



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**MODELO DE SISTEMA DOMÓTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE
VIVIENDAS UTILIZANDO RASPBERRY PI 4 CON HOME ASSISTANT**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: JIMMY EDUARDO MERO MARTÍNEZ

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2022

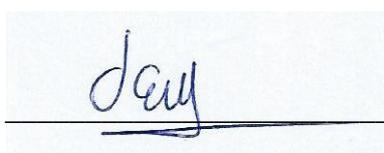
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jimmy Eduardo Mero Martínez con documento de identificación N° 0930492483 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 27 de agosto del año 2022

Atentamente,

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature appears to be 'J. Mero'.

Jimmy Eduardo Mero Martínez

0930492483

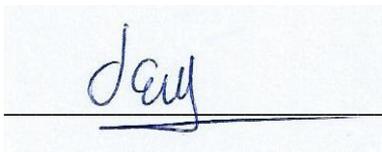
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jimmy Eduardo Mero Martínez con documento de identificación No. 0930492483, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo Académico: “Modelo de sistema domótico para la automatización de viviendas utilizando Raspberry pi 4 con Home Assistant”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 de agosto del año 2022

Atentamente,



Jimmy Eduardo Mero Martínez

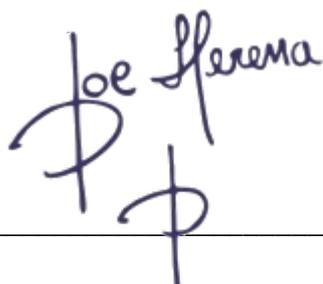
0930492483

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MODELO DE SISTEMA DOMÓTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE VIVIENDAS UTILIZANDO RASPBERRY PI 4 CON HOME ASSISTANT, realizado por Jimmy Eduardo Mero Martínez con documento de identificación N° 0930492483, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 de agosto del año 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink that reads "Joe Frand Llerena Izquierdo". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

DEDICATORIA

A mi madre y a mi familia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida.

A mi madre, por su incuantificable esfuerzo para otorgarme la educación que ella no tuvo la suerte de recibir.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma, fueron parte de este proceso.

RESUMEN

Los sistemas domóticos están en auge en muchas partes del mundo. Algunos de estos sistemas utilizan hardware barato y software open source con la finalidad de obtener sistemas de muy bajo coste y con la posibilidad de cientos de integraciones. En este estudio se desarrolló y evaluó un sistema domótico en el que se usó Raspberry pi4 y Home Assistant. Se trata de una investigación aplicada en la que se integraron diferentes servicios los cuales el usuario final puede gestionar bien desde una plataforma web o móvil. La propuesta del sistema domótico se basa en una arquitectura centralizada. La evaluación del sistema se realizó mediante la aplicación de la técnica de la encuesta a una muestra de usuarios de 40 personas entre edades de 18 a 60 años. Los usuarios utilizaron todas las opciones de control que ofrece el sistema: control de luces, visualización de la cámara de seguridad, control de Split y de un televisor. Los resultados de la evaluación del prototipo de modelo de integración muestran porcentajes positivos en cuanto a la funcionalidad del sistema, interfaz intuitiva, satisfacción y nivel de seguridad y mejora de confort y calidad de vida, por lo que se presenta como una alternativa de bajo costo y sencilla de configurar en viviendas.

Palabras claves: Domótica, Modelo, Automatización, Vivienda, Raspberry, Home Assistant.

ABSTRACT

Home automation systems are booming in many parts of the world. Some of these systems use cheap hardware and open-source software in order to obtain very low cost systems with the possibility of hundreds of integrations. In this study a home automation system using Raspberry pi4 and Home Assistant was developed and evaluated. This is an applied research in which different services were integrated which the end user can manage either from a web or mobile platform. The proposed home automation system is based on a centralized architecture. The evaluation of the system was carried out by applying the survey technique to a sample of 40 users between the ages of 18 and 60. The users used all the control options offered by the system: light control, security camera display, split and TV control. The results of the evaluation of the prototype integration model show positive percentages in terms of system functionality, intuitive interface, satisfaction and level of security and improvement of comfort and quality of life, making it a low-cost and simple alternative to configure in homes.

Key words: Domotic, Model, Automation, Home, Raspberry, Home Assistant.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
3. METODOLOGÍA	15
3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas	21
4. RESULTADOS.....	21
4.1. Modelo de integración para el sistema de automatización enfocado a los componentes de control de iluminación, temperatura y video	21
4.2. Evaluación del prototipo de modelo de integración.....	22
5. DISCUSIÓN	24
6. CONCLUSIÓN.....	25
REFERENCIAS	26

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología se ha desarrollado en diferentes ámbitos de la vida de las personas, el hogar no es la excepción. Los sistemas domóticos son muy populares hoy en día sobre todo en países desarrollados ya que combinan hardware y software para hacer más práctica y cómoda la vida de las personas (Chaurasia & Jain, 2019)(Rodríguez Véliz, 2021).

Los sistemas domóticos constan de diferentes partes, una red interna que puede ser por cable o inalámbrica, un control inteligente que viene a ser generalmente una aplicación de teléfono móvil o interface web, luego están los dispositivos del hogar y enlaces a servicios para hacer posible la comunicación desde fuera del hogar (Alam, Khusro, & Naeem, 2018)(Gordon Sánchez & Tacuri Romero, 2016).

Los sistemas desarrollados tienen diferentes alcances en cuanto a la cantidad de dispositivos que se pueden integrar y a la forma de controlar los dispositivos (Arias Hermenegildo, Heredia Montiel, & Tufiño Espinoza, 2018). Estos sistemas de automatización de hogar, funcionan con una red local mediante la cual se comunican todos los dispositivos y tienen salida a internet para permitir el control de los dispositivos desde cualquier parte del mundo (Kaur, 2010), algunos de estos sistemas utilizan hardware y software open source (Pintilie, Pop, Gros, & Mihai Iuoras, 2019) con la finalidad de abaratar costos, también poseen la característica de ser expandibles (Lohan & Singh, 2019), es decir que se pueden integrar varios elementos para expandir el sistema. Algunos de estos sistemas tienen integrada una función de control por voz y funcionan para IOS o Android(Wang & Dong, 2016).

Se han desarrollado múltiples sistemas de automatización que permiten el control remoto de luces (Dickey, Banks, & Sukittanon, 2012) y electrodomésticos dentro del hogar(Report & Saju, n.d.), cortinas (Souza et al., 2018), videovigilancia(Ali, Quadri, & Engineering, 2017). El hardware utilizado para controlar estos dispositivos es variado y depende del alcance de los proyectos de automatización (Álvarez Paredes & Palaguachi Lliguichuzhca, 2015). Raspberry y Arduino son dos de las tarjetas más usadas que operan dentro del ecosistema de código abierto. Sin embargo, también existen empresas como Google, Amazon y Savant que desarrollan sus propio hardware y controladores que en algunos casos ya vienen integrados en los mismos dispositivos (Gruezo Realpe, 2017).

Raspberry es una minicomputadora que ofrece similares características que Arduino lo que se ve reflejado en el alcance de los proyectos. Raspberry así como otras tarjetas incorporan diferentes clases de módulos, tales como Infrarrojo Remoto (IR)(Shinde et al., 2017), Relay, SR2R2, bluetooth(Orsi & Nesmachnow, 2017), IP para controlar diferentes dispositivos electrónicos y del hogar (Cedeño Ramos & Moncayo Solís, 2019).

