022. <https://www.cesuma.mx/blog/que-es-la-tecnologia-de-la-informacion.html> (accessed Dec. 06, 2022).
- [14] V. G. MONDRAGÓN RUIZ, “Evaluación y Optimización de Arquitecturas Distribuidas tipo Fog Computing para Internet of Things,” Universidad Nacional de Ingeniería, 2019.
- [15] “¿Qué es la arquitectura de red? | Glosario de VMware | LATAM.” <https://www.vmware.com/latam/topics/glossary/content/network-architecture.html> (accessed Feb. 13, 2023).
- [16] M. M. a. . M. F. . R. N. . S. D. . & Villafañe, *Desarrollo De Aplicaciones Para Cloud Computing*. 2012. Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19374/Documento_completo.pdf?sequence=1
- [17] S. I. Díaz Guerrero, J. A. Córdova Carrero, and O. A. Corzo Gómez, “Análisis del Paradigma Fog y Edge Computing,” p. 10, 2017, Accessed: May 17, 2022. [Online]. Available: <http://wiki.sc3.uis.edu.co/images/d/d3/TF3.pdf>
- [18] A. Martiez and F. Gudiño, “Diseño e implementación de reconocimiento facial

en un sistema domótico utilizando Arduino y Visual Studio,” *Res. Comput. Sci.*, vol. 147, no. 7, pp. 335–346, 2018, doi: 10.13053/rcs-147-7-26.

- [19] Raspberry Pi Fountion, “¿Que es Raspberry Pi?,” *Julio*, 2021. <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/> (accessed Dec. 06, 2022).
- [20] D. Gurendo, “Kanban Model and Process for Software Development: Principles, Steps, Methodology,” *XB Software Blog*, 2015. <https://xbsoftware.com/blog/software-development-life-cycle-sdlc-all-about-kanban/> (accessed Jan. 19, 2023).
- [21] “GitHub - RaspAP/raspap-webgui: configuración y gestión sencillas de puntos de acceso inalámbricos para dispositivos basados en Debian.” <https://github.com/RaspAP/raspap-webgui> (accessed Feb. 09, 2023).
- [22] “Advanced IP Scanner – Explorador de redes de descarga gratuita.” <https://www.advanced-ip-scanner.com/es/> (accessed Feb. 13, 2023).
- [23] “Download PuTTY - a free SSH and telnet client for Windows.” <https://www.putty.org/> (accessed Feb. 13, 2023).
- [24] “PuTTY en programación, aprende qué es y cómo utilizarlo.” <https://www.hostgator.mx/blog/putty-en-programacion-aprende-que-es/> (accessed Feb. 13, 2023).
- [25] “Activar un cliente VNC para acceder a la máquina virtual remotamente.” <https://docs.vmware.com/es/VMware-Fusion/13/com.vmware.fusion.using.doc/GUID-97A2E489-4390-4B9B-BC2A-E97A5CD5F90E.html> (accessed Feb. 13, 2023).
- [26] “Edge Computing en el futuro de la Industria | Mesurex.” <https://mesurex.com/edge-computing-en-el-futuro-de-la-industria/> (accessed Dec. 05, 2022).
- [27] “¿Por qué es conveniente combinar el IoT y el edge computing para un funcionamiento en conjunto?” <https://www.redhat.com/es/topics/edge-computing/iot-edge-computing-need-to-work-together> (accessed Dec. 06, 2022).

- [28] “Descubre las ventajas y desventajas de Edge Computing.” <https://www.kionetworks.com/blog/data-center/ventajas-y-desventajas-de-edge-computing> (accessed Mar. 07, 2023).
- [29] “Cuadro Comparativo de Las Metodologías Ágiles | PDF | Ingeniería de software | Software.” <https://es.scribd.com/document/459267597/Cuadro-Comparativo-de-Las-Metodologias-Agiles#> (accessed Mar. 07, 2023).
- [30] “¿Qué Es Kanban? Una Descripción General Del Método Kanban.” <https://www.digite.com/es/kanban/que-es-kanban/> (accessed Mar. 03, 2023).
- [31] “SONOFF BASICR2-WiFi DIY Wireless Smart Switch | SONOFF Official.” <https://sonoff.tech/product/diy-smart-switches/basicr2/> (accessed Feb. 12, 2023).
- [32] “Tuya Smart WiFi Relay Module 2 Channel compatible with Alexa and Google.” <https://www.expert4house.com/en/smart-home/smart-switch/tuya-smart-wifi-relay-module-2ch> (accessed Feb. 12, 2023).
- [33] Raspberry pi Foundation, “Raspberry Pi 3 model B+,” *Raspberry Pi*, pp. 1–3, 2018, Accessed: Feb. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- [34] “Running a 64-bit OS on the Raspberry Pi - Pi My Life Up.” <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-64-bit/> (accessed Feb. 13, 2023).
- [35] “RaspAP — Simple wireless router setup for Debian-based devices.” <https://raspap.com/> (accessed Feb. 09, 2023).

