



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA**  
**EL CONTROL DEL CONSUMO**  
**ELÉCTRICO Y SEGURIDAD EN RESIDENCIAS.**

---

**Trabajo de Titulación Modalidad:** Proyecto de Investigación, presentado previo a  
la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

**ARÉA:** Electrónica y Comunicaciones

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Tecnologías de la información y Sistemas de  
Control

**AUTOR:** Ludving Renato Ortiz Torres

**TUTOR:** Ing. Juan Pablo Pallo Noroña

**Ambato – Ecuador**

**marzo – 2023**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DEL CONSUMO ELECTRICO Y SEGURIDAD EN RESIDENCIAS, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Ludving Renato Ortiz Torres, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, 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 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2023

-----  
Ing. Juan Pablo Pallo Noroña  
TUTOR

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DEL CONSUMO ELECTRICO Y SEGURIDAD EN RESIDENCIAS 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



---

Ludving Renato Ortiz Torres

C.C. 1803370046

AUTOR

## DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación 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



---

Ludving Renato Ortiz Torres

C.C. 1803370046

AUTOR

## **APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Ludving Renato Ortiz Torres, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DEL CONSUMO ELECTRICO Y SEGURIDAD EN RESIDENCIAS, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2023

-----  
Ing. Elsa Pilar Urrutia  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

-----  
Ing. Marco Jurado  
PROFESOR CALIFICADOR

-----  
Ing. Mario García  
PROFESOR CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado especialmente para aquellas personas que estuvieron durante todo el transcurso de mi vida universitaria, mi madre Rocio Torres y padrastro Ernesto Benítez por ser mi sustento, mi aliento y mi inspiración ya que siempre han estado apoyándome incondicionalmente, a mis amigos que han llegado a ser como familia y haberme apoyado cada momento de mis estudios entre estos Luis, Andrés, Viviana, Christian, Walter y Carlos, todos han sido mi motivación de seguir adelante y nunca dejar a un lado mis objetivos para así poder culminar mis estudios.

Ludving Renato Ortiz Torres

## **AGRADECIMIENTO**

Al ver el resultado logrado con este ambicioso proyecto solamente se me ocurre decir ¡Gracias!, gracias a Dios por darme salud y vida para seguir de pie.

A la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por abrirme sus puertas, a los docentes que fueron parte de este grandioso proceso compartiendo sus conocimientos y su amistad, al ingeniero Juan Pablo Pallo por ser mi guía en el desarrollo de este proyecto.

Agradecimientos a todos compañeros de universidad y trabajo por todos los momentos buenos y malos que hemos compartido, gracias por su amistad y apoyo.

Ludving Renato Ortiz Torres

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xviii
ABSTRACT.....	xix
GLOSARIO .....	xx
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Antecedentes investigativos .....	1
1.2.1. Contextualización del problema.....	5
1.2.2. Fundamentación Teórica.....	7
1.3. Objetivos .....	17
1.3.1. Objetivo General .....	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO II .....	19
METODOLOGÍA .....	19
2.1. Métodos .....	19

2.1.1.	Modalidad de Investigación .....	19
2.1.2.	Población y muestra .....	20
2.1.3.	Recolección de Información .....	20
2.1.4.	Procesamiento y Análisis de Datos .....	20
2.1.5.	Desarrollo del proyecto .....	20
CAPÍTULO III .....		22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		22
3.1.	Introducción.....	22
3.2.	Evaluación del consumo energético del domicilio.....	22
3.2.1.	Factor de simultaneidad (FS) .....	23
3.2	Análisis de riesgo .....	27
3.2.2.	Método de riesgo por cuantificación de pérdida material.....	30
3.2.3.	Método de análisis de Mosler .....	31
3.3.	Análisis de alternativas tecnológicas con IA en la domótica. ....	33
3.3.1.	Home Assistant .....	33
3.3.2.	Amazon Alexa.....	34
3.4.	Desarrollo de la propuesta del sistema .....	35
3.4.1.	Diagrama general de funcionamiento .....	35
3.4.2.	Etapas 1: Reconocimiento de datos del entorno .....	36
3.4.3.	Etapas 2: Procesamiento de datos.....	43
3.4.4.	Etapas 3: Activación de actuadores .....	52
3.4.5.	Monitoreo de variables y envío de alertas. ....	56
3.5.	Diseño e implementación del sistema .....	58
3.5.1.	Adquisición de datos .....	61
3.5.2.	Acondicionamiento .....	62
3.6.	Configuración electrónica de sensores .....	64
3.6.1.	Sensor de corriente SCT-013 .....	64

3.6.2.	Sensor de voltaje ZMPT101B.....	65
3.6.3.	Sensor de presencia.....	66
3.6.4.	Sensor magnético.....	67
3.6.5.	Micrófono HAT WM8960.....	67
3.6.6.	Cámara genius.....	69
3.6.	Procesamiento de datos.....	70
3.6.1.	Voltaje y corriente.....	70
3.6.2.	Sensor de presencia y magnético.....	71
3.6.3.	Reconocimiento de Voz.....	72
3.6.4.	Reconocimiento de rostros.....	74
3.6.5.	Bot de Telegram.....	76
3.6.6.	Activación de relés.....	77
3.7.	Desarrollo del asistente de voz.....	78
3.8.	Desarrollo del reconocimiento de rostros.....	82
3.9.	Desarrollo del bot de Telegram.....	84
3.10.	Desarrollo de control de consumo energético.....	86
3.11.	Desarrollo de plataforma IoT.....	88
3.12.	Diseño de placas electrónicas.....	92
3.13.	Montaje y ubicación de componentes electrónicos.....	93
3.14.	Diseño 3D de case del prototipo.....	94
3.15.	Pruebas de funcionamiento del sistema.....	96
3.15.1.	Verificación de datos en la plataforma IoT.....	96
3.15.2.	Verificación de reconocimiento de rostros.....	97
3.15.3.	Pruebas de sensores.....	99
3.15.4.	Pruebas del asistente de voz.....	100
3.15.5.	Pruebas de medidor energético.....	105
3.16.	Optimización de consumo energético.....	110

3.17.	Costo/Beneficio .....	111
3.17.1.	Costo del prototipo .....	111
3.17.2.	Costo de otros prototipos.....	111
3.17.3.	Análisis comparativo .....	113
3.17.4.	Análisis costo/beneficio .....	114
CAPÍTULO IV.....		115
4.1.	CONCLUSIONES.....	115
4.2.	RECOMENDACIONES .....	116
BIBLIOGRAFÍA .....		117
5.	Referencias.....	117
ANEXOS .....		127

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes .....	24
Tabla 2 Análisis de potencia instalada para iluminación y tomacorrientes .....	24
Tabla 3 Factores de demanda para cargas especiales.....	25
Tabla 4 Potencia instalada de cargas especiales .....	25
Tabla 5 Potencia instalada total.....	26
Tabla 6: Histórico de consumo eléctrico.....	26
Tabla 7 Riesgos presentes en el domicilio. ....	29
Tabla 8 Bienes materiales en valores económicos por área .....	30
Tabla 9 Cuantificación de riesgos por área .....	31
Tabla 10 Cuantificación de riesgos .....	32
Tabla 11 Comparación de sensores de voltaje .....	37
Tabla 12 Comparativa de sensores de corriente no invasivos.....	38
Tabla 13 Características de cámaras compatibles con Raspberry Pi [48].....	39
Tabla 14 Características del micrófono receptor de ordenes .....	40
Tabla 15 Sensores de presencia.....	41
Tabla 16 Resumen comparativo de sensores magnéticos .....	43
Tabla 17 Características de la tarjeta Raspberry PI 4 MODEL B.....	45
Tabla 18 Características de modulo wifi.....	46
Tabla 19 Plataformas de conversión de voz a texto.....	47
Tabla 20 Comparativa del clasificador respecto a los fps y precisión .....	48
Tabla 21 Resume comparativo de reconocimiento facial con tres metodologías .....	51
Tabla 22 IDE's de programación para IA.....	52
Tabla 23 Comparación de módulos de relé compatibles con microcontroladores.....	54
Tabla 24: Comparación de cerraduras magnéticas.....	54
Tabla 25 Comparación de sirenas para casas.....	55
Tabla 26: Plataformas de monitoreo. ....	56
Tabla 27: Comparación de plataformas de mensajería. ....	58
Tabla 28 Librerías importadas con la sentencia import .....	79
Tabla 29 Librerías instaladas para el bot de telegram.....	80
Tabla 30 Librerías adicionales para reconocimiento e identificación facial.....	82
Tabla 31: Registros de ingresos al domicilio. ....	98

Tabla 32 Resumen de funcionamiento de sensores .....	99
Tabla 33 Pruebas de reconocimiento de voz.....	101
Tabla 34: Registro de comandos recibidos por el asistente de voz.....	102
Tabla 35 Resumen de pruebas a 1 y 4 metros de separación de Alexa.....	104
Tabla 36: Registro de medidor energético instalado.....	107
Tabla 37 Resumen comparativo de consumo energético antes y después de la implementación .....	110
Tabla 38 Costos de los elementos del sistema .....	111
Tabla 39 Dispositivos utilizados en la domótica.....	112
Tabla 40 Comparativa de costo beneficio de asistentes del mercado vs diseñado ..	113
Tabla 41: Comparación costo/beneficio. ....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura IoT [23].....	11
Figura 2 Sistema de control automático. [24] .....	12
Figura 3 Arquitectura de un sistema embebido. [28].....	14
Figura 4 Modelo típico de sistema de gestión de la energía en el hogar (EMS). [32]16	
Figura 5 Visión conceptual del prototipo. [33] .....	17
Figura 6 Gráfica del consumo eléctrico mensual.....	27
Figura 7 Historial de facturas desde enero a julio del año 2022.....	27
Figura 8 Estadística de delincuencia 2019-2021 [39].....	28
Figura 9 Diagrama de componentes de seguridad .....	28
Figura 10: Diagrama de bloques de la propuesta de funcionamiento del sistema .....	35
Figura 11 Diagrama de la etapa 1. ....	36
Figura 12 Diagrama de elementos funciones de etapa 2.....	44
Figura 13 Diagrama de proceso de la etapa 3 .....	53
Figura 14 Diagrama de proceso de la etapa 4 .....	56
Figura 15 Diagrama de distribución del sistema.....	59
Figura 16 Esquematación y distribución del sistema.....	60
Figura 17 Flujograma general de funcionamiento .....	62
Figura 18 Diagrama acondicionador de señal análogo-digital.....	63
Figura 19 acondicionamiento de señal del micrófono HAT .....	64
Figura 20 Diagrama de conexión de ESP32, ASD1115 y sensor de corriente .....	65
Figura 21 Diagrama de conexión de sensor de voltaje y ESP32.....	66
Figura 22 Diagrama de conexión de sensor PIR y microcontrolador ESP32 .....	67
Figura 23 Diagrama de conexión del sensor magnético con la ESP32.....	67
Figura 24 Ventana de verificación de instalación de controlador.....	68
Figura 25 Ventana de verificación de versión de kernel.....	68
Figura 26 Regulación de volumen .....	69
Figura 27 Diagrama de conexión Facecam 1000x con Raspberry pi 4.....	69
Figura 28 Diagrama de flujo de programación del medidor .....	71
Figura 29 Sensor de presencia y magnético .....	72
Figura 30 Flujograma de procesos de reconocimiento de voz.....	74
Figura 31 Flujograma del algoritmo de reconocimiento facial .....	76
Figura 32 Flujograma de proceso de BOT de alertas por Telegram .....	77