La automatización del hogar provee de diferentes beneficios para las personas, brinda un ahorro energético(Asadullah & Ullah, 2017), seguridad (Schuster, Kastner, & Granzer, 2012), comodidad y ahorro de tiempo(Shi, Chu, Geng, Zheng, & Liu, 2020). Contar con un sistema de automatización del hogar permite gestionar una acción dentro del hogar de forma sencilla y sin necesidad de estar necesariamente en casa, es ideal, por ejemplo, si alguien se olvidó de apagar las luces o si por el contrario desea que estas se enciendan automáticamente antes de llegar a casa o a determinada hora (García Tinoco & López Ortega, 2019).

La domótica es un tema aún en auge en muchas partes del mundo, en países como Ecuador son pocas las empresas que realizan la comercialización, instalación y configuración de estos sistemas para el hogar debido principalmente a sus altos costos. La creación de un modelo de integración de un sistema domótico de bajo costo es una alternativa que puede ser usada para el control de iluminación, audio, video, entre otros (Banguera Del Castillo & Mera Bautista, 2021).

La realización del proyecto es conveniente, pues se trata un sistema domótico de bajo costo utilizando hardware y software open source, el sistema podrá ser usado por múltiples usuarios a través de una aplicación móvil o también en la interfaz web, ofreciendo a los usuarios la sencillez y practicidad de controlar diferentes dispositivos de su hogar mediante una sola aplicación (Chicaiza Satan, 2017).

De igual forma el desarrollo de este sistema posee un valor teórico-práctico, puesto que el modelo de integración estará disponible paso a paso para que otros usuarios puedan replicarlo en sus hogares de acuerdo con sus posibilidades y conveniencia (Campuzano Bulgarín & Cedeño Vélez, 2015).

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de sistema domótico para la automatización de viviendas utilizando Raspberry pi 4 con Home Assistant.

A partir del objetivo general se idearon las siguientes preguntas de investigación:

- **P1.** ¿Qué métodos y arquitecturas se pueden utilizar para la construcción del sistema domótico?
- **P2.** ¿Qué componentes son factibles de integrar al sistema de automatización utilizando Raspberry pi 4 con Home Assistant?
- **P3.** ¿Qué experiencia en cuanto a usabilidad y satisfacción brinda este sistema a los usuarios?

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Dada la multiplicidad de la tecnología existen también múltiples métodos, arquitecturas y componentes que se ajustan más o menos a los propósitos de los sistemas domóticos desarrollados (de la Nube Toral Sarmiento et al., 2018). Para que un sistema domótico funcione es necesario que existan varios componentes: sensores, controladores, actuadores, protocolos de comunicación y los dispositivos terminales (Ayala Carabajo et al., 2016). El o los controladores son dispositivos que procesan la información (Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2017). Los sensores sirven para recoger información del ambiente dentro de la casa, por ejemplo de la temperatura o de la energía utilizada (Maragatham, Balasubramanie, & Vivekanandhan, 2021)(Ayala Carabajo et al., 2014). La información proporcionada por los sensores llega hasta los controladores utilizando diferentes protocolos de comunicación, como TCP/IP, infrarrojo (IR), Bluetooth, IEEE 802.11, GSM, usando el cableado eléctrico, de datos, un cableado especial o de forma inalámbrica (Talal, 2020)(Ayala et al., 2016). Una vez que los controladores han recibido la información interactúan con los actuadores enviándoles las señales necesarias para que estos cambien su estado y/o ejecuten acciones como, por ejemplo, el encendido/ apagado/ aumento/ disminución del nivel de temperatura de un termostato. Los dispositivos terminales proveen de una interfaz y son generalmente una aplicación o un sitio web desde el cual el usuario puede interactuar con su sistema, desde allí puede enviar órdenes de acuerdo con la información recolectada por los sensores como una solicitud de un cambio de estado de uno de los equipos actuadores (Barberán Vizueta & Chela Criollo, 2021).

Los sistemas domóticos pueden trabajar bajo diferentes estructuras que se nombran de acuerdo con la distribución y conexión de los equipos que componen el sistema (Pazmiño Sánchez, 2021). En una arquitectura *centralizada* existe un único elemento controlador desde el cual se transmite información para hacer que se cambie el estado de los equipos y se refleje físicamente al encender las luces, por ejemplo. Una arquitectura *descentralizada* posee varios elementos

controladores que actúan entre sí mediante un protocolo de comunicación, de manera que, si alguno falla, ciertos módulos del sistema pueden seguir funcionando (Llerena-Izquierdo & Merino-Lazo, 2021). Mientras tanto en una arquitectura *distribuida* toda la información de procesamiento puede ser replicada por diferentes controladores lo que permite que el sistema siga funcionando en su totalidad aun cuando alguno o varios de estos pierda comunicación (Vieira, Blanco, & Quijadas, 2018)(Sánchez Guzmán, 2021).

La literatura reciente surge de información acerca de diferentes sistemas domóticos que se han realizado con diferentes elementos, arquitecturas y con software propio o de terceros. Algunos de los cuales se cita a continuación:

Aya, Abdullah, Yassine, Faycal, & Abbes (2021) presentaron una integración entre enchufes inteligentes Sonoff, Raspberry pi 4 y Home Assistant, plataforma a través de las cuales el usuario podría recibir datos sobre el consumo de energía con el propósito de desarrollar hábitos más conscientes sobre el medio ambiente (Llerena-Izquierdo, Barberan-Vizueta, & Chela-Criollo, 2020)(Llerena Izquierdo, 2020). Demostraron que la plataforma presenta los datos con una actualización de un segundo, mientras la precisión de los enchufes inteligentes entre 96,88% y 98,16% por lo que recomiendan su instalación en usuarios finales.

Manojkumar et al. (2021) diseñó un sistema domótico que utiliza servidores distribuidos a un bajo costo que utiliza la World Wide Web para el control de electrodomésticos. Usaron una placa Raspberry Pi y el módulo ESP8266 para una conexión mediante Wifi con bajo consumo de energía (Llerena-Izquierdo, Viera-Sanchez, & Rodriguez-Moreira, 2020)(Llerena Izquierdo, 2014). Desarrollaron una aplicación Android usando el entorno IDE de Netbeans mediante la cual el usuario puede encender o apagar los electrodomésticos, mientras los sensores instalados envían información constante del consumo de energético de la lámpara incandescente y de un ventilador, con lo cual pueden reducir el consumo de corriente en un 30%. (Manojkumar et al., 2021).

Se ha diseñado, implementado y evaluado un sistema domótico basado en computación en la niebla de manera que el procesamiento de los datos no se descarga directamente desde la nube sino desde una capa que se aproxima al borde de la red, con lo cual el sistema alcanza un nivel de respuesta más alto y una baja sobrecarga de comunicaciones, al distribuir las capacidades de computación y comunicación cerca de los nodos de los sensores. Este sistema posee una arquitectura de naturaleza distribuida y sensores que utilizan el protocolo ZigBee, un protocolo

de alto nivel de comunicación inalámbrica (Froiz-Míguez, Fernández-Caramés, Fraga-Lamas, & Castedo, 2018)

Montaño, Briceño, Jiménez, & González (2021) desarrollaron un sistema domótico integral usando Home Assistant y Raspberry Pi. Su sistema utilizaba entre los componentes, un microchip Esp8266 para el control de cargas eléctricas mediante conectividad Wifi. Usaron módulos relés de 5v para el control de la intensidad de la luminosidad. Usaron un sensor DHT11 para capturar señales de temperatura y humedad ambiental. Agregaron una cámara IP a la red del servidor para la visualización de video grabación dentro del hogar. Hicieron uso de dispositivos comerciales como Alexa y Google Home para demostrar la interoperabilidad de estos asistentes virtuales dentro del sistema propuesto con lo cual consiguieron una mejor interacción del usuario con el sistema a través de comandos de voz. Su propuesta se presenta como una arquitectura viable con facilidad para ser replicada en un entorno real y a costo más bajo que la implementación de otros sistemas (Llerena Izquierdo, Ortiz Rojas, Mora Saltos, & Freire, 2009).