ANEXOS

FICHA BIBLIOGRÁFICA	
TEMA	Edge Computing: Aplicaciones y desafíos actuales
RESUMEN	<p>La cantidad de datos generados por sensores, actuadores y otros dispositivos ha crecido de forma espectacular en las últimas décadas. Actualmente, los datos se procesan en la nube, y el ancho de banda de la red y los retrasos en las comunicaciones se han convertido en serios obstáculos, dando lugar a un nuevo paradigma informático, el edge computing, que tiene como objetivo proporcionar servicios de Internet en las proximidades y colocar la infraestructura de tecnología de la información en el borde de la red en forma de pequeños centros de datos, cerca de los usuarios, haciendo que la carga de procesamiento a la nube sea menor.</p>
CONCEPTOS CLAVE	Contiene conceptos sobre Edge Computing y paradigma
CONCLUSIONES	<p>Este artículo describe algunos conceptos sobre el paradigma Edge Computing y analiza la situación actual, enfocándose en diferentes áreas de aplicación, promoviendo una nueva visión sobre el Edge Computing y su tendencia en las nuevas tecnologías.</p>

APORTE AL TEMA ELEGIDO	La arquitectura Edge Computing, es un paradigma, relativamente nuevo, que migra colectivamente las capacidades, la informática y el almacenamiento desde la nube remota a los diferentes clientes del Internet y puede ser adaptada en diferentes áreas.
-------------------------------	--

Anexo 4.1 Ficha Bibliográfica 1

Elaborado por: El Investigador

FICHA BIBLIOGRÁFICA	
TEMA	Implementación de sistema de control IoT basado en Edge Computing
RESUMEN	En el desarrollo de este proyecto se plantea la implementación de sistema de control IoT basado en Edge Computing. Con este sistema se intenta establecer el control sobre varios dispositivos IoT sin acceder a los servicios de Cloud Computing. De esta manera, algunos dispositivos se pueden controlar mediante un entorno de una red de área local wifi administrado por un sistema informático que se ejecuta desde un Raspberry PI, donde se contempla el uso del protocolo MQTT y un servidor HTTP para permitir a los usuarios acceder al control de los dispositivos de forma sencilla.
CONCEPTOS CLAVE	Contiene conceptos sobre los dispositivos IoT

CONCLUSIONES	Se puede desarrollar plataformas de control con componentes de bajo costo que funcionan de manera óptima en conjunto con las necesidades del usuario.
APORTE AL TEMA ELEGIDO	El procesamiento de los datos y la distribución de estos datos a los dispositivos enlazados en cada uno de los tópicos de la red es muy importante ya que un dato enviado a un dispositivo incorrecto puede causar una serie de errores en el funcionamiento del sistema domótico.

Anexo 4.2 Ficha Bibliográfica 2

Elaborado por: El Investigador

FICHA BIBLIOGRÁFICA	
TEMA	Estudio para el desarrollo de dispositivos IoT para la monitorización inteligente de sistemas electromecánicos
RESUMEN	El mundo industrial avanza hacia un nuevo paradigma conocido como Industria 4.0, donde la conectividad y la generación de información con valor añadido son uno de los pilares fundamentales. En este sentido, se están redefiniendo las tecnologías para mantener, controlar y recopilar datos de las industrias, tal como indica el informe realizado recientemente por la dirección técnica de Automatización Industrial en Siemens es, “En las arquitecturas de IoT

	tradicionales todos los datos de los activos físicos se llevan a la nube para su almacenamiento y procesamiento analítico”, sin embargo, “a medida que crece la aceptación del IoT y las pruebas de concepto demuestran su valor y se transforman en proyectos reales, va siendo cada vez más necesario resolver las limitaciones propias de esa centralización”.
CONCEPTOS CLAVE	Contiene conceptos claves de la arquitectura Edge Computing y la interacción con los dispositivos IoT
CONCLUSIONES	Actualmente, la gran cantidad de datos es un gran problema a la hora de ser procesados, ya que tardan demasiado tiempo y esto causa disgustos en los usuarios de las industrias.
APORTE AL TEMA ELEGIDO	Conocer la Industria 4.0 y como tendrá un gran impacto sobre las nuevas tecnologías y en los dispositivos inteligentes que se utilizan en ella.

Anexo 4.3 Ficha Bibliográfica 3

Elaborado por: El Investigador

FICHA BIBLIOGRÁFICA	
TEMA	Edge Computing: Review and Future Directions
RESUMEN	Con arquitecturas y servicios basados en la nube para la computación centralizada, especialmente cuando los escenarios de Internet de las cosas (IoT)

	<p>implican que los datos se retroalimenten desde un controlador a los dispositivos finales, se enfrenta a limitaciones reales de congestión de ancho de banda y de alta latencia resultante. Edge Computing ha surgido con varias implementaciones para eliminar gradualmente estos obstáculos limitantes. Las redes de hoy tienen que ver con el éxito de la computación de borde para mejorar los servicios del usuario final, como pasar de la infraestructura de red 4G actual a 5G avanzado.</p>
CONCEPTOS CLAVE	<p>Contiene conceptos sobre Cloud Computing, Fog Computing y Edge Computing y sus implementaciones.</p>
CONCLUSIONES	<p>Esta arquitectura es de gran beneficio para la computación perimetral ya que por su naturaleza está relacionado con los dispositivos portátiles de recursos limitados que hacen el procesamiento intensivo de datos en el borde de la red hacia el dispositivo más cercano.</p>
APORTE AL TEMA ELEGIDO	<p>Este artículo ayuda a conocer como es la descarga de datos de los dispositivos más cercanos en la Arquitectura de Edge Computing a través de varios escenarios experimentales que permitirá la optimización de decisiones para mejorar los trabajos futuros.</p>

Anexo 4.4 Ficha Bibliográfica 4

Elaborado por: El Investigador