Figura 33	Flujograma de procesos de activación de relés.....	78
Figura 34	Ventana de búsqueda de BotFather .....	84
Figura 35	Ventana de creación de “NewBot” .....	85
Figura 36	Determinación de nombre al nuevo bot.....	85
Figura 37	Ventana de obtención de toquen de verificación de BotFather. ....	86
Figura 38	Conversación por telegram con el nuevo bot. ....	86
Figura 39	Flujograma de flujo de programación del medidor .....	87
Figura 40	Ventana de acceso a las configuraciones de app. ....	89
Figura 41	Ventana de configuración de conexión.....	89
Figura 42	Configuración de Topic (A) Configuración de on/off (B).....	90
Figura 43	Configuración en app de corriente (A) y voltaje (B).....	90
Figura 44	Configuración en app de corriente (A) y voltaje (B).....	91
Figura 45	Configuración para visualización de la potencia (B) y total a pagar (A). .	91
Figura 46	Interfaz de visualización de variables de potencia voltaje, corriente y consumo energético (A) y el análisis estadístico (B). ....	92
Figura 47	PCB módulo de medición de corriente y voltaje (B) módulo de dispositivos adicionales (A) .....	93
Figura 48	Montaje en la placa del módulo de control energético (A), módulo de gestión de dispositivos restante (B) .....	93
Figura 49	Diseño en fusión 360 .....	94
Figura 50	Diseño del case en 3D.....	94
Figura 51	Diseño del case en 3D del prototipo. ....	95
Figura 52	Montaje del microcontrolador principal Raspberry pi en case .....	95
Figura 53	Montaje del circuito de ESP 32 en case de protección .....	95
Figura 54	Instalación de circuito de ESP 32, sensores y actuadores .....	96
Figura 55	Visualización de datos energéticos en la app Iot MQTT Panel.....	97
Figura 56	Verificación de captura de imagen rostro .....	97
Figura 57	Resultados obtenidos en pruebas a una distancia de un metro. ....	101
Figura 58	Resultados obtenidos en pruebas a una distancia de cuatro metros.....	102
Figura 59	Resultados obtenidos de pruebas realizadas a una distancia de un metro. ....	104
Figura 60	Resultados obtenidos de pruebas realizadas a una distancia de 4 metros. ....	105

Figura 61 Resultados de medición de corriente con el medidor energético .....	106
Figura 62 Magnitudes de corriente del multímetro ProKit MT1710 .....	107

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Algoritmo para configuración de la tarjeta de sonido .....	127
<b>Anexo 2</b> Factura de consumo eléctrico post implementación en el mes de agosto	128
<b>Anexo 3</b> Planilla de consumo energetico en el mes de Julio. ....	129
<b>Anexo 4</b> Planilla de consumo energetico antes de la implementacion mes de junio. .....	130
<b>Anexo 5</b> Script de reocnacimiento de rostros .....	131
<b>Anexo 6</b> Reconoeiciomiento de voz .....	134
<b>Anexo 7</b> Fragmento de metodología de reconocimiento facial haardcascade .....	143
<b>Anexo 8</b> Fragmento de script de metodología de reconocimiento facial Haardcascade FrontalFaces .....	144

## RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente el aumento de la delincuencia en la ciudad de Ambato es un factor común, según estadísticas de la revista virtual CEDIA, los días con más situaciones delictivas son: lunes, miércoles y viernes, mientras que el horario de mayor delincuencia oscila entre las 12:00 y las 17:00 horas, los delitos se presentan con diversas acciones tales como: robo domiciliario, hurto de vehículos, asalto a domicilio, etc., estas situaciones se presentan frecuentemente en los domicilios en donde por motivos de trabajo, estudio u otras actividades cotidianas dejan sus hogares desatendidos, convirtiéndolos en blancos ideales para realizar dicho hecho delictivo.

Ante esta situación, en este trabajo se propone un dispositivo que gestiona de forma automática el acceso o denegación de ingreso a la vivienda mediante reconocimiento facial, aumentando parcialmente la seguridad del hogar. La propuesta de dispositivo también tiene en cuenta un aspecto importante relacionado con el consumo de electricidad, es común en nuestros hogares dejar encendidos dispositivos que no necesariamente están en uso, con el asistente inteligente se pretende controlar el apagado y encendido automático de estos dispositivos, y de esta manera disminuir el consumo de energía. Esta funcionalidad de control de los aparatos eléctricos se relaciona también con el aspecto de seguridad, mediante el encendido automático permite simular la presencia de personas al interior del domicilio cuando se encuentra abandonada.

Para el desarrollo del dispositivo se realizó investigación bibliográfica de trabajos relacionados con la automatización de hogares y dispositivos IoT como: centros de control, controles de iluminación, enchufes inteligentes y dispositivos de seguridad inteligentes que permiten lograr un control automático.

Con la implementación del dispositivo se logró un mejor control de las personas que pueden acceder al domicilio, y la optimización de consumo de energía eléctrica reduciendo el valor a pagar por concepto de consumo de electricidad.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, IoT, Redes Inteligentes, Infraestructura de medida avanzada.

## ABSTRACT

Currently the increase in crime in the city of Ambato is a common factor, according to statistics from the virtual magazine CEDIA, the days with the most criminal situations are: Monday, Wednesday and Friday, while the peak crime hours range between 12:00:00 and 5:00 p.m., those are presented with various actions such as: home robbery, vehicle theft, home assault, etc., these situations frequently occur at homes where for reasons of work, study or other activities daily leave their homes unattended, turning them into ideal targets to carry out said criminal act.

Faced with this situation, this paper proposes a device that automatically manages access or denial of entry to the home through facial recognition, partially increasing home security. The device proposal also takes into account an important aspect related to electricity consumption, it is common in our homes to leave devices that are not always in use on, with the intelligent assistant it is intended to control the automatic turning off and on of these devices, and thus reducing energy consumption. This control functionality of electrical appliances is also related to the security aspect, through automatic ignition it allows simulating the presence of people inside the home when it is abandoned.

For the development of the device, bibliographic research was carried out on works related to home automation and IoT devices such as: control centers, lighting controls, smart plugs and intelligent security devices that allow automatic control to be achieved.

With the implementation of the device, a better control of the people who can access the home was modified, and the optimization of electric energy consumption, reducing the value to be paid for electricity consumption.

**Keywords:** Artificial intelligence, IoT, Smart Grids, Advanced Measurement Infrastructure.

## GLOSARIO

- IA:** Inteligencia artificial
- GSM:** Sistema global para las comunicaciones móviles
- HMI:** Human-machine interface (Interfaz humano-máquina)
- WLAN:** wireless local area network (Red de area local)
- API:** application programming interface (interfaz de programación de aplicaciones)
- RAH:** reconocimiento automático del habla
- IOT:** internet of things (internet de las cosas)
- CPS:** cyber-physical systems (sistemas ciber-físicos)
- M2M:** machine to machine (máquina a máquina)
- LORA:** long range (largo alcance)
- SPA:** smart personal assistant (asistentes personales inteligentes)
- ML:** machine learning (aprendizaje automático)
- DL:** deep learning (aprendizaje profundo)
- TTS:** text to speech (texto a voz)
- STT:** speech to text (voz a texto)
- M2P:** machine to person (máquina a persona)
- CoAP:** Constrained Application Protocol (protocolo de aplicación restringida)
- MQTT:** Message Queuing Telemetry Transport (transporte de telemetría en cola de mensajes)
- XMPP:** Extensible Messaging and Presence Protocol (protocolo extensible de mensajería y presencia)
- TCP:** Transfer Control Protocol (protocolo de control de transferencia)
- XML:** Extensible Markup Language (lenguaje de marcado extensible)
- SQL:** Structured Query Language (lenguaje de consulta estructurado)
- DBMS:** Database Management System (Sistema de administración de base de datos)
- EMS:** electric management system (Sistema de gestión eléctrica)
- DSM:** demand management system (Sistema de gestión de la demanda)
- SG:** smart grid (red inteligente)
- RD:** respuesta a la demanda eléctrica
- WAN:** Wireless area network (red de área inalámbrica)
- NAN:** near area network (red de área cercana)
- HAN:** human area network (red de área humana)

**AMI:** advance measure infrastructure (infraestructura de medida avanzada)  
**EMC:** electric management controller (controlador de gestion eléctrica)  
**AIOT:** artificial intelligent of things (inteligencia artificial de las cosas)  
**ARM:** Advanced RISC Machine (máquina RISC avanzada)  
**FS:** factor de simultaneidad  
**FD:** factor de demanda  
**CE:** cargas especiales  
**FPS:** Frames per second (fotogramas por segundo)  
**PCA:** principal components analysis (análisis de components principales)  
**LDA:** Discriminat Lineal Analysis (análisis lineal discriminatorio)  
**LBPFACES:** Local Binary Patterns Faces (caras de patrones binarios locales)  
**LBPH:** Local Binary Patterns Histogram (histograma de patrones binarios locales)  
**GPIO:** general purpose input-output (entrada-salida de propósito general)

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### **1.1. Tema de investigación**

Sistema domótico basado en inteligencia artificial para el control del consumo eléctrico y seguridad en residencias.

### **1.2. Antecedentes investigativos**

Con el avance de la tecnología y la rápida penetración de la inteligencia artificial (IA) conjuntamente con la domótica, a nivel mundial se desarrollan diferentes trabajos de investigación con el fin de crear viviendas inteligentes en donde los residentes tengan la posibilidad de revisar y mantener el control de manera remota sobre sus sistemas domésticos a través de la incorporación y la implementación de comandos de voz para sus dispositivos conectados, automatizando así su hogar, dichos trabajos de investigación son un gran aporte a la comunidad científica y al avance tecnológico.

En el año 2018, Geesela Alban desarrolla en la Universidad Técnica de Ambato su trabajo de titulación denominado “Sistema domótico de apoyo para personas con discapacidad motriz mediante tecnología móvil y reconocimiento de voz.”, para el desarrollo del reconocimiento de voz utiliza tecnología de procesamiento natural de lenguaje, para poder controlar actuadores utiliza tecnología inalámbrica bluetooth y para poder enviar alertas utiliza tecnología móvil GSM, como controlador de hardware lo hace a través de una placa Raspberry Pi la cual procesa la información proveniente de módulos bluetooth, la interacción de todo el sistema lo realiza por medio de una aplicación móvil en la cual dispone de una HMI para el usuario, este trabajo permitió solucionar problemas en las personas con discapacidad y mejorar la calidad de vida con una implementación de bajo costo y sin interferir demasiado en la infraestructura de la vivienda. [1] El trabajo realizado ofrece una visión amplia de como implementar un sistema de reconocimiento de voz con diferentes módulos actuadores sin la necesidad de modificar la infraestructura de la vivienda mejorando la comodidad de los usuarios dentro de la residencia.

El 9 de octubre de 2018 Julio Villena estudiante de la Universidad Carlos III de Madrid presenta su trabajo de titulación denominado “Diseño e implementación de un asistente personal inteligente en español basado en reconocimiento de voz empleando Raspberry Pi”, para el desarrollo del asistente personal inteligente el investigador utiliza tecnología de procesamiento natural de lenguaje, usado para el desarrollo de IA y tecnología inalámbrica en una red de área local (WLAN) para la comunicación entre periféricos, la interacción de estas tecnologías se dan a través de interfaces de aplicación aplicada (APIs), como controlador de hardware utilizan una raspberry pi2 la cual se controla por medio de una interfaz de Python y módulos adicionales como: Snowboy, Speech-to-text, Wit.ai, Text-to-Speech, gracias a la integración de todos estos elementos se generó un asistente personal inteligente para el hogar, el cual es capaz de tomar decisiones autónomas y realizar tareas de acuerdo a la petición del usuario. [2] Este trabajo de titulación aportara en gran medida a la investigación a realizarse ya que ofrece una amplia gama de módulos que sirven para el reconocimiento de voz y una manera eficiente de comunicar diferentes periféricos a través de tecnología inalámbrica.

En el año 2019, Gaitan Jorge A. Velasco Luis E., Valencia Juan C. y Tocarruncho Luis A. desarrollan en la Fundación Universitaria Unipanamericana el trabajo de titulación denominado “Sistema de reconocimiento de voz para personas con discapacidad motriz”, el proyecto se compone de un sistema de reconocimiento de voz mediante el uso de un módulo ESP32 aprovechando la tecnología WLAN y tecnología móvil como GSM, lo que permite diseñar un sistema domótico a través del software AI2, el cual posibilita al usuario dar instrucciones básicas por medio de un teléfono móvil utilizando “Google Assistant”, el resultado con el desarrollo de este prototipo fue que las personas con discapacidad motriz tuvieron un sentimiento de independencia y pertenencia al tener los servicios básicos más accesibles, además de un desarrollo personal y familiar, acercándoles a una vida más digna, cómoda, sencilla y sostenible. [3] Este trabajo de titulación ayudará a diferenciar la mejor alternativa para comunicar inalámbricamente diferentes sistemas dentro de una residencia y también se puede controlar estos sistemas a través de un asistente inteligente externo como Google Assistant con el fin de brindar autonomía a una residencia.