Home Assistant es un software de distribución gratuita y de código que permite la centralización de diversos sensores y componentes dentro del hogar. Esta plataforma utiliza el protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) que es un protocolo de mensajería ligero para intercambiar mensajes entre dispositivos, de esta forma se puede comunicar con múltiples dispositivos con los cuales es compatible de manera nativa o no (Sayed, Alsalemi, Himeur, Bensaali, & Amira, 2022).

Aunque existen varias aplicaciones similares a Home Assistant, existen características que la diferencian, entre las principales están la seguridad que ofrece al poder incluir métodos como la verificación en dos pasos para evitar que personas ajenas al sistema puedan acceder al mismo considerando que el sistema está expuesto en internet, también permite salvar el sistema al crear una copia de seguridad del mismo con motivos de no perder toda la configuración si algún momento el software o hardware falla (Montaño et al., 2021).

Según información del sitio web oficial de Home Assistant, cuentan con 1963 posibilidades de integración con servicios de diferentes proveedores. Entre estos se encuentran, por ejemplo, integraciones de paneles de alarmas, sensores, cámaras.

Se pueden realizar integraciones de servicios que proporcionan concesionarias de vehículos como Mazda o Renault para conocer el nivel actual de gasolina, su ubicación geográfica, realizar acciones como encendido y apagado del motor, apertura y cierre de puertas para mejorar la seguridad del vehículo. En muchos casos se necesita realizar un registro de una cuenta en una aplicación propia del proveedor del componente o servicio antes de proceder con la integración a Home Assistant. Luego ya se puede realizar la integración del servicio a la instancia de Home Assistant previamente definida.

Todas las integraciones de servicios compatibles con Home Assistant, tienen disponible un link de GitHub donde se encuentra disponible el código fuente. Cuando se trata de dispositivos sobre los cuales Home Assistant no tiene control de forma nativa, como en el caso de los tomacorrientes Sonoff, termostatos Vaillant/MultiMATIC y otros tantos más, se podrá instalar componentes personalizados desde los repositorios GitHub. Entre las marcas de dispositivos compatibles de forma nativa están interruptores de la marca Tuya, Tp-link, Vera, cámaras BloomSky, Ring, también es compatible con Global Caché el cual es un hardware que se puede controlar por TCP/IP el cual tiene una serie de puertos seriales RS232 e IR para el control de dispositivos como Splits, SmarTv entre otros (Home Assistant, 2022).

3. METODOLOGÍA

Se trata de una investigación aplicada, en la cual la teoría se lleva a la práctica con el objetivo de ayudar a las personas a resolver sus problemas de gestión de los diferentes dispositivos con los que cuentan en su hogar, a través de una aplicación web o móvil, ya sea desde su casa o desde el exterior.

La propuesta del sistema domótico se basa en una arquitectura centralizada y está compuesta de diferentes partes, en primer lugar, una tarjeta Raspberry pi 4 que hace las veces de hardware sobre el cual se instaló el sistema operativo de Home Assistant. Se descargó en un ordenador desde la web de Raspberry, la versión ISO del sistema operativo Home Assistant, ese archivo ISO se lo grabó en una tarjeta microSD de 8gb clase 10 utilizando un lector de memorias SD a USB, luego esta tarjeta se ingresó a la ranura SD de Raspberry. Se conectó Raspberry a la corriente con un transformador de 12v y a la red con un cable UTP y se verificó su IP con un programa de escaneo de red. Después de esperar aproximadamente 10 minutos hasta que se instale el sistema operativo, se procedió a descargar File editor que es un complemento para interfaz web para editar el archivo de configuración principal para poder añadir y programar las

acciones que realizará cada botón en la interface, además de programar triggers que son acciones que se realizan cuando se cumplen ciertas condiciones.

Con los pasos anteriores se logró acceder al servidor de Home Assistant de manera local es decir desde cualquier dispositivo que esté conectado a la misma red que el servidor, sin embargo, para acceder desde el exterior, se realizaron varios pasos adicionales, primero se ingresó a la interfaz web del router de la casa en el cual se habilitó el puerto 8123 que es el que utiliza Home Assistant, también el puerto 443 para poder establecer una conexión segura mediante Http.

24 -- VIRTUAL SERVERS LIST					
			Port	Traffic Type	
<input checked="" type="checkbox"/>	Name DuckDNS	<< Application Name ▼	Public Port 8123	Protocol Both ▼	Schedule Always ▼
	IP Address 192.168.0.108	<< Computer Name ▼	Private Port 8123	256	Inbound Filter Allow All ▼
<input checked="" type="checkbox"/>	Name HTTPS	<< Application Name ▼	Public Port 8443	Protocol Both ▼	Schedule Always ▼
	IP Address 192.168.0.108	<< Computer Name ▼	Private Port 443	256	Inbound Filter Allow All ▼

Figura 1. Habilitación de puertos

A Raspberry se le reservó una IP en la interfaz del router, de esta forma cuando se solicite el acceso desde el exterior a través del puerto 8123, será redirigido a la IP local definida para el servidor.

DHCP RESERVATIONS LIST					
Enable	Host Name	MAC Address	IP Address		
<input checked="" type="checkbox"/>	homeassistant	b8:27:eb:87:73:12	192.168.0.108		

Figura 2. Reservación de IP de servidor

Ahora bien, para poder acceder de una forma más sencilla a la IP definida localmente, se creó un DNS dinámico, usando el servicio web gratuito de Duck DNS, con esto se asoció un dominio a la IP pública para no tener el problema de que cuando se reinicie o apague el router, haya que verificar la nueva IP para poder acceder a Home Assistant. En Home Assistant se instaló el complemento de DuckDNS como se muestra en la Figura 3.

```
[18:21:59] INFO: Renew certificate for domains: jemmhome.duckdns.org and aliases:
# INFO: Using main config file /data/workdir/config
+ Creating chain cache directory /data/workdir/chains
Processing jemmhome.duckdns.org
+ Creating new directory /data/letsencrypt/jemmhome.duckdns.org ...
+ Signing domains...
+ Generating private key...
+ Generating signing request...
+ Requesting new certificate order from CA...
+ Received 1 authorizations URLs from the CA
+ Handling authorization for jemmhome.duckdns.org
+ 1 pending challenge(s)
+ Deploying challenge tokens...
OK + Responding to challenge for jemmhome.duckdns.org authorization...
```

Figura 3. Instalación de complemento DuckDNS en Home Assistant

Lo siguiente fue integrar los servicios de luces, cámara y control de encendido y apagado de un Split y un Televisor al sistema de Home Assistant. Las luces se controlaron usando la conectividad wifi de un interruptor inteligente, compatible de forma nativa con Home Assistant. El interruptor se configuró antes en la aplicación Smart Life, en la que se creó una cuenta y se lo agregó eligiendo la red wifi de la casa. Luego de comprobar el correcto funcionamiento del interruptor desde Smart Life, se creó una cuenta en la plataforma web de Tuya, que provee el servicio de alojamiento de datos en la nube. Esta plataforma funciona como el nexo entre la aplicación Smart Life y Home Assistant ya que se linkea a ambas. Luego de linkear la plataforma Tuya con Smart Life, en los datos de conexión se generó las claves de autorización, Id de acceso cliente y contraseña secreta cliente, los cuales son de suma importancia ya que se utilizaron luego en la plataforma de Home Assistant, además de los datos de inicio de sesión de la aplicación de Smart Life: usuario y contraseña, con esto ya se logró que el interruptor inteligente aparezca en Home Assistant, se lo probó y funcionó correctamente.

Manage Devices

You can choose either method to link devices. In the automatic mode, all devices under the app's will be linked with the cloud project if the device allowance of your IoT Core is sufficient. In the custom mode, you need to manually select and add device(s) to the cloud project.

Information

Name: jimmyeroemm@gmail.com Type: app账号

Linking Configuration

Device Management Method: Automatic Link [Modify](#)

Device List

Device Type Device Permission Enter device information for f... Search

Device Name	Device ID	Product	Device Status	Device Type	Activation Time	Device Permission	Operation
Wifi_1路开关-W601	00067760e09806de98d1	Wifi_1路开关-W601	Online	Real Device	2022-06-10 15:12:39	Read, write, and Manage	Unlink

Figura 4. Linkeo de cuenta de Smart Life en plataforma Tuya

Dado que se busca que el prototipo del sistema sea de bajo costo, se pensó en la integración de la cámara de un smartphone para usarla como cámara de seguridad la cual se puede colocar en cualquier habitación que el usuario guste. La configuración de la cámara se realizó en los siguientes pasos: el primero fue la instalación y configuración de la aplicación IP Webcam en el smartphone a usar como cámara, habilitando las opciones de username y password para una mayor seguridad. Una vez que se dio click a la opción de Iniciar Servidor, la app empezó a transmitir video, mientras se muestra la dirección Ip junto con el puerto utilizado: 192.168.0.107:8080. Para evitar que en algún momento se pierda la conexión, se reservó dicha dirección Ip en la interfaz administrable del router. Luego en Home Assistant se agregó la integración añadiendo en el archivo configuration.yaml las líneas que se observan en la Figura 5.

```
#cam-
android_ip_webcam:-
  - host: 192.168.107-
  - port: 8080-
  - name: Cam Sala-
  - username: ████████-
  - password: ████████-
```

Figura 5. Código para integración de IP Webcam en Home Assistant

Para el control del televisor y del Split de aire acondicionado, se utilizaron módulos IR de una interfaz Global Caché modelo iTach IP2IR-P. Las salidas IR de esta interfaz, se usaron, una para controlar el apagado, encendido y volumen de un televisor, y la otra para controlar el apagado, encendido y temperatura del Split.

Luego de conectar la interfaz con cable de red e identificar su IP, se descargó el software Ilearn y dentro de la ventana del software, en el campo IR Learn se seleccionó iTach Learner de acuerdo al modelo del dispositivo que se tiene, y se escribió la IP anteriormente identificada, luego click en Connect. Una vez establecida la conexión, se seleccionó el módulo y número de conector. El procedimiento para la captura de los comandos fue apuntar con el control remoto del Split hacia la interfaz y presionar el botón a capturar. El código generado se aprecia como ejemplo en la figura 6 en el formato propio de la interfaz, luego se puede elegir el formato Hexadecimal para efectos de la integración con Home Assistant. Con el botón Send IR se probó la funcionalidad de los comandos capturados. Este procedimiento se repitió para los comandos Off, On, Temp + y Temp -. De igual forma con los comandos Off, On, Ok, teclas de desplazamiento, y botones de acceso directo a Youtube y Netflix.

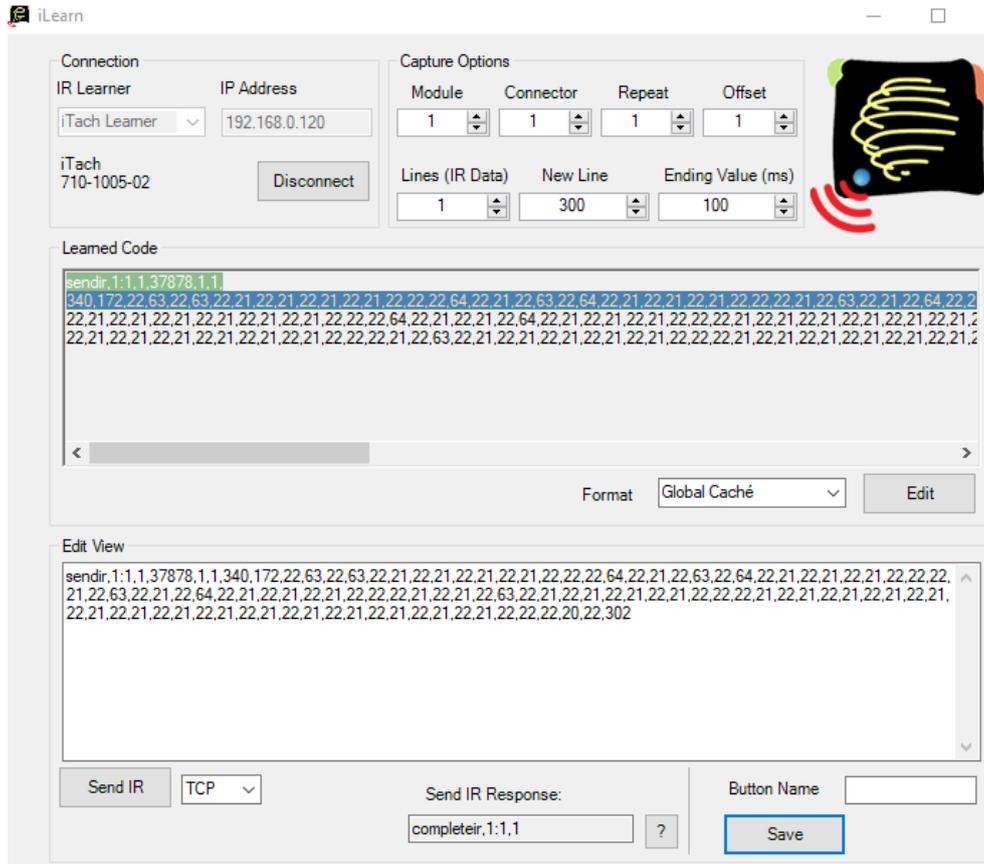


Figura 6. Captura de comandos en Ilearn de Global Cache

Dentro de Home Assistant, en el archivo configuration.yaml se configuró la conexión con la interfaz iTach de Global Caché como se muestra en la Figura 7, en el cual se incluye su ip y los comandos en formato Hexadecimal.

```
#IR Split-
remote:
  -- platform: itach-
  -- host: 192.168.0.120-
  -- devices:-
  -- -- name: Split-
  -- -- connaddr: 1-
  -- -- commands:-
  -- -- name: "ON_SPLIT"-
  -- -- data: "0000 006D 0000 00AC 0154 00AC 0016 0040 0016 0040 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 00-
  -- -- name: "OFF_SPLIT"-
  -- -- data: "0000 006D 0000 00AC 0154 00AC 0016 003F 0016 0040 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 00-
  -- -- name: "TEMP +"-
  -- -- data: "0000 006D 0000 00AC 0154 00AC 0016 003F 0016 003F 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 00-
  -- -- name: "TEMP -"-
  -- -- data: "0000 006D 0000 00AC 0154 00AC 0016 003F 0016 003F 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 0015 0016 00-
```