En el año 2020, Roi Martínez Portela desarrolla en la Universidad de Vigo el trabajo de titulación denominado “Desarrollo de un altavoz inteligente incorporando privacidad en Raspberry Pi”, para el desarrollo del proyecto el investigador utiliza diferentes tecnologías tales como Rhasspy la cual ayuda en el despliegue de asistentes de voz, la tecnología RAH que se basan en modelos de machine learning y tecnologías inalámbricas como WLAN, todas estas herramientas están disponibles para Raspberry Pi 3 por lo tanto son open source y cuentan con almacenamiento en la nube además el sistema se controla con una aplicación creada en Python por lo que los dispositivos de entrada y salida de audio diseñados puede operarse de forma offline así se puede mantener toda la información que el usuario genera en un entorno local y pueden ser usadas en cualquier momento, como resultado del proyecto el usuario puede mantener una conversación con el dispositivo y puede generar diversas tareas, además que cuenta con autonomía para la toma de decisiones, al ser un dispositivo que funciona offline este preserva la privacidad en los datos generados por el usuario. [4] La utilización de modelos basados en Machine Learning hacen que este trabajo de un gran aporte en cuanto a la automatización de asistentes inteligentes dentro de una residencia ya que al trabajar en un modo offline el asistente no es propenso a sufrir ataques cibernéticos ni robo de información y hace que este asistente vaya aprendiendo de manera autónoma y pueda tomar sus propias decisiones.

En el año 2020, Hernandez Miguel, Vazquez Rodrigo y Castro Jose Orlando de la Universidad de la Salle Bajío dan a conocer el artículo científico denominado “Propuesta de asistente virtual basado en inteligencia artificial en la integración de un brazo robótico para aplicaciones en la industria”, para el desarrollo del proyecto los investigadores utiliza tecnologías como: procesamiento natural de lenguaje, IoT, visión artificial y WLAN al mismo tiempo utiliza sistemas ciber-físicos conocidos por sus siglas como CPS e interfaces máquina a máquina por sus siglas M2M, las cuales ayudan a la interacción entre el mundo digital y el mundo físico, a través de un HMI diseñado en Python se procesa las imágenes y la voz lo procesa un raspberry pi, como resultado del proyecto se integraron con éxito múltiples tecnologías basadas en IA, mejorando el proceso de control de calidad en un proceso industrial y brindando al usuario una manera más intuitiva y natural de interactuar con este tipo de dispositivos. [5] El incorporar inteligencia artificial para la toma de decisiones permitirá mejorar

los procesos a ejecutarse dentro de una residencia puesto que se puede integrar un reconocimiento de imágenes para permitir accesos hacia ella de igual manera el usuario puede interactuar de una manera más ágil con la máquina diseñada.

El 2 de junio de 2021, en la Universidad Politécnica de Cartagena, Adrián Sánchez publica su trabajo de grado titulado “Puesta a punto de un robot real autónomo inteligente usando ROS”, para el desarrollo de este prototipo el investigador emplea tecnologías como Deep learning, procesamiento natural de lenguaje, visión artificial y WLAN, conjuntamente se emplea un ecosistema Gazebo/ROS y se lo puede simular mediante RVIZ lo cual ayuda a la monitorización del prototipo, por otra parte también se especifica los métodos y componentes que se utiliza para el reconocimiento de personas, el reconocimiento voz y síntesis de voz con el uso de ROS Melodic todo centralizado en una raspberry pi 4 con sistema operativo Ubuntu 18.04, como resultado el prototipo generó correctamente un mapa de un escenario pudiendo así navegar de forma autónoma y reconocer eficientemente las instrucciones dadas por el usuario verificado a través del reconocimiento de voz e imagen. [6] La incorporación de procesamiento de imágenes y voz para el control, brindará la capacidad controlar toda una residencia desde un sistema embebido y poder tener una monitorización constante en cuanto a el estado de los periféricos instalados.

El 5 de octubre del 2021, en la Universidad Técnica de Ambato, Bryan Sandoya publica su trabajo de grado titulado “Sistema de monitoreo inteligente de consumo de energía eléctrica (Smart Metering) con Tecnología Lora para hogares en la ciudad de Ambato”, para el desarrollo de este ejemplar el investigador hace uso de la tecnología LoRa para la comunicación entre nodos finales, gateway y servidor, además la información transmitida hacia el servidor lo realiza por medio del protocolo de red ligero MQTT con la ayuda de un bróker mosquitto y dashboards programados en Node-Red, como resultado de la investigación se obtiene un sistema capaz de medir el consumo energético en domicilios teniendo un error mínimo en el cálculo del consumo en kWh y enviando estas lecturas por medio de una plataforma de mensajería como lo es Telegram. [7] Este trabajo ayudará para poder diseñar un medidor de energía eléctrica a través de la metodología utilizada en el cálculo de la potencia de consumo en los domicilios con respecto al medidor convencional que implementa la empresa

eléctrica y utilizar plataformas de mensajería para poder tener informado a los usuarios de la situación de su domicilio.

### **1.2.1. Contextualización del problema**

A nivel mundial China y Estados Unidos son los países cuyo consumo energético es el más elevado, China en el año 2020 consumió alrededor de 7.875.089GWh y en Estados Unidos se consumió alrededor de 5.162.813GWh; el consumo excesivo de energía eléctrica no es el único problema presente en estas dos potencias ya que existen problemas sociales en cuanto a la seguridad y debido a esta razón estos dos países también se los considera como los países con mayor índice de delitos contra la propiedad, en Estados Unidos se presentó alrededor de 2210 robos por cada 100000 habitantes. En los últimos años el desarrollo de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial y el internet de las cosas es un paradigma a nivel mundial, gracias a su rápido despliegue y dado a que la voz es una de las herramientas de comunicación más efectivas y expresivas, la tecnología de reconocimiento de voz está cambiando la forma en que los usuarios interactúan con dispositivos electrónicos como controladores de luminosidad, temperatura y sistemas de análisis de video, por tal motivo las personas van adoptando asistentes inteligentes como Alexa o Google Assistant. Gracias a la implementación de asistentes inteligentes que utilizan inteligencia artificial dentro de los hogares se ha logrado reducir el consumo energético en un 40% y aumentar la seguridad dentro de los domicilios hasta en un 35%, mejorando la calidad de vida de los ocupantes de Estados Unidos. [8] [9]

Las naciones latinoamericanas poseen la capacidad para aprovechar todo el potencial de la inteligencia artificial, no obstante, debido a las restricciones sociales referentes al cambio tecnológico, mismas que se asocian a una adopción lenta de las tecnologías vinculadas a la inteligencia artificial puesto que existen restricciones económicas y una escasa inversión en capital humano para el desarrollo, investigación e implementación de la misma. En otros términos, es una desventaja, debido a que la inteligencia artificial es una tecnología fundamental e importante en la cuarta revolución industrial, por lo que, dada su naturaleza multipropósito, poder exponencial y capacidad predictiva puede ser un instrumento fundamental para abordar diferentes retos que están afectando el desarrollo del territorio industrial en cuanto a la implementación de la misma. Estos retos involucran al consumo energético y a la seguridad domiciliaria los

cuales pueden ser mitigados con la implementación de asistentes inteligentes basados en inteligencia artificial. [10], [11].

De acuerdo con el INEC el Ecuador presentó un incremento del 6.2% de consumo eléctrico entre los años 2020 y 2021, debido a que hubo un consumo anual de 21.556,06 GWh y 22.996,15 GWh respectivamente, el consumo promedio mensual en el 2021 fue de 300,42 kWh/consumidor proveniente de diferentes sectores como industrial, comercial, residencial y otros; Tungurahua es la doceava provincia con el mayor consumo eléctrico en el país puesto que el consumo per cápita por habitante llegó a 935,69 kWh/hab en el año 2021, el consumo eléctrico no es el único problema en Ecuador, también existen problemas sociales en cuanto a la seguridad domiciliaria tal motivo se da a conocer en las denuncias realizadas por robos a viviendas que se registran en la fiscalía a nivel nacional entre el año 2020 y 2021 hubo un incremento del 12.1% de robo a domicilios en el 2020 ya que se registraron 6.643 robos y en el 2021 se registran 7.449 robos, según la fiscalía la mayor cantidad de robos se presentan en el mes de Octubre del año 2021 con 771 robos, además la mayor concentración de robos se registran en la noche con 28.8% seguido del 27.5% de robos que se realizan en la tarde. Ante la presencia de incremento entre estos dos factores analizados Ecuador seria un perfecto candidato para la implementación de tecnologías como la inteligencia artificial la cual brinda varios beneficios entre ellos la reducción del consumo energético en hogares y el fortalecimiento de la seguridad domiciliaria para evitar robos y brindar comodidad a los usuarios. [12]

Debido a la escasa inversión y a la poca cantidad de investigadores en Ecuador en cuanto a inteligencia artificial (IA) y a la domótica, se propone a través de este proyecto un sistema domótico controlado por voz basándose en el uso de inteligencia artificial para poder controlar de manera remota los sistemas domésticos, como parlantes inteligentes, iluminación, sensores, electrodomésticos, cerraduras y cámaras de puertas, todo esto centralizado en una única infraestructura con el fin de automatizar un domicilio y brindar al usuario una experiencia agradable cumpliendo sus necesidades, no obstante el usuario podrá acceder a una plataforma web donde pueda verificar todo el sistema.

### **1.2.2. Fundamentación Teórica**

#### **a) Asistentes personales inteligentes**

Un asistente personal inteligente es un agente de software que permite interactuar a una persona con un dispositivo electrónico y este pueda realizar tareas u ofrecer servicios a un individuo, dichas tareas o servicios se basan en datos de entrada de usuario.

Los asistentes personales inteligentes (SPA) juegan un papel importante en la actualidad, debido a que las personas poco a poco van migrando hacia nuevas tecnologías, la implementación de la inteligencia artificial es posible a través de asistentes personales conocidos como Sistemas de Asistencia al Usuario, agentes virtuales o SPA, como Google Assistant, Amazon Alexa, Microsoft Cortana o Samsung Bixby. [13]

Entre estos existe diferencias considerables por lo que sugirió una clasificación basada en dos características principales: la primera es el grado de inteligencia del sistema, la segunda es el grado de interacción implementado por el sistema. En contraste con los sistemas básicos caracterizados por un bajo grado de interacción y un bajo grado de inteligencia, los sistemas avanzados se caracterizan por características más sofisticadas además permiten a los usuarios decidir si siguen la asistencia, estos brindan un alto grado de asistencia proactiva y consciente del contexto, incluyen capacidades de adaptación y detección de las necesidades de los usuarios. [14]

Los asistentes personales digitales en forma de chatbots ofrecen mucho más que simples aplicaciones de mensajería estos pueden ser controlados por voz, lo que hace posible usarlos. Hoy en día las personas están más conectadas y en las organizaciones también se utilizan nuevas tecnologías innovadoras para mejorar la atención al cliente. Los asistentes de voz y los dispositivos habilitados para voz también ofrecen una promesa importante para aumentar la participación del cliente, mejorando resultados y reduciendo costos. [15]

#### **b) Inteligencia artificial**

La inteligencia artificial es el desarrollo de sistemas informáticos capaces de imitar los procesos de inteligencia humana, como la percepción visual, reconocimiento del habla y la toma de decisiones, esto mediante la creación y la aplicación de algoritmos creados

en un entorno dinámico de computación, es decir que la inteligencia artificial consiste en intentar que los ordenadores piensen y actúen como los humanos. [16]

La inteligencia artificial presenta ciertas ventajas y desventajas al momento de analizarlas o implementarlas, entre las ventajas podemos acotar que puede reducir el error humano al tomar decisiones de riesgo, además permite ejecutar tareas repetitivas a través de una asistencia digital e inteligente y por último que puede estar disponible las 24 horas del día y los 7 días de la semana. De igual forma la inteligencia artificial exhibe algunas desventajas especialmente en la implementación puesto que requiere de un alto costo de creación tanto en hardware como en software, también se puede insinuar que el desarrollo de esta conllevaría a que las empresas implementen esta tecnología conllevando al desempleo. [14]

Las aplicaciones específicas de la IA incluyen sistemas expertos, procesamiento de lenguaje natural, reconocimiento de voz y visión artificial. A medida que se ha acelerado la ejecución de la IA, los proveedores se han esforzado por promover sus productos como asistentes de voz, cámaras con reconocimiento de rostros y servicios como análisis de hábitos, aplicaciones médicas y optimización de rutas. [14]

### **c) Machine learning (ML)**

Es una disciplina de la inteligencia artificial (AI) que brinda a las máquinas la capacidad de aprender automáticamente de los datos y experiencias pasadas mientras identifica patrones para hacer predicciones con una intervención humana mínima. Los métodos de aprendizaje automático permiten que las computadoras funcionen de manera autónoma sin programación explícita. Las aplicaciones de ML se alimentan con nuevos datos y pueden aprender, crecer, desarrollarse y adaptarse de forma independiente. [17]

El aprendizaje automático obtiene información detallada de grandes volúmenes de datos al aprovechar los algoritmos para identificar patrones y aprender en un proceso iterativo. Los algoritmos de ML utilizan métodos de cálculo para aprender directamente de los datos en lugar de depender de una ecuación predeterminada que pueda servir como modelo. [17]

#### **d) Deep learning (DL)**

El aprendizaje profundo es un subconjunto del aprendizaje automático, que es esencialmente una red neuronal con tres o más capas. Estas redes neuronales intentan simular el comportamiento del cerebro humano, aunque lejos de igualar su capacidad, lo que le permite "aprender" de grandes cantidades de datos. Si bien una red neuronal con una sola capa aún puede hacer predicciones aproximadas, las capas ocultas adicionales pueden ayudar a optimizar y refinar la precisión. [18]

El aprendizaje profundo impulsa muchas aplicaciones y servicios de inteligencia artificial (IA) que mejoran la automatización, realizando tareas analíticas y físicas sin intervención humana. La tecnología de aprendizaje profundo se encuentra detrás de los productos y servicios cotidianos (como los asistentes digitales, los controles remotos de TV habilitados para voz y la detección de fraudes con tarjetas de crédito), así como de las tecnologías emergentes (como los automóviles autónomos). [18]

#### **e) Tipos de inteligencia artificial**

Actualmente existen cuatro tipos de inteligencia artificial, que se generalizan en base al avance de la investigación, los tipos de IA conocidos se definen a continuación.