Figura 7. Configuración de interfaz iTach de Global Cache en Home Assistant

Para completar la integración en el archivo `scripts.yaml` se agregó la codificación para llamar a los servicios por el nombre asignado en el archivo `configuration.yaml`. Con este código también se añadieron los botones en la interfaz de usuario.

```
/config/scripts.yaml
1 #script SPLIT:-
2 split_on:-
3   alias: ON-
4   sequence:-
5     - service: remote.send_command-
6       data_template:-
7         entity_id: remote.split-
8         command: "ON SPLIT"-
9         device: remote.split-
10
11 split_off:-
12   alias: OFF-
13   sequence:-
14     - service: remote.send_command-
15       data_template:-
16         entity_id: remote.split-
17         command: "OFF SPLIT"-
18         device: remote.split-
19
20 split_tempincrease:-
21   alias: Temp+-
22   sequence:-
23     - service: remote.send_command-
24       data_template:-
25         entity_id: remote.split-
26         command: "TEMP +"-
27         device: remote.split-
28
29 split_tempdecrease:-
30   alias: Temp--
31   sequence:-
32     - service: remote.send_command-
33       data_template:-
34         entity_id: remote.split-
35         command: "TEMP -"-
36         device: remote.split-
37
```

Figura 8. Configuración de interfaz iTach de Global Cache en Home Assistant

En la Figura 9 se muestra la interfaz de Home Assistant con todos los servicios que se configuraron: luces, control de Tv, Split y video de una cámara de seguridad.

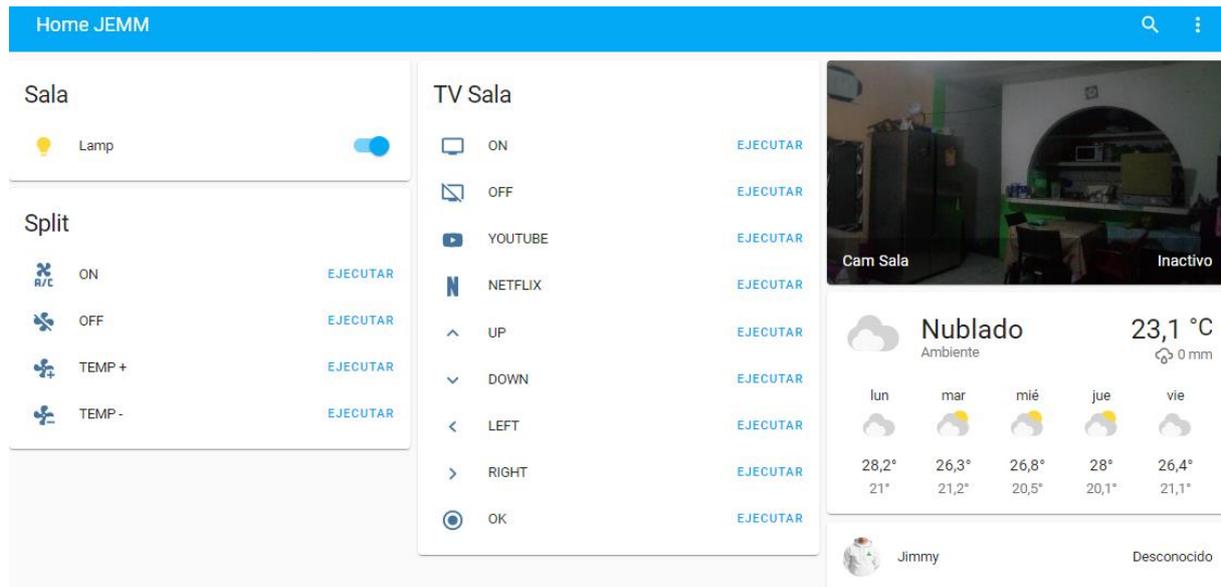


Figura 9. Interfaz de Home Assistant

3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas

Para responder la tercera pregunta de investigación, se aplicó la técnica de la encuesta. Se diseñó un cuestionario de preguntas enfocadas en evaluar la experiencia del usuario en cuanto a usabilidad y satisfacción brindada. El cuestionario estuvo compuesto de 6 preguntas y se realizó sobre una muestra de 40 personas entre 18 y 60 años. Los usuarios de la aplicación utilizaron todas sus opciones: control de luces, visualización de la cámara de seguridad, control de Split y de un televisor.

4. RESULTADOS

Los resultados se presentan en dos partes, en la primera se presenta el modelo de integración del sistema, en la segunda, la evaluación del prototipo del sistema domótico.

4.1. Modelo de integración para el sistema de automatización enfocado a los componentes de control de iluminación, temperatura y video

A continuación, se presenta el esquema del modelo de integración en el que se visualizan los diferentes dispositivos controlados entre los que se encuentran un televisor, un Split, luminaria y la cámara de un smartphone que actúa como una cámara de seguridad. En el modelo el usuario interactúa con el sistema a través de la interfaz de Home Assistant instalada en su smartphone. Raspberry es el hardware que hace las veces de servidor y que está conectado vía LAN a la red de la casa. El interruptor inteligente y la cámara de seguridad se comunican con el sistema vía

Wifi. El Split y el televisor se comunican con Global Caché mediante comunicación infrarroja y este a su vez se comunica con Home Assistant vía LAN.

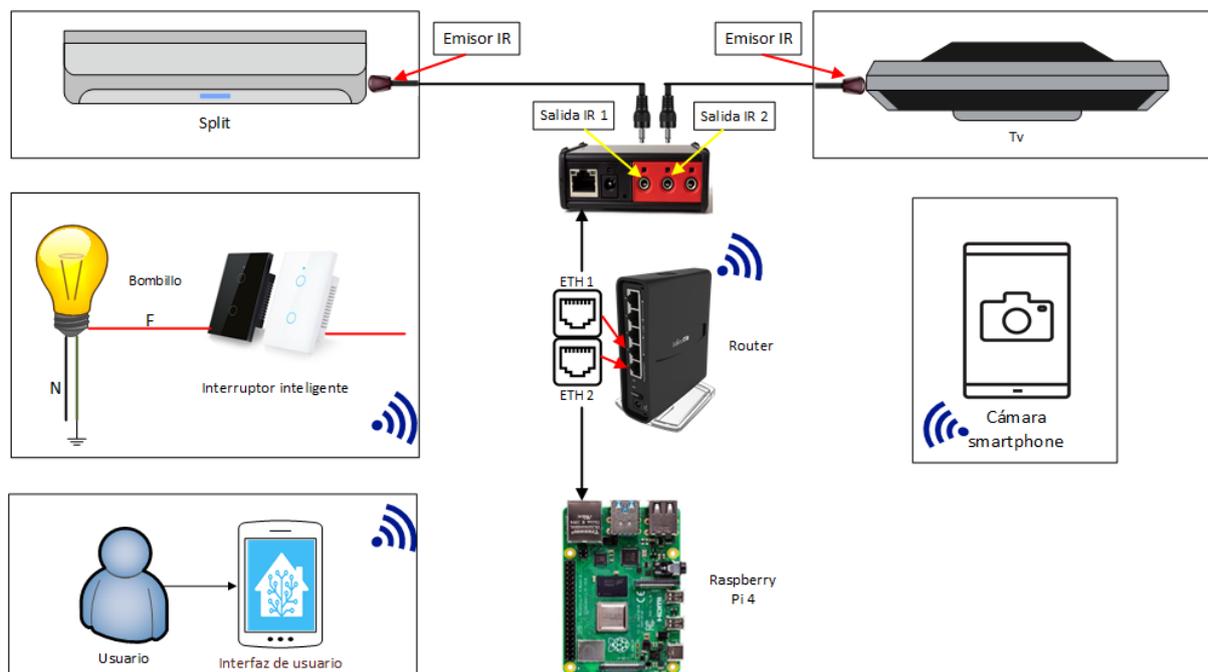


Figura 10. Diagrama esquemático de la propuesta de sistema domótico

4.2. Evaluación del prototipo de modelo de integración

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta aplicada a 40 usuarios del sistema. La funcionalidad de una aplicación es una de las principales características que se analizan en la fase de testeo. De igual forma es quizá la principal característica a la que los usuarios reales le dan importancia y de ella depende en gran parte la aceptación que le den a la aplicación (Saqib & Shahzad, 2018).

En este estudio el 100% de los usuarios indicó que la cantidad de operaciones que se pueden realizar en la aplicación domótica cumple con las funciones establecidas, lo que demuestra que todas las funciones con las que cuenta la aplicación realizan las acciones para las cuales fueron diseñadas.

Mientras tanto, el 70% de usuarios mencionó estar de acuerdo y el 20% algo de acuerdo con la forma de desplazarse por todas las opciones de la aplicación. Por su parte, el 2% está algo en desacuerdo y el 8% está en desacuerdo con la forma de desplazarse.

En cuanto a la característica de interfaz intuitiva, el 85% de usuarios está de acuerdo y el 10% algo de acuerdo con que la aplicación domótica desarrollada es intuitiva para su

funcionamiento, de manera que es fácil desplazarse por sus diferentes funciones. Mientras tanto, el 2% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo. El 3% está algo de acuerdo con esta afirmación.

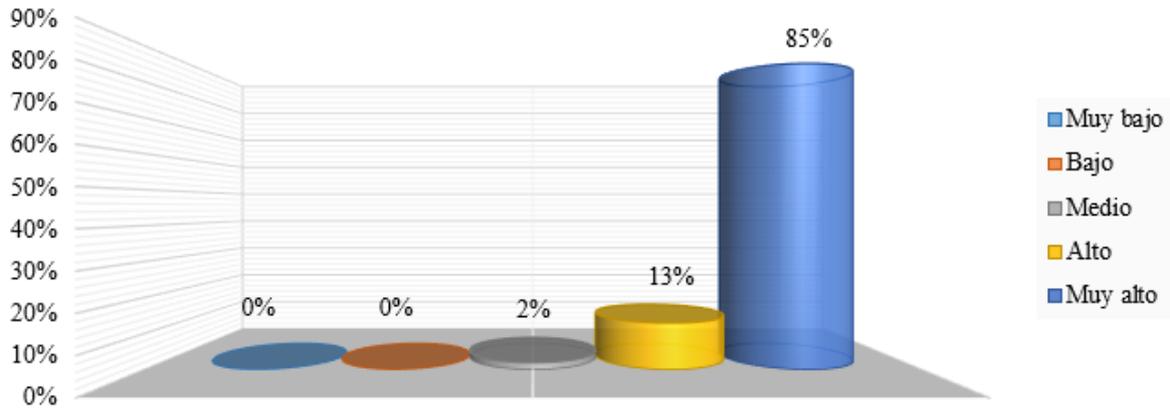


Figura 11. Satisfacción del usuario

En la figura 11 se muestran los resultados de la satisfacción del usuario al hacer uso de la aplicación domótica. En su mayoría, los usuarios presentaron altos porcentajes en cuanto a su satisfacción se refiere, el 98%. Mientras que solo el 2% demostró una satisfacción media. Esto demuestra que se sintieron bien al usarla, convirtiéndose en una buena experiencia para ellos.

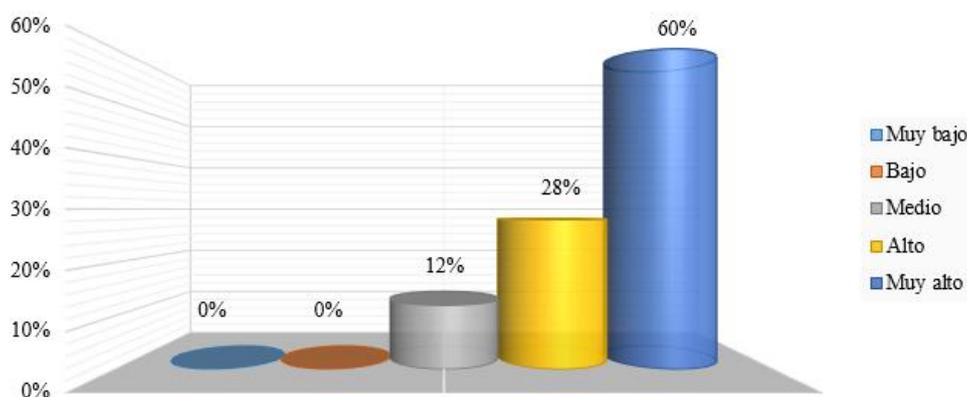


Figura 12. Percepción del nivel de seguridad

En la figura 12 se presentan los resultados respecto a la percepción del nivel de seguridad de los usuarios al monitorear cámaras de seguridad en tiempo real a través de la aplicación domótica. La mayoría de los usuarios, en total el 88% considera que la función para monitorear cámaras de seguridad en tiempo real, les provee de un nivel de seguridad alto y muy alto. Luego el 12% perciben un nivel de seguridad medio.

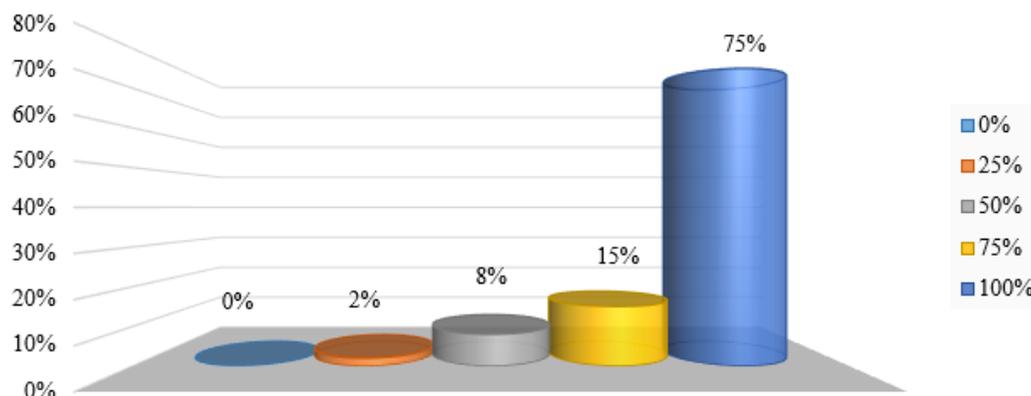


Figura 13. Percepción sobre el confort y calidad de vida

En la figura 13 se presenta la percepción que tienen los usuarios acerca de cuánto mejoraría esta aplicación su confort y calidad de vida, se usó una escala de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. El 75% de encuestados considera que la implementación de este sistema mejoraría su confort y calidad de vida en un 100%. El 15% considera que la mejoraría en un 75%. El 8% que la mejoraría en 50%. Mientras que el 2% solo la mejoraría en un 25%. Esto indica que la mayoría de los usuarios se sintió a gusto con el manejo de la aplicación y por ende estarían a gusto en seguir usándola en sus hogares, dado los beneficios en cuanto a confort y calidad de vida se refiere.