##### **Máquinas reactivas**

Una máquina reactiva son computadores o robots que tienen la capacidad de reaccionar solo a observaciones en vivo del entorno por lo que carecen de la capacidad de almacenar recuerdos los cuales pueden ser utilizados como experiencias en la toma de decisiones en el presente. Este tipo de inteligencia implica que el robot o la computadora tenga una perspectiva directa del mundo y solamente actúe sobre lo que ve, estos escenarios computarizados hacen que solamente puedan funcionar hasta cumplir las tareas específicamente asignadas. [19]

##### **Memoria limitada**

Es un modelo de aprendizaje automático la cual extrae conocimiento a partir de información obtenida de eventos, datos almacenados, predicciones o hechos previamente aprendidos. Con memoria limitada, la arquitectura de machine learning (ML) se vuelve un poco más compleja puesto que cada modelo de ML requiere una

memoria limitada para crearse, pero el modelo se puede implementar como un tipo de máquina reactiva, que es el tipo de IA más básico y simple. [19]

### **Teoría de la mente**

Son máquinas que tienen la habilidad de formarse representaciones sobre el mundo, pero también sobre otros agentes o entidades, esta representación viene a ser una separación entre las máquinas que actualmente se están construyendo y las que se construirán en el futuro. Este tipo de IA interactúa con los pensamientos y emociones de los humanos, básicamente se centrará en personas cuyas mentes pueden ser moldeadas por múltiples factores, como comprender a los humanos. La IA de la teoría de la mente tendrá una mejor comprensión de las entidades con las que interactúa, al comprender sus necesidades, procesos de pensamiento, emociones y creencias. [19]

### **Autoconciencia**

Son sistemas que puedan formar representaciones sobre sí mismos y puedan ser conscientes de las acciones que realicen. Esto será cuando las máquinas no solo sean conscientes de las emociones y estados mentales de los demás, sino también de los suyos propios. Cuando se logre la IA autoconsciente, tendremos una IA que tiene una conciencia a nivel humano y es igual a la inteligencia humana con las mismas necesidades, deseos y emociones. [19]

#### **f) Visión artificial**

Es una tecnología que incluye métodos para adquirir, procesar y analizar imágenes del mundo real con el fin de procesar información que puede ser utilizada en la toma de decisiones. A la información útil se puede aplicar el concepto de machine learning (ML) y deep learning (DL) para poder clasificar los objetos a través del reconocimiento de los mismos [20].

#### **g) Reconocimiento de voz**

El reconocimiento de voz es una combinación entre un software de computadora y un dispositivo de hardware con la capacidad de decodificar la voz humana y de ejecutar comandos o escribir sin tener que usar un teclado; el desarrollo de la IA abrió amplias oportunidades para este subcampo de la informática y permiten interactuar con las máquinas sin tocarlas. Muchos programas de reconocimiento de voz requieren que el

usuario "entrene" el programa para que reconozca su voz y pueda convertir el habla a texto con mayor precisión. Por ejemplo, podría decir "abrir Internet" y la computadora abriría el navegador de Internet. [21]

#### **h) Síntesis de voz**

Conocida en inglés también como text-to-speech (TTS) es la producción artificial de la voz humana, es decir que tiene la capacidad de traducir un texto a voz hablada automáticamente. Para elegir la síntesis de voz adecuada es primordial tener en cuenta varios criterios como: el idioma hablado, el tipo de hablante, la calidad de la voz y el proveedor. [21]

#### **i) Internet de las cosas (IoT)**

Es un sistema de dispositivos informáticos interrelacionados con la capacidad de conectar e intercambiar datos provenientes de sensores, programas o dispositivos inteligentes a través de una red de internet, dichos dispositivos van a partir de objetos domésticos recurrentes hasta sofisticadas herramientas industriales. [22]

Como se indica en la Figura 1, la arquitectura IoT consta de 3 capas: la capa de percepción donde se encuentran los dispositivos para la autenticación o acceso como sensores, computadores, celulares; capa de red donde se ubican los dispositivos que permiten el envío de información por medio de cables o por conexión inalámbrica como es la tecnología Wi Fi y Bluetooth, la capa de aplicación que es la interfaz existente en cada uno de los escenarios como en casas y ciudades inteligentes [23].

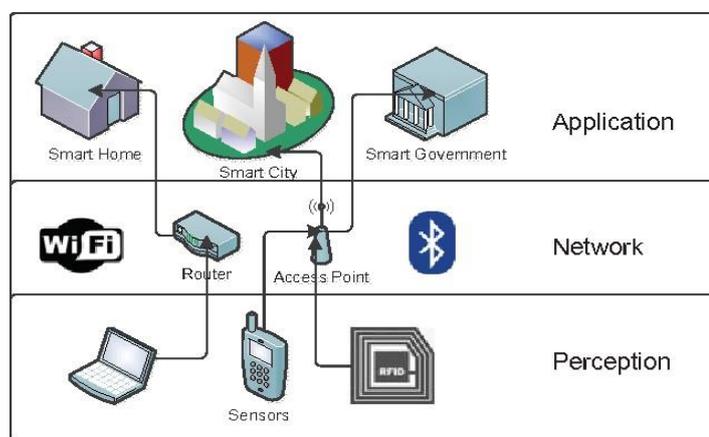


Figura 1 Arquitectura IoT [23]

### j) Sistemas de control automático

Un sistema de control automático es un conjunto de componentes físicos interconectados de manera que regulen o controlen su acción por sí mismos, es decir sin la intervención de agentes externos incluyendo el factor humano, corrigiendo así posibles errores en su funcionamiento; actualmente cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción y otra parte de mando o control la cual genera las ordenes necesarias para que esa acción se lleve a cabo. Los componentes principales de un sistema de control son los actuadores, los sensores, la entrada de referencia y el sistema, representados en la figura 2 como un lazo de control cerrado. [24]

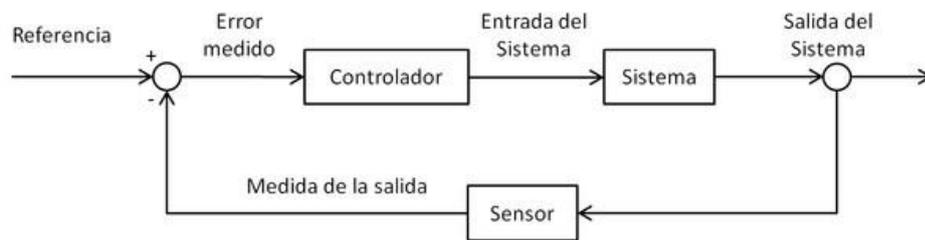


Figura 2 Sistema de control automático. [24]

### k) Conexión maquina a persona (M2P)

Es la conexión maquina a persona en donde se realiza la transferencia de información entre una maquina (como una computadora, dispositivos móviles o una señal digital) y una persona, ya sea para obtener información de una base de datos o realizar análisis complejos, estas conexiones M2P facilitan el movimiento, la manipulación y el informe de datos de las máquinas para ayudar a las personas a realizar juicios informados y así comprobar la toma de decisiones realizada por la máquina mejorando la eficacia IoT en el ámbito de seguridad debido a que generan interacciones en tiempo real. [25]

### l) Protocolos de comunicación

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas, estándares y políticas formales, conformados por restricciones, procedimientos y formatos que definen el intercambio de paquetes de información para lograr la comunicación entre dispositivos conectados a una red. [26]

Los protocolos de comunicación son una parte crucial ya que, sin ellos, el hardware sería inútil y la IA sin estos protocolos de IoT no podrían intercambiar datos de una manera estructurada y significativa. En una transferencia de datos, se puede extraer información útil para el usuario final y, gracias a ello, todo el despliegue se vuelve económicamente rentable. Cuando se habla de IoT, se habla de la comunicación entre dispositivos inalámbricos, sensores, dispositivos, puertas de enlace, servidores y aplicaciones de usuario lo cual es la característica esencial que hace que el IoT sea una tecnología que mejora tanto la calidad de vida cotidiana como los entornos empresariales; pero lo que permite que estos dispositivos inalámbricos hablen e interactúen son protocolos aplicados en el IoT que pueden verse como lenguajes que utiliza el equipo para comunicarse, estos protocolos pueden ser: protocolo de aplicación restringida (CoAP), el protocolo de transporte de telemetría de mensajes en cola (MQTT) y el protocolo extensible de mensajería y presencia (XMPP) [26]

#### **m) Protocolo Hermes**

El protocolo Hermes es un estándar que garantiza la comunicación de máquina a máquina basado en TCP/IP y XML con gestión de datos integrada para así poder liberar el potencial total de la digitalización y la conectividad libre de fallos en el montaje de componentes electrónicos. [27]

Este protocolo es sostenido por un grupo de proveedores de equipos líderes, que combinan su experiencia para lograr un gran paso hacia la integración de procesos avanzados. Ha sido reconocido por IPC como la solución de próxima generación para IPC-SMEMA-9851, generalmente denominado "el estándar SMEMA"; su organismo fundador y definitorio, The Hermes Standard Initiative, está abierto a todos los proveedores de equipos que deseen participar activamente para llevar los beneficios de la Industria 4.0 a sus clientes. [27]

#### **n) Sistemas embebidos**

Un sistema embebido es todo dispositivo que incluye un computador programable, es decir que es un sistema electrónico que contiene un microprocesador o microcontrolador a la cual se le asigna un propósito específico, los sistemas embebidos poseen hardware de computador junto con software embebido como uno de sus componentes principales. [28]

Un sistema embebido tiene tres componentes principales:

- Hardware
- Un software primario o aplicación principal que ejecuta una tarea en particular.
- Un sistema operativo capaz de supervisar las aplicaciones que se ejecutan.

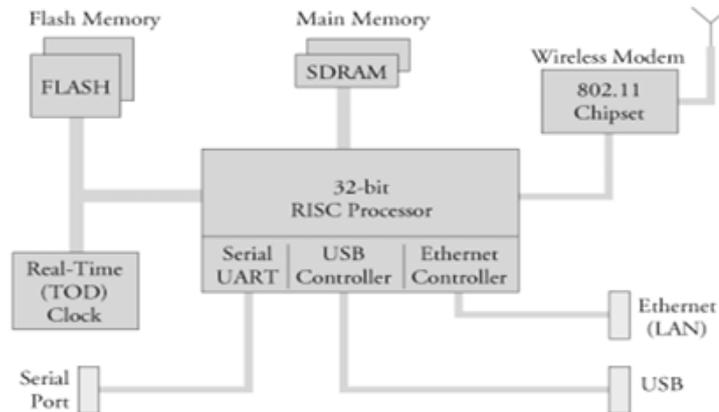


Figura 3 Arquitectura de un sistema embebido. [28]

En la Figura 3 se indica la arquitectura de un sistema embebido, el cual consta de memoria principal y memoria flash para el acceso de lectura rápida, procesador de información de 32 bits, e interfaces de comunicación.