5. DISCUSIÓN

En este estudio se utilizaron varios elementos de hardware de bajo costo y software open source para el desarrollo del sistema domótico. Los servicios se integraron a partir de diferentes protocolos de comunicación como wifi, ethernet, infrarrojo para el control de luminarias, Tv's, Split's de aire acondicionado y monitoreo de cámaras de seguridad. En el estudio de Mustafa et al. (2021) usaron protocolos Wifi para el control remoto de luces, ventiladores y electrodomésticos, y la gestión de un sistema de detección de incendios. En el estudio desarrollado por Froiz-Míguez et al. (2018) evaluaron un sistema domótico IoT basado en el protocolo MQTT y nodos Sensores ZigBee-WiFi para la medición de temperatura, humedad, luminosidad y movimiento. Los autores usaron una tarjeta Raspberry Pi 1 para hacer las veces de servidor y demostraron la escalabilidad del sistema en términos de cantidad de protocolos y tecnologías agregadas.

En el presente estudio se evaluó el sistema desde la perspectiva de funcionalidad, usabilidad y satisfacción general del usuario. Otros estudios se centraron en el análisis técnico de la eficacia

del sistema a partir de los tiempos de respuestas del servidor (Montaño et al., 2021) e hicieron mediciones técnicas para cuantificar el consumo de energía de la implementación del sistema y compararla con la adición de seguridad y otros beneficios que provee al usuario (Karthick, Gomathi, Mahapatra, Rajakumari, & Parwekar, 2022), (Irugalbandara, Naseem, Perera, & Logeeshan, 2022) por lo que se puede incluir esta evaluación a futuro como continuación a este estudio.

Por los resultados obtenidos se demuestra la capacidad del prototipo de sistema domótico presentado en este estudio para ser configurado en viviendas y en primera instancia su escalabilidad, aunque se deben realizar a futuro mediciones objetivas como la medición de los tiempos de respuesta del servidor de Home Assistant conforme se agreguen más servicios y componentes al sistema.

6. CONCLUSIÓN

La construcción de sistemas domóticos requiere la acción entre sensores, controladores, actuadores y dispositivos terminales, que se comunican dentro de una arquitectura centralizada o distribuida.

En este estudio se desarrolló un prototipo de modelo de sistema domótico para la automatización de viviendas utilizando Raspberry pi 4 con Home Assistant como plataforma de integración de servicios, utilizando componentes factibles de integrar como un interruptor de luces inalámbrico marca Tuya, interfaz iTach de Global Caché para control por infrarrojo de un Tv y un Split, así como la integración de una cámara de un Smartphone para visualizar el video en tiempo real en un área específica de la casa. El prototipo de modelo de integración implementado demostró que los usuarios tuvieron una experiencia positiva en cuanto a usabilidad y satisfacción, dada la funcionalidad del sistema domótico que presenta una interfaz intuitiva y que se percibe como un aumento en el nivel de seguridad de los usuarios, además de la mejora de su confort y calidad de vida. Los sistemas domóticos como el desarrollado en este estudio, son una alternativa funcional para personas que requieren automatizar sus viviendas usando elementos que se pueden adquirir a bajo costo y cuyo software es open source. El usuario final puede configurar su propio sistema, usando plataformas como Home Assistant, que cuentan con la documentación oficial de los cientos de integraciones posibles. Por esta razón la configuración y despliegue de este tipo de sistemas se presentan como una tendencia en aumento para los próximos años.

REFERENCIAS

- Alam, I., Khusro, S., & Naeem, M. (2018). A review of smart TV: Past, present, and future. *ICOSST 2017 - 2017 International Conference on Open Source Systems and Technologies, Proceedings, 2018-Janua*(6), 35–41. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOSST.2017.8279002>
- Ali, S., Quadri, I., & Engineering, C. (2017). *System*. 861–866.
- Álvarez Paredes, K. A., & Palaguachi Lliguichuzhca, I. (2015). *Diseño de un módulo didáctico para sistemas de control domótico con aplicaciones de video vigilancia supervisado por un teléfono móvil*.
- Arias Hermenegildo, C. G., Heredia Montiel, J. E., & Tufiño Espinoza, J. S. (2018). *Activación/desactivación de elementos que componen el hogar desde un celular (Domótica)*.
- Asadullah, M., & Ullah, K. (2017). Smart home automation system using Bluetooth technology. *ICIEECT 2017 - International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies 2017, Proceedings*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIEECT.2017.7916544>
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2017). Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14450>
- Ayala Carabajo, R., Llerena Izquierdo, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., ... Parra, P. (2016). Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad Memoria académica. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- Ayala Carabajo, R., Llerena Izquierdo, J., Rocha, J. J., Andrade, C., Torres, J. C., Torres, S., ... others. (2014). *Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica*.
- Ayala, R., Llerena, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., & Cueva, J. (2016). Segundo Congreso Salesiano de Ciencia. Retrieved from Tecnología e Innovación para la Sociedad website: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- Banguera Del Castillo, F. J., & Mera Bautista, B. A. (2021). *Diseño e implementación de módulos didácticos para el desarrollo de aplicaciones HMI mediante el uso de microcontroladores SMD y pantallas NEXTION*.
- Barberán Vizueta, M. S., & Chela Criollo, J. K. (2021). Prótesis impresas en 3D y aplicativo móvil de geolocalización: Caso de Estudio Novus Spem. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20293>
- Campuzano Bulgarín, A., & Cedeño Vélez, V. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad de control local y remoto con dispositivos de vigilancia, desarrollo local y remoto con dispositivos de vigilancia, desarrollado en el software PYTHON, centralizándose en ua tarjeta RASPBERRY PI*.
- Cedeño Ramos, D. A., & Moncayo Solís, L. E. (2019). *Diseño e implementación de una plataforma de control de acceso magnético/biométrico y supervisión remota basado en raspberry pi*.
- Chaurasia, T., & Jain, P. K. (2019). Enhanced Smart Home Automation System based on Internet of Things. *Proceedings of the 3rd International Conference on I-SMAC IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, I-SMAC 2019*, 709–713. IEEE. <https://doi.org/10.1109/I-SMAC47947.2019.9032685>
- Chicaiza Satan, L. M. (2017). *Diseño e implementación de un sistema domótico mediante una tarjeta raspberry Pi y controlado con una aplicación android para que personas con discapacidad física puedan cumplir tareas básicas del hogar*.
- de la Nube Toral Sarmiento, A., Loaiza Martínez, M. de L., Llerena Izquierdo, J., Ayala Carabajo, R., Torres Toukoumidis, A., Romero-Rodríguez, L. M., ... others. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*.
- Dickey, N., Banks, D., & Sukittanon, S. (2012). Home automation using cloud network and mobile devices. *Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON*, 13–16. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SECon.2012.6197003>