#### o) Bases de datos

Una base de datos es una compilación organizada de la información o datos estructurados, que usualmente se almacena de forma electrónica en un sistema informático; normalmente una base de datos se administra por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS), la información se almacena en tablas para poder aumentar la eficacia del procesamiento y la consulta de datos, de esta manera se puede acceder, gestionar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente los datos. La mayoría de bases de datos utiliza un lenguaje de consulta estructurado (SQL) para escribir y consultar datos. [29].

#### p) Rhasspy

Rhasspy es una herramienta open source la cual es capaz de trabajar en un estado de fuera de línea, esta herramienta funciona en varios idiomas incluidos el inglés y

español, para que funcione utiliza modelos acústicos previamente entrenados que son modelos de lenguaje ya generados dentro de un diccionario de palabras y un léxico predeterminada para cada idioma. Esta herramienta esta optimizada y pensada para detectar comandos predefinidos por el usuario en la gramática del sistema, también es capaz de comunicarse con servicios externos vía web sockets y posibilita el poder trabajar con software externo de automatización como Home Assistant por lo que resulta idóneo para construir un asistente de voz. [31]

Rhasspy integra varias herramientas y librerías ya desarrolladas que permiten realizar un reconocimiento de la voz, pero también presenta funcionalidades en donde se puede configurar como trigger words o más conocidas como palabras para despertar al asistente, posee también la posibilidad de funcionar con un hardware tan sencillo como el de una Raspberry Pi. [31]

#### **q) Arquitectura de gestión de energía eléctrica**

La arquitectura de un sistema de gestión de energía eléctrica (EMS) es asistida por la nube, conjuntamente con un prototipo contador de energía inteligente basado en un microcontrolador, además adiciona un servicio de notificaciones para la gestión de la demanda (DSM) en hogares inteligentes [30].

El EMS doméstico es crucial para el DSM en un Smart grid o red inteligente (SG), que puede gestionar, controlar y optimizar el consumo de energía eléctrica en entornos domésticos.

Un EMS doméstico sirve como interfaz de comunicación bidireccional entre un entorno residencial que responde a las señales de respuesta a la demanda (RD) basadas en los precios del mercado y una compañía eléctrica que monitoriza, controla y analiza los datos de consumo de energía eléctrica recogidos en los hogares inteligentes [31].

Dentro de un EMS existen varias tecnologías de comunicación implicadas para su correcto funcionamiento entre ellas encontramos: la red de área amplia (WAN), la red de área vecinal (NAN) y la red de área doméstica (HAN), son los preliminares utilizados para el DSM en los hogares inteligentes conectados en un SG. La figura 4 muestra un modelo típico de EMS doméstico [32].

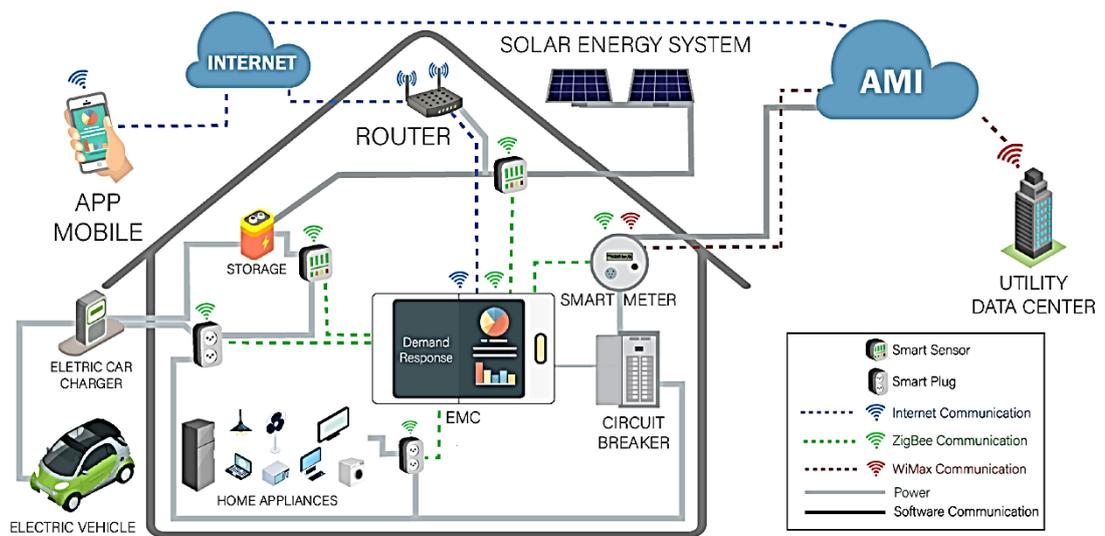


Figura 4 Modelo típico de sistema de gestión de la energía en el hogar (EMS). [32]

El modelo típico de EMS doméstico se compone de:

1. Un contador inteligente propiedad de la compañía eléctrica (en lugar de un vatímetro tradicional propiedad de la compañía eléctrica) comunicado con una empresa de servicios públicos a través de AMI y utilizado para transmitir registros de datos/datos de consumo de energía eléctrica y recibir señales de RD, basadas en los precios del mercado, para la generación altamente eficiente de electricidad por parte de la empresa de servicios públicos a partir de la generación a gran escala;
2. Un controlador central de gestión de la energía (EMC) instalado en un entorno doméstico inteligente y comunicado, a través de Internet, con una nube, que proporciona aplicaciones de IoT centradas en el usuario para los propietarios de viviendas; y
3. Electrodomésticos supervisados a distancia y que reaccionan con las señales de RD recibidas.

Un EMC instalado es capaz de comunicarse con los enchufes inteligentes conectados a los electrodomésticos monitorizados para el DSM en un entorno doméstico. Los enchufes inteligentes pueden utilizar ZigBee como protocolo de comunicación. Un EMC instalado también sirve como pantalla en el hogar, para realizar la visualización de datos y el control remoto de la carga en un entorno doméstico, normalmente, un EMC se configura con protocolos de comunicación heterogéneos en una HAN, y se

basa en un sistema embebido basado en un procesador ARM (Advanced (Reduced Instruction Set Computing) RISC Machine).

En la figura 5 se observa el prototipo de medidor de potencia inteligente potenciado por la inteligencia artificial de las cosas (AIoT), el prototipo de medidor de potencia inteligente basado en microcontrolador y habilitado para IA, se puede implementar en múltiples campos de interés en una red inteligente (SG). Todos los medidores de potencia inteligentes son distribuidos e implementados en un sistema de administración por demanda (DSM) y conjuntamente con un SG se sincronizan en el tiempo. Los micro datos recopilados y analizados por cada uno de los medidores de potencia de AIoT se transmiten al almacenamiento en la nube y convergen en el análisis. La información macro de la IA entrenada en análisis de la nube y luego implementada en el sitio en cada uno de los medidores de potencia de AIoT se envía de vuelta a las fuentes es decir a los usuarios finales. [33], [34]

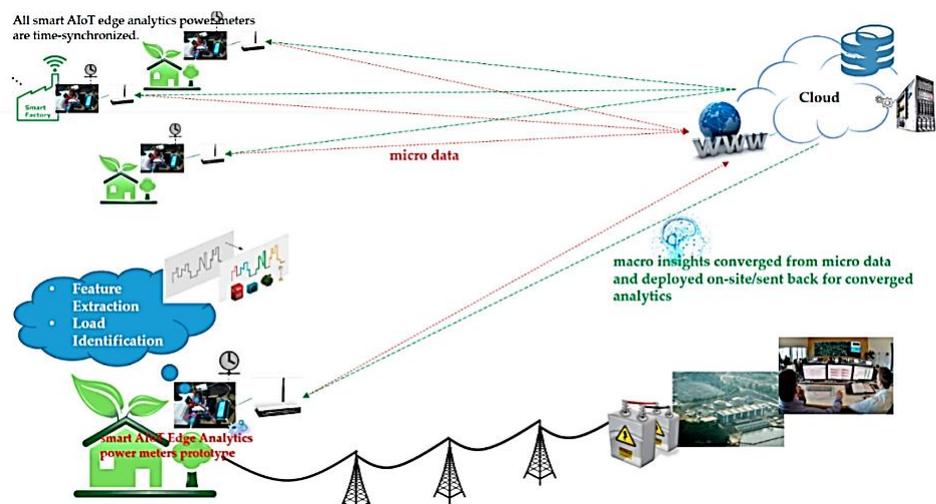


Figura 5 Visión conceptual del prototipo. [33]

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

- Implementar un sistema domótico basado en inteligencia artificial para el control del consumo eléctrico y seguridad en una residencia.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el consumo energético y las vulnerabilidades existentes de una residencia.
- Analizar las alternativas tecnológicas para la aplicación de la inteligencia artificial en la domótica.
- Desarrollar un sistema automatizado en una residencia en base a comandos de voz con inteligencia artificial.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizó una recopilación bibliográfica de temáticas relacionadas con diseños e implementaciones de sistemas de control de voz para el control automático de los electrodomésticos de un domicilio y trabajos relacionados con la aplicación de inteligencia artificial para el reconocimiento de voz y facciones del rostro para sistemas de seguridad en los domicilios y el control de consumo energético con la optimización de tiempos de encendido de los electrodomésticos del hogar.

#### **2.1. Métodos**

##### **2.1.1. Modalidad de Investigación**

En el desarrollo de este proyecto se utilizó la modalidad de investigación aplicada, en base a que se pondrá en desarrollo la innovación tecnológica a través de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la elaboración de algoritmos de programación y el estudio de circuitos integrados con el cual se desarrolló un sistema domótico real basado en inteligencia artificial.

Respecto a la recolección de información se utilizó la investigación bibliográfica, debido a que la información que mayor aporte al desarrollo de nuestro sistema se encontró en artículos científicos, libros, tesis y sitios web con temas relacionados a la inteligencia artificial y su aplicación en la automatización de hogares.

El desarrollo de este trabajo fue de carácter experimental debido a que mediante la implementación en el domicilio del dispositivo y las pruebas que se aplicó se recopiló datos que posteriormente nos sirvió para la verificación de la eficacia del dispositivo en el control, el incremento de eficiencia energética y la seguridad del domicilio.

Por último, en la investigación a desarrollarse utilizó una investigación de campo debido a que el sistema se basa en datos reales, obtenidos en tiempo real los cuales son proporcionados por el conjunto de sensores implantados dentro del domicilio, además de la capacidad de respuesta a la petición por voz realizada por el usuario, esto permitirá validar el funcionamiento del sistema.

### **2.1.2. Población y muestra**

Este trabajo a tratarse del diseño de un sistema domótico específico no fue necesario el análisis de población y muestra debido a que no se realiza un análisis descriptivo.

### **2.1.3. Recolección de Información**

La información se recolectó a través de fuentes primarias como: artículos científicos, libros, tesis y sitios web con investigaciones previas relacionadas al tema en estudio, de esta forma se desarrolló de manera correcta este trabajo de investigación.

### **2.1.4. Procesamiento y Análisis de Datos**

Para el procesamiento de información y el análisis de datos obtenidos se utilizó el siguiente procedimiento:

- Lectura comprensiva de la información recopilada.
- Interpretación de la información recopilada y verificar que vaya de acuerdo al tema.
- Elaboración de propuesta para justificar los objetivos.
- Presentación de resultados en base a los objetivos planteados.

### **2.1.5. Desarrollo del proyecto**

Los aspectos que guiaran el desarrollo del prototipo se especifican en los siguientes procesos descritos a continuación:

1. Identificación de los circuitos eléctricos que tienen mayor consumo energético dentro del hogar.
2. Identificación de las principales causas de robos a residencias.
3. Análisis del consumo energético y de las vulnerabilidades existentes dentro de una residencia.
4. Identificación de alternativas tecnológicas basadas en inteligencia artificial para uso domótico.
5. Análisis de los sistemas domóticos basados en inteligencia artificial aplicados en la domótica.

6. Análisis del hardware y software que utilizan inteligencia artificial con comandos de voz usados con fin domótico.
7. Identificación de algoritmos para el sistema de adquisición, procesamiento y transmisión de datos.
8. Selección de algoritmos para el sistema de adquisición, procesamiento y transmisión de datos.
9. Implementación del algoritmo adecuado para la adquisición, procesamiento y la transmisión de datos.
10. Diseño virtual de la estructura física para la colocación de sensores y actuadores dentro de la residencia.
11. Elaboración de circuitos a implementarse.
12. Elaboración de una interfaz web o móvil para el monitoreo continuo del estado de sensores y actuadores.
13. Validación de algoritmos para comprobar el funcionamiento correcto y eficiente.
14. Elaboración del informe final

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Introducción**

Este proyecto se ha desarrollado con el propósito de aplicar nuevas tecnologías en el ámbito residencial con el fin de analizar la potencia consumida por el domicilio y las vulnerabilidades existentes dentro de una residencia tratando así de reducir la potencia consumida y aumentar la seguridad residencial, se aplica inteligencia artificial por medio de un asistente de voz y con ayuda del IoT, también se manejan nuevos modelos de seguridad utilizando inteligencia artificial. Con la implementación de este prototipo se pretende bajar el consumo eléctrico en la residencia a través de la activación o desactivación de lámparas o enchufes que están consumiendo energía y no están siendo utilizados es decir que la persona dejó encendido o conectado algún aparato que consume demasiada potencia, por otro lado, en el tema de la seguridad se procura tener un ambiente seguro tanto dentro como fuera del domicilio implementando un control de ingreso con reconocimiento de rostros.

Para el diseño e implementación del sistema domótico se realizó un análisis previo, donde, se determina el consumo energético mensual y el riesgo que tiene una residencia de ser vulnerada. De igual manera, se procedió con la implementación del sistema y la adecuación de los dispositivos electrónicos para el sistema de control y monitoreo de variables. El sistema desarrollado utiliza software y hardware Open Source, disminuyendo costos en la implementación.

En este capítulo se describe los métodos empleados para la solución de los problemas presentados dentro del domicilio, además del desarrollo de la propuesta, su implementación, las debidas pruebas de funcionamiento y el análisis de los resultados obtenidos.

#### **3.2. Evaluación del consumo energético del domicilio**

Para evaluar el incremento de eficiencia energética con la implementación del prototipo, se debe realizar un análisis comparativo respecto al consumo de energía eléctrica en la vivienda antes y después de la implementación del dispositivo, los valores de potencia consumida van a variar de acuerdo a variaciones de las actividades diarias que se realizan en la vivienda, sin embargo, con el análisis de la siguiente

sección se puede conocer el consumo de energía aproximado que generalmente se tiene en cada mes, para aquello se requiere conocer la potencia instalada de los equipos que funcionan dentro del domicilio, para esto se procedió a realizar un levantamiento de información de dichos equipos con sus características y potencias nominales, estos últimos se obtuvieron de las especificaciones técnicas que tiene cada equipo.

### **3.2.1. Factor de simultaneidad (FS)**

La operación simultánea de todas las cargas en una instalación nunca ocurre, dicho de otra forma, jamás se produce el encendido simultáneo de todos los equipos en un determinado momento, exceptuando situaciones puntuales donde se realiza esto para estudios eléctricos específicos, pero este no es el caso, debido a que el análisis eléctrico que se realiza es en condiciones de cotidianidad normal del usuario. Expuesto lo anterior, es lógico pensar que la potencia total consumida (Wh) de una lámpara que permanece encendido la mayor parte del día va a ser distinta a la potencia total consumida de una licuadora que quizá funciona solamente dos o tres instantes durante todo el día considerando la distinta potencia que necesitan estos dos equipos.

Este factor de simultaneidad justamente representa esta diferenciación de funcionamiento de los equipos que se encuentran funcionando dentro de la vivienda durante un mismo intervalo de tiempo. Cuando se aplica este factor a los estudios de potencia eléctrica instalada se evita problemas de sub y sobredimensionamiento de protecciones de los equipos y refleja con más exactitud magnitudes de potencia que realmente está consumiendo la vivienda durante un mes, a su vez incrementa la confiabilidad de los valores de comparación de consumo que se realizaron una vez que se finalizar esta sección de análisis eléctrico.

El factor de simultaneidad o factor de funcionamiento es un valor adimensional, con valores que oscilan entre 0 y 1, la selección de estos valores se basa en la frecuencia de encendido de cada aparato en el domicilio [35], con estos criterios se procede a realizar la tabla 1 donde se especifican las potencias nominal totales, factores de simultaneidad y características d los equipos presentes en el domicilio.

En el Ecuador la normativa que regula este factor es la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), la cual relaciona el factor de simultaneidad con el factor de demanda (FD). Las especificaciones de cálculo para la demanda de potencia de los

domicilios se especifican en su apartado de Instalaciones eléctricas, donde divide los circuitos en dos principales grupos de carga [35]:

- Iluminación y tomacorriente
- Cargas especiales

### Iluminación y tomacorrientes

Los factores de demanda que se deben tomar en consideración para iluminación y tomacorrientes de uso general según el tipo de vivienda y el área de la misma se especifican en la tabla 1 [35].

Tabla 1 Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes

Vivienda tipo	Área (m <sup>2</sup> )	FD iluminación	FD
Pequeña-mediana	$A < 200$	0.70	0.50
Mediana-grande	$201 < A < 400$	0.55	0.40
Especial	$A > 400$	0.53	0.30

Elaborado por: Investigador [36]

Según las características de área que tiene el domicilio en la cual se realiza la implementación el FD de iluminación y tomacorrientes será de 0.7 y 0.5 respectivamente y la potencia instalada según este criterio se especifican en la tabla 2.

Tabla 2 Análisis de potencia instalada para iluminación y tomacorrientes

Equipo	Marca y modelo	(V)	Etiqueta energía	Amp	FD	Wh	Total, Wh
Lavadora	Electrolux EWI12D3CG	120	A	6.6	0.7	800	560
Refrigeradora	Electrolux	120	B	2.5	0.7	300	210
Microondas	Electrolux EMDO20S3	120	A	6.6	0.7	800	560
TV LED	Samsung 32"	120	A+	0.75	0.7	90	68
Licuada	3 velocidades	120	B	0.75	0.7	700	490
Equipo de sonido	Sony HT S20R	120	A	2.08	0.7	250	175
Cargadores de teléfono	Redmi infinix	6	B	1.5	0.7	80	56
Cargador de laptop	Carga rápida 5 mA 120V/240V	120	A	1.5	0.7	100	70

Iluminación cocina	Sylvania P23591	120	A	0.70	0.7	42	29.4
Iluminación dormitorio	Sylvania IP 65 ECO START	120	A+	0.70	0.7	38	26.6
Iluminación de sala	Sylvania P23592	120	A	0.70	0.7	42	29.4
Iluminación exterior	Sylvania Eco star P23593	120	A+	0.70	0.7	50	35
Total, carga instalada							2309.4

Elaborado por: Investigador [37]

### Cargas especiales (CE)

Para determinar la potencia instalada de las cargas especiales se debe extraer la información de las potencias nominales de los electrodomésticos desde sus respectivas placas técnicas. Dentro de los electrodomésticos que se tiene en el domicilio y que se consideran cargas especiales en la normativa NEC están la ducha eléctrica y la cocina de inducción para los cuales según la cantidad de estos se determina un FD como se muestra la tabla 3.

Tabla 3 Factores de demanda para cargas especiales

Para 1 carga	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas
Potencias de carga	CE<10kW	10kW<CE<20KW	CE>20kW
1	0,80	0	

Elaborado por: Investigador [38]

Debido a que en el domicilio no dispone de más de una ducha y una cocina eléctrica el factor de demanda para estos aparatos es 1 como dicta la normativa NEC de instalaciones eléctricas. El análisis de cargas se especifica en la tabla 4.

Tabla 4 Potencia instalada de cargas especiales

Equipo	Marca y modelo	(V)	Etiqueta energía	Amp	FS	kWh	Total kWh
Cocina de inducción	Mide a 4 placas	220	A	15.9	1	3.5	3.5
Ducha eléctrica	Lorenzetti	120	B	33.3	1	4	4
Total, carga instalada							7.5

Elaborado por: Investigador [38]

La potencia instalada se determina a partir de las tablas 2 y 3 en donde se realiza los análisis de la potencia a consumirse en iluminación, tomacorrientes y cargas especiales, de tal manera se puede apreciar la suma de estas potencias en la tabla 5.

Tabla 5 Potencia instalada total

<b>Circuitos</b>	<b>Potencia de circuito (kW)</b>
Iluminación y tomacorrientes	2.309
Cargas especiales	7.5
Potencia total	9.809

Elaborado por: Investigador

Los valores individuales de potencia consumida de cada aparato están en magnitudes de KiloWatio consumido por hora, a manera de ejemplo, la cocina de inducción por cada hora de funcionamiento consume 3.5kWh, considerando que durante el día se utiliza un promedio de dos horas y los días del mes que por lo general es de 30 días, se tiene una potencia de consumo de 210kWh al mes. Si se aplica el mismo criterio de cálculo con el total de potencia instalada de todos los aparatos obtenida de la tabla 5 la cual es de 9.809 kWh al día y la multiplicamos por 30 días que tiene un mes se obtiene un consumo total de 294.27kWh, el mismo que es un valor proyectado de consumo.

Los datos que se obtuvieron en este apartado son valores de consumo energético anteriores de la implementación del dispositivo y pueden variar según la característica de consumo de cada mes.

A continuación, en la tabla 6 se presenta el histórico de consumo eléctrico y el costo a pagar por el mismo, dicha información se obtuvo del anexo 3.

Tabla 6: Histórico de consumo eléctrico.

<b>PLANILLA</b>		
<b>Mes</b>	<b>Consumo(kWh)</b>	<b>Costo</b>
ene-22	279	\$ 35,07
feb-22	286	\$ 35,47
mar-22	277	\$ 34,87
abr-22	284	\$ 37,02

may-22	275	\$ 34,54
jun-22	294	\$ 39,73
jul-22	288	\$ 38,08

Elaborado por: Investigador

En la figura 6 se presenta el historial de consumo eléctrico mensual desde el mes de enero al mes de julio del año 2022, los datos son obtenidos de las planillas de luz.

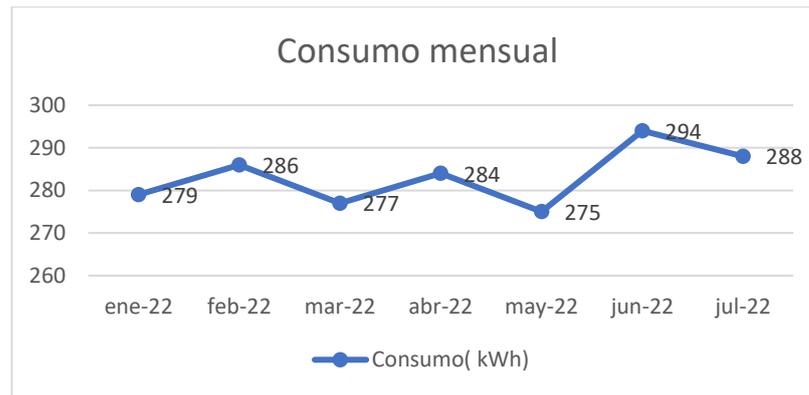


Figura 6 Gráfica del consumo eléctrico mensual.

En la figura 7 se puede evidenciar el costo de cada factura desde el mes de enero al mes de julio del año 2022.



Figura 7 Historial de facturas desde enero a julio del año 2022.

### 3.2 Análisis de riesgo

Las estadísticas de la Fiscalía General del Estado (FGE), en el periodo noviembre 2019, 2020 y 2021 reflejan los siguientes datos estadísticos con referencias a la cantidad de robo de diferentes tipos, especificados en la figura 8.