- Froiz-Míguez, I., Fernández-Caramés, T., Fraga-Lamas, P., & Castedo, L. (2018). Design, Implementation and Practical Evaluation of an IoT Home Automation System for Fog Computing Applications Based on MQTT and ZigBee-WiFi Sensor Nodes. *Sensors*, 18(8), 2660. <https://doi.org/10.3390/s18082660>
- García Tinoco, J. P., & López Ortega, J. L. (2019). *Diseño e implementación de un sistema domótico ininterrumpido con iluminación, sistemas de vigilancia y automatización, sistemas de vigilancia y automatización de portones de ingreso utilizando control pid y labview*.
- Gordon Sánchez, B. R., & Tacuri Romero, E. G. (2016). *Diseño e implementación de un módulo didáctico de domótica por medio de láminas con la tarjeta raspberry PI y el programa QT en la universidad politécnica salesiana sede Guayaquil*.
- Gruezo Realpe, M. S. (2017). *Diseño, elaboración e implementación de un sistema domótico para personas con nictalopía de la escuela especial de integración e inclusión " Serli" controlando la iluminación mediante un dispositivo móvil*.
- Home Assistant. (2022). Integrations.
- Irugalbandara, I. B. C., Naseem, A. S. M., Perera, M. S. H., & Logeeshan, V. (2022). HomeIO: Offline Smart Home Automation System with Automatic Speech Recognition and Household Power Usage Tracking. *2022 IEEE World AI IoT Congress (AIoT)*, 571–577. IEEE. <https://doi.org/10.1109/AIIoT54504.2022.9817282>
- Karthick, S., Gomathi, N., Mahapatra, R. P., Rajakumari, A., & Parwekar, P. (2022). Various Security Problems and Its Solving for Future Dynamic IoT-Based Smart Home Automation. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 341, 739–760. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7118-0_63
- Kaur, I. (2010). Microcontroller Based Home Automation System with Security. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 1(6), 101–104. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2010.010610>
- Llerena-Izquierdo, J., Barberan-Vizueta, M., & Chela-Criollo, J. (2020). Novus spem, 3D printing of upper limb prosthesis and geolocation mobile application. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2020(E33), 127–140.
- Llerena-Izquierdo, J., & Merino-Lazo, M. (2021). Aplicación móvil de control nutricional para prevención de la anemia ferropénica en la mujer gestante. *Revista InGenio*, 4(1), 17–26. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v4i1.364>
- Llerena-Izquierdo, J., Viera-Sanchez, N., & Rodriguez-Moreira, B. (2020). Portable Device and Mobile Application for the Detection of Ultraviolet Radiation in Real Time with a Low Cost Sensor in Arduino. *Communications in Computer and Information Science*, 1193 CCIS, 301–312. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42517-3_23
- Llerena Izquierdo, J. (2014). Presentación. Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10961>
- Llerena Izquierdo, J. (2020). *Codifica en Python*. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19346>
- Llerena Izquierdo, J., Ortiz Rojas, J. G., Mora Saltos, N. S., & Freire, L. (2009, February 20). Sistema de Gestión de Asistencia Institucional, SIGAI. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/767>
- Lohan, V., & Singh, R. P. (2019). Home Automation Using Internet of Things. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 39, pp. 293–301). IEEE. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0277-0_24
- Manojkumar, P., Suresh, M., Ayub Ahmed, A. Al, Panchal, H., Rajan, C. A., Dheepanchakkravarthy, A., ... Sadasivuni, K. K. (2021). A novel home automation distributed server management system using Internet of Things. *International Journal of Ambient Energy*. <https://doi.org/10.1080/01430750.2021.1953590>
- Maragatham, T., Balasubramanie, P., & Vivekanandhan, M. (2021). IoT Based Home Automation System using Raspberry Pi 4. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1055(1), 012081. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1055/1/012081>
- Montaño, M., Briceño, J., Jiménez, O., & González, E. (2021). Sistema integral de hogar inteligente

- basado en Home Assistant y Raspberry Pi. In *Tecnología e Innovación frente a los desafíos de un siglo en curso*. UISRAEL. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&q=ciencia#4
- Orsi, E., & Nesmachnow, S. (2017). Smart home energy planning using IoT and the cloud. *2017 IEEE URUCON, URUCON 2017, 2017-Decem(Cc)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/URUCON.2017.8171843>
- Pazmiño Sánchez, C. A. (2021). Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Pintilie, L. N., Pop, T., Gros, I. C., & Mihai Iuoras, A. (2019). An I2C and Ethernet based open-source solution for home automation in the IoT context. *2019 54th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2019 - Proceedings, 2019–2022*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2019.8893583>
- Report, M. P., & Saju, A. (n.d.). *An Integrated Solution for Examination Management*. 1–90.
- Rodríguez Véliz, H. A. (2021). *Análisis de las ventajas ofrecidas por la domótica en los hogares: un mapeo sistemático*.
- Sánchez Guzmán, C. O. (2021). Modelo de red segura en un entorno distribuido para la transferencia de datos con mecanismos básicos de seguridad. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20321>
- Saqib, N. us, & Shahzad, S. (2018). An Attempt towards Model Based Functionality, Performance, and Compatibility Testing. *Signals and Telecommunication*, 7(2), 52. <https://doi.org/10.6025/stj/2018/7/2/52-62>
- Sayed, A., Alsalemi, A., Himeur, Y., Bensaali, F., & Amira, A. (2022). Endorsing Energy Efficiency Through Accurate Appliance-Level Power Monitoring, Automation and Data Visualization. In B. Mohamed, L. Horia-Nicolai, M. Tomader, S. Parthasarathy, & B. Anouar (Eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies* (Vol. 237, pp. 603–617). https://doi.org/10.1007/978-981-16-3637-0_43
- Schuster, F., Kastner, W., & Granzer, W. (2012). Integrating smart cameras into ZigBee. *2012 9th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems*, 67–70. IEEE. <https://doi.org/10.1109/WFCS.2012.6242543>
- Shi, Z., Chu, J., Geng, L., Zheng, P., & Liu, D. (2020). Design of smart home control system based on embedded system. *ITAIC 2020 - IEEE 9th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference, 2020*, 2209–2213. <https://doi.org/10.1109/ITAIC49862.2020.9338823>
- Shinde, A., Kanade, S., Jugale, N., Gurav, A., Vatti, R. A., & Patwardhan, M. M. (2017). Smart Home automation system using IR, bluetooth, GSM and android. *2017 Fourth International Conference on Image Information Processing (ICIIP), 2018-Janua*, 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIIP.2017.8313770>
- Souza, L. C., Rodrigues, J. J. P. C., Scarpioni, G. D., Santos, D. A. A., De Albuquerque, V. H. C., & Dhurandher, S. K. (2018). An IoT Automated Curtain System for Smart Homes. *2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2018*, 249–253. <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2018.8554650>
- Talal, R. (2020). *Home automation using wireless sensor networks and network topologies*.
- Vieira, A., Blanco, X., & Quijadas, D. (2018). Sistema domótico para control de temperatura e iluminación de un apartamento para lesionados medulares (paraplégicos). *Rev. Tekhné*, 21, 23–045. Retrieved from <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/3988>
- Wang, Y., & Dong, P. (2016). The design and implementation of the voice control system of smart home based on iOS. *2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, IEEE ICMA 2016*, 133–138. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMA.2016.7558548>