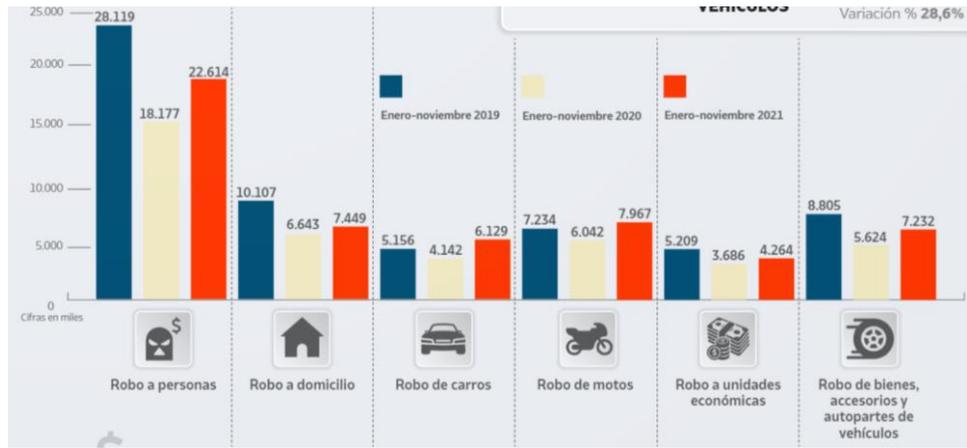


Figura 8 Estadística de delincuencia 2019-2021 [39]

Con los datos proporcionados por la FGE, se puede evidenciar la alta cantidad de robos que ocurrieron en los domicilios durante los tres años de estudios, sin mencionar los 28.119 casos de robo a personas en el 2019, que no necesariamente ocurren en la calle, sino que en muchas situaciones las víctimas se encuentran cerca de sus domicilios [39]. Frente a esta situación creciente de delincuencia es necesario el uso tecnológico de dispositivos que ayuden al monitoreo remoto en tiempo real de los domicilios. La seguridad de los domicilios o locales comerciales se determina también con aspectos como la ubicación, la dotación de instrumentos de control policial con la que cuenta el sector donde se ubica el domicilio y sistemas de seguridad físicas instalados. La seguridad de las personas igualmente se puede mitigar de distintas maneras como el reconociendo fácil de las personas guardadas la base de datos, encendido de luces, la simulación de presencia, la activación de alarmas o el aviso de presencia de intrusos en las viviendas, de esta manera se protege tanto a las personas como de los bienes.



Figura 9 Diagrama de componentes de seguridad  
Elaborado por: Investigador [39]

Los riesgos se pueden analizar desde distintas perspectivas, estos van a ser: internos y externos de carácter técnico y social, según estos criterios se construye la figura 9 donde se especifica los riesgos presentes en el domicilio, en la tabla 7 se realiza el análisis de riesgos presentes en el domicilio de acuerdo a la locación y origen.

Tabla 7 Riesgos presentes en el domicilio.

<b>Locación</b>	<b>Origen</b>	<b>Riesgo</b>
Interno	Técnico	Incendio por cortocircuitos
		Accidentes eléctricos relacionados con la activación de algún aparato
		Errores y fallos en el sistema domótico
		Sustracción de bienes ornamentales en el exterior del domicilio
	Social	Vulneración de la integridad física de las personas dentro del domicilio
		Violencia intrafamiliar
		Vulneración de la seguridad de bienes dentro del domicilio (robo)
Externo	Técnico	Vulneración del sistema de la seguridad domótica (hackeo)
		Fallo de dispositivos de suministro eléctrico (medidores de energía, transformadores, líneas de transmisión acometidas eléctricas etc.)
		Daño a los dispositivos electrónicos de seguridad en el exterior del domicilio (cámaras, sirenas, cercos eléctricos, etc.)
	Social	Asalto en los exteriores del domicilio
		Vigilancia de delincuentes al domicilio para posteriores robos
		Desperdicios de fauna urbana
		Alteraciones de orden publico
		Robo de vehículo
		Sustracción de componentes electrónicos del vehículo
		Daños a dispositivos de seguridad del domicilio (cerraduras, chapas, puertas, portones)

Elaborado por: Investigador [40]

### 3.2.2. Método de riesgo por cuantificación de pérdida material

Para determinar el nivel de afectación de los riesgos descritos en la tabla 7, se procede a cuantificar las pérdidas tanto económicas y personales que se tendría si ocurriese alguno de esos eventos delictivos, y con esto definir el nivel de afectación respecto a la cantidad de pérdidas que se tendría, se clasificaran en interno y externo al igual que la tabla de riesgos debido a que los incidentes ocurren tanto fuera como dentro del domicilio [41].

El nivel de afectación está determinado por la cantidad de dinero que se podría perder por lo bienes dentro y fuera del domicilio, cada área determina la cantidad de bienes comprometidos, por lo tanto, la cuantificación de dinero se realiza por los bienes que se encuentran en cada área, especificada en la tabla 8.

Tabla 8 Bienes materiales en valores económicos por área

	Área	Bienes materiales	Valor económico (\$)
Interno	Cocina	Cocina de inducción, inmuebles, refrigeradora, microondas, licuadora.	1810
	Dormitorio	TV Led, cargador de teléfono, laptop, celular	1920
	Lavandería	Lavadora	450
	Sala	Tv led, equipo de sonido, inmuebles	1500
	Baño	Ducha eléctrica, secadora, afeitadora	150
Externo	Jardín	Lámparas led ornamentales	100
Total			5930

Elaborado por: Investigador

Para la cuantificación de los niveles de riesgo para cada área se toma referencia el total de bienes materiales que se tiene en el domicilio (\$5930), con una escala de 1 al 10 se determina una categorización del valor de riesgo para cada una de ellas. Considerando un valor de 10 si se presentara la situación de pérdida de todos los bienes en el domicilio, de esta manera se organizan los niveles de riesgo de la siguiente manera especificada en la tabla 9.

Tabla 9 Cuantificación de riesgos por área

Área	Categorización
Cocina	3.5
Dormitorio	4.3
Sala	3
Lavandería	1.5
Baño	0.4
Jardín	0.2

Elaborado por: Investigador [42]

De acuerdo con el método de riesgo por cuantificación de pérdida material en la tabla 9 se determinó que el área de mayor riesgo es el dormitorio por la mayor cantidad de artículos de valor que tiene esta zona.

### 3.2.3. Método de análisis de Mosler

El método Mosler está enfocada a la seguridad de los activos humanos, materiales e intangibles de empresas, debido a la similitud de los objetivos de seguridad de este método de análisis, se puede aplicar para este análisis con los propósitos de cuantificación de riesgo de la persona civil.

La gestión de riesgo tiene como objetivo buscar conocimiento de aquellas situaciones que pueden afectar o alterar a las actividades cotidianas, se debe definir una situación de estudio para cuantificar los niveles de riesgo.

El caso de estudio que se plantea para este análisis, se basa en el propietario del domicilio que está expuesto a las distintas amenazas tanto internas como externas al domicilio. Para esto, se determina condiciones del individuo.

- El individuo no tiene algún tipo de entrenamiento de defensa personal
- La ubicación del domicilio es potencialmente riesgosa por la frecuencia de incidentes delictivos ocurridos en el sector.
- El domicilio cuenta con deficiente iluminación pública
- El individuo regresa en la noche por horarios de trabajo
- No existe ningún tipo de vigilancia mientras el dueño permanece fuera del domicilio.

- El individuo olvida a dejar las ventanas cerradas
- En ocasiones deja el domicilio con las puertas sin seguridad

Con los valores propuestos en este método y las situaciones anteriormente expuestas se determina el “nivel de riesgo” al cual está expuesto el dueño del domicilio a situaciones como: secuestro, asalto y/o robo y extorsión. Con los siguientes indicadores con escalas desde 1 a 10.

Frecuencia (F): Permite verificar que el riesgo vuelva a aparecer de manera repetida.

Sustitución (S): Permite medir la facilidad o complejidad de sustituir alguna parte que está produciendo algún riesgo:

Extensión (E): Permite medir el alcance que se ha provocado

Profundidad (P): Se refiere a los efectos psicológicos que se producen en función a los riesgos.

Tabla 10 Cuantificación de riesgos

<b>Escenarios</b>					
	F	S	E	P	Nivel
Asalto	8	5	8	8	29
Extorsión	5	5	8	7	25
Secuestro	2	5	5	1	13

Elaborado por: Investigador [43]

En tabla 10 se puede observar el nivel de riesgo respecto a los indicadores de F, E, S Y P posicionando al asalto como el riesgo con más probabilidad de ocurrencia, seguido de la extorsión y el secuestro.

Con el análisis de riesgo se puede determinar que una residencia tiene un mayor riesgo de ser perpetrada ya sea por factores internos o externos y de tipo técnico o social ya sea por asalto fuera del domicilio, intrusión de un individuo al dejar algún medio de acceso habilitado entre otros, no obstante si ocurriese una perpetración de domicilio según el método de cuantificación por área empleado indica que el intruso se inclinara a robar artículos de más fácil comercialización como son los que se tiene en el dormitorio, cocina y sala.

### **3.3. Análisis de alternativas tecnológicas con IA en la domótica.**

Dos gigantes tecnológicos parecen haberse apoderado del mercado de hogares inteligentes en los últimos años estos son Home Assistant y Amazon, pero en el mercado existen otras alternativas que estarían compitiendo contra ellas. Estos dos sistemas de automatización del hogar podrían determinar cómo se vería un hogar inteligente y cómo funcionaría, en este apartado se analizará estos dos asistentes en cuanto a su configuración y compatibilidad.

#### **3.3.1. Home Assistant**

Home Assistant es un sistema de código abierto que permite a los usuarios controlar un hogar inteligentemente de una manera muy intuitiva, lo más destacado es que no necesita de un concentrador para usarlo, también puede ejecutarse en Windows, MacOS, Linux, ODROID, ASUS Tinkerboard o Raspberry Pi. Esta última es la opción más popular ya que consume menos energía, es más rápido, más receptivo y más seguro que otros sistemas porque se ejecuta en las instalaciones y extrae datos de la nube.

#### **Configuración**

Home Assistant tenía la reputación de requerir muchos ajustes para funcionar y, por lo tanto, era utilizado principalmente por personas con conocimientos de tecnología, pero han simplificado la interfaz para que sea más fácil para el usuario y su implementación para convertir los hogares en inteligentes.

Una vez instalado en un computador, se debe agregar ubicaciones, elegir administradores y configurar ajustes, Home Assistant encuentra los dispositivos y servicios en la red para posterior agregarlos a la configuración del asistente. Home Assistant es en realidad uno de los sistemas de automatización del hogar más rápidos y receptivos del mercado, con alto rendimiento y compatibilidad con la automatización.

#### **Compatibilidad**

Home Assistant se integra con más de 1000 API diferentes, que funcionan localmente en la nube, sobre ZigBee y Z-Wave, sobre Bluetooth y pronto funcionará con Matter, para admitir el control por voz, se puede agregar Google Assistant para controlar su hogar inteligentemente. Home Assistant también se ejecuta en un servidor local, pero

también puede descargar complementos de aplicaciones móviles para controlar su dispositivo y recibir notificaciones.

### **3.3.2. Amazon Alexa**

Experimentar con Amazon Alexa u otro asistente podría convertir un hogar en inteligente para los apasionados del control por voz. Amazon Alexa sería la más receptiva ya que entiende muy bien los comandos y es muy popular entre los hogares igualmente garantiza una gran compatibilidad, ya que es el asistente de voz más popular. Hay muchas formas de aprovechar el poder de la automatización de Amazon Alexa, la popularidad sigue siendo bastante alta, por lo que aparecen nuevos métodos todos los días.

#### **Configuración**

Configurar la aplicación Amazon Alexa permite agregar fácilmente dispositivos para personalizar el hogar y con la configuración sin complicaciones de Amazon es aún más fácil configurar un nuevo dispositivo en menos pasos. Un dispositivo Echo brinda acceso a miles de habilidades y docenas de rutinas que puede usar para aprovechar al máximo cualquier dispositivo inteligente, ya sea un altavoz o una pantalla. Puede configurar Echo para detectar perros que ladran y hacer que Alexa reproduzca música relajante o lo tranquilice. Alexa puede incluso apagar las luces cuando escuchas ronquidos en la habitación.

#### **Compatibilidad**

Alexa está disponible en muchos dispositivos de Amazon, incluidos: Altavoces Echo y dispositivos Fire TV. Funciona con Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee (Echo 4ta Generación, 1era Generación y Echo Show excepto Echo Studio) y, más recientemente, Matter. El rendimiento de automatización de la aplicación Alexa es muy bueno. Amazon está trabajando para desarrollar un asistente de voz de Estados Unidos para Alexa lo que ayudará a transformar la forma en que mejore a la productividad, las rutinas, las compras, el acceso a información y actualidad, la cocina y la modificación de su música.

Una vez revisado los antecedentes de consumo de energía, seguridad y alternativas tecnológicas de IA en la domótica, a través del levantamiento eléctrico de dispositivos

instalados en la vivienda se pudo proyectar que durante un mes se puede consumir aproximadamente 294.27 kWh lo cual se detalla en la tabla 5 y se puede constatar en el historial de consumo de la figura 6, además de que el mayor riesgo presente en el entorno del domicilio es el asalto con un indicador de 29 puntos obtenido en el análisis de la tabla 11 y el mayor riesgo de los bienes materiales está en el área del dormitorio lo cual se determinó a través de una cuantificación de riesgo por área del domicilio arrojando un 4.3 sobre 10 ya que en caso de darse un evento de robo se podría perder hasta \$1,920 valor obtenido de la tabla 8. Lo cual hace necesario el diseño de un dispositivo electrónico que ayude a la optimización tanto del consumo eléctrico como la disminución de los indicadores de inseguridad, esto con la ayuda de un asistente inteligente que cumpla con similares funcionalidades de un Home Assistant o Alexa.

### 3.4. Desarrollo de la propuesta del sistema

#### 3.4.1. Diagrama general de funcionamiento

La propuesta del diseño se basó en el siguiente diagrama de bloques, en donde se define de manera general las etapas de funcionamiento del sistema domótico el cual comienza con la recolección de los datos del entorno real que se desea manipular, los sensores que el sistema dispone para este fin son: sensor de corriente, sensor de pixeles (cámara) y sensor de decibeles (audio) con los datos que recolectan los sensores se procede a la transformación de estas señales de análogas a digitales debido a que el procesamiento de las mismas las realizara en el microcontrolador, en esta etapa de transformación y procesamiento se define los procedimientos o las condiciones de funcionamiento que tiene el sistema, desde aquí se enviaran las señales de activación o desactivación de los actuadores del sistema, finalmente se tiene la etapa tres en donde mediante los dispositivos periféricos se influye en el entorno. El funcionamiento general se especifica en la figura 10.

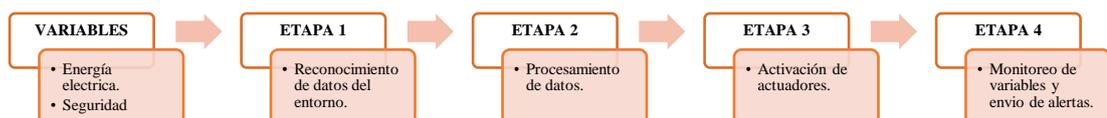


Figura 10: Diagrama de bloques de la propuesta de funcionamiento del sistema  
Elaborado por: El investigador

En la figura 10 se presenta la propuesta de funcionamiento en base a los requerimientos enlistados a continuación:

- Control del consumo eléctrico y reducir costos de facturación
- Reporte de consumo de voltaje, potencia y corriente.
- Brindar seguridad para el hogar mediante un asistente de voz.
- Control de acceso utilizando Inteligencia Artificial.
- Notificaciones en caso de personal no registrado en la base de datos.
- Control domótico de ventanas, puertas, luces.
- Monitoreo remoto por medio de una aplicación móvil.

### 3.4.2. Etapa 1: Reconocimiento de datos del entorno

El funcionamiento del sistema domótico comienza con la recolección de los datos del entorno real que se desea manipular, los sensores que el sistema dispone para este fin son: sensor de voltaje, sensor de corriente, sensor de pixeles (cámara) y sensor de audio (audio), sensor de presencia, sensor magnético.

El diagrama de funcionamiento con los componentes anteriormente descrito se muestra en la figura 11.

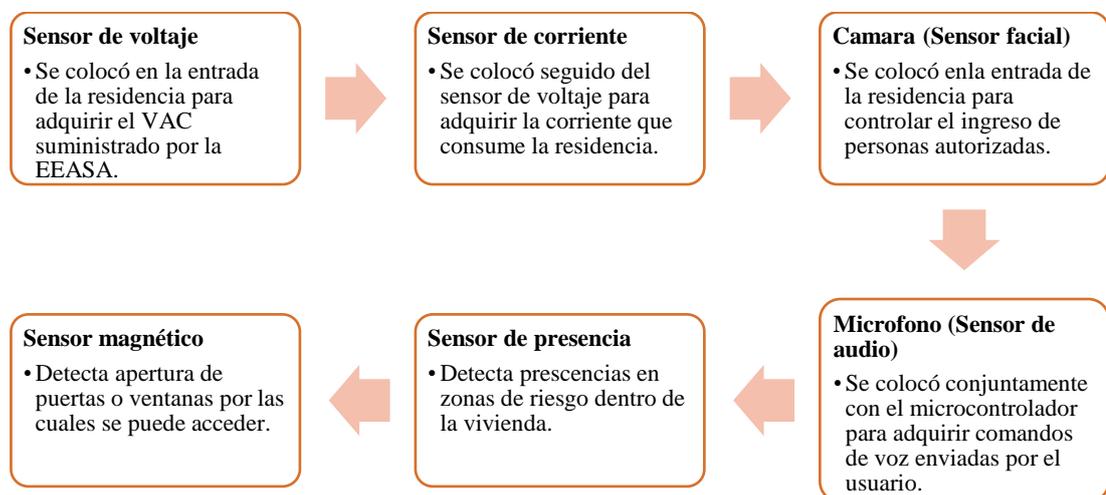


Figura 11 Diagrama de la etapa 1.  
Elaborado por: Investigador

A continuación, se describe la selección de componentes que pueden ser utilizados en la etapa 1 para la adquisición de variables digitales y analógicas.

## Sensor de voltaje

La selección de este módulo sensor, debe estar en función a varios criterios técnicos como el rango de detección de voltaje, sujeto al consumo eléctrico de los y dispositivos electrodomésticos conectados a los tomacorrientes del domicilio, a la capacidad de alimentación de la red pública la misma que en el Ecuador se establece como normativa una alimentación de señal sinusoidal de 120 voltios con una permisividad de variación de voltaje de  $\pm 5\%$  [44], las frecuencia de red en Ecuador es de 60Hz, la compatibilidad de dispositivos en el sistema, las prestaciones de funcionamiento según los requerimientos del sistema, la precisión de medición de los sensores entre otras características adicionales propias de cada dispositivo electrónico.

Respecto a los requerimientos de medición de voltaje es necesario la aclaración de situaciones puntuales que se deben considerar para seleccionar el dispositivo sensor correcto, en la mayoría de situaciones las instalaciones eléctricas domiciliarias presentan cierta variabilidad de voltaje que puede llegar hasta magnitudes de  $\pm 15\%$  de voltaje nominal, la selección del sensor de voltaje debe contemplar estas situaciones adicionales para la selección del rango medible de voltaje.

En la tabla 11 se resume las características técnicas de distintos sensores de voltaje con funcionalidades que pueden aportar a la recolección de los datos de voltaje de consumo del domicilio con la precisión necesaria.

Tabla 11 Comparación de sensores de voltaje

Característica/Sensor	Sensor de voltaje 25V FZ0430	Modulo Sensor de voltaje ACS712 30 <sup>a</sup>	Sensor de voltaje ZMPT101B AC
Imagen			
<b>Voltaje de medición</b>	0V – 25V	4.5V – 5.5Vdc	50 Vac – 250Vac
<b>Voltaje de alimentación</b>	5Vdc	5Vdc	5 V – 30Vdc
<b>Rango de corriente</b>	0A – 1A	0A – 30A	0 – 3A
<b>Voltaje de salida</b>	0v – 4.89mV	185mV	2V – 5Vac
<b>Desfase de ángulo</b>	-	-	30°

Elaborado por: El investigador [45]

A través de la comparación realizada en la tabla 11, se seleccionó al sensor ZMPT101B, ideal para la adquisición de datos de voltaje domiciliario, el sensor tiene un rango de detección de 50Vac a 250Vac con una salida de voltaje censada de 5Vdc-30Vdc lo que hace posible el reconocimiento y procesamiento de estos datos por el microprocesador destinado a la gestión de estos parámetros energéticos. Una particularidad previa a la implementación del dispositivo es la verificación y calibración de la salida de voltaje comparándolo con un voltímetro para tener magnitudes correctas de voltaje y corregir el desfase que puede suceder.

### Sensor de corriente

El sensor de corriente funciona según el principio electromagnético o lo que se llama electromagnetismo, las corrientes que circulan en los circuitos de los domicilios oscilan entre los 2A y 20A, en cargas especiales como duchas eléctricas y cocinas a inducción la corriente de operación puede llegar hasta 40 amperios de consumo en condiciones normales de funcionamiento, en situaciones de cortocircuito las corrientes nominales de los aparatos y de los circuitos suelen multiplicarse hasta 3 o 4 veces, el manejo de estas corrientes representaría el incremento en la robustez del tamaño de los dispositivos que miden y manejan estas altas magnitudes de corriente. Debido a esto, se utiliza transformadores de corriente, que con ayuda de una bobina primaria y secundaria disminuye corrientes altas en corrientes de bajas que oscilan entre 0.1mA y 1A, magnitudes manejables por un circuito electrónico [40]. En la tabla 12 se realiza la comparación de los sensores de corriente que se pueden aplicar para el análisis de consumo de corriente.

Tabla 12 Comparativa de sensores de corriente no invasivos

Característica/Sensores	Sensor Resistor	Contacto Efecto Hall	Transformador de corriente	Sensor no invasivo SCT-013
Imagen				
Precisión	$\pm 3$ a $\pm 5\%$	$\pm 1$ a $\pm 5\%$	$\pm 1$ a $\pm 5\%$	$\pm 1\%$
Voltaje de Salida	100mV	100mV	50mV	0-1V
Temperatura	$\pm 500$ ppm/ $^{\circ}$ C	125 $^{\circ}$ C	50 $^{\circ}$	70 $^{\circ}$
Amperaje	150A	100A	50A	30A
Ancho de banda	10 MHz	1 MHz	50 Hz a 1 MHz	1 MHz

Elaborado por: Investigador [47]

Se recopiló información de distintos tipos de sensores de corriente especificados en la tabla 12, después de realizar una deliberación de criterio técnico se puede seleccionar el indicado para los requerimientos de funcionalidad del prototipo. Para el proyecto se seleccionó el sensor SCT 013 el mismo que es un sensor de corriente no invasivo puesto que está formado por un transformador reductor. [42] Para el diseño del sistema se utilizó el sensor no invasivo SCT-0130-30AC con ancho de banda de 1 MHz, la frecuencia de medición del sensor es de 60Hz acorde con la frecuencia nominal de la red eléctrica pública del Ecuador, brindando así una salida entre 0 y 1Vac para que pueda ser medida por cualquier microcontrolador.

## Cámara

Para el apartado de reconocimiento facial se requiere de un sensor de imagen o cámara para extraer la información facial de las personas que van a tener acceso al domicilio, las características de las cámaras se detallan en la tabla 13, donde también se realiza una comparativa para determinar el dispositivo más óptimo para la recolección de la información del rostro.

Tabla 13 Características de cámaras compatibles con Raspberry Pi [48]

Característica/Cámaras	Módulo V1	Módulo V2	Facecam 1000x v2 720p HD	FLH2072
Imagen				
Tamaño	25 × 24 × 9 mm		4 X 1.5 X 1.5 cm	38 x 38 x 18,4 mm
Peso	3 gr	3 gr	50 g	3 gr
Resolución fija	5 megapíxeles	8 megapíxeles	720 megapíxeles	12,3 megapíxeles
Modos de vídeo	1080p30, 720p60 y 640 × 480p60/90	1080p30, 720p60 y 640 × 480p60/90	1080p, Hd	1080p30, 720p60 y 640 × 480p60/90
API de programación C	OpenMAX	OpenMAX IL	Open Max	OpenMAX IL
Sensor	OmniVision OV5647	Sony IMX219	Cmos 3x	Sony IMX477

<b>Resolución de sensores</b>	2592 × 1944 píxeles	3280 × 2464 píxeles	1MP, 1280 x 720, 640 x 480 píxeles	4056 x 3040 píxeles
<b>Área de imagen del sensor</b>	3,76 × 2,74 mm	3,68 x 2,76 mm	20 x 22 x 60 mm	6,287 mm x 4,712 mm
<b>Tamaño de píxel</b>	1,4 μm × 1,4 μm	1,12 μm x 1,12 μm	3.2 μm c 1.5 μm	1,55 μm x 1,55 μm
<b>Longitud focal</b>	3,60 mm +/- 0,01	3,04mm	6,0 mm	12 mm
<b>Campo de visión horizontal</b>	53,50 +/- 0,13 grados	62,2 grados	30,50 +/- 0,1 grados	90 grados
<b>Campo de visión vertical</b>	41,41 +/- 0,11 grados	48,8 grados	60 +/- 0,1 grados	75 grados
<b>Relación focal (F-Stop)</b>	2.9	2	5.0	3

Elaborado por: Investigador [49] [50]

La efectividad de un reconocimiento facial viene dada por la calidad de información inicial que ingresa al sistema, es necesario entonces un sensor con las mayores prestaciones de captación de píxeles que se pueda lograr, es por eso que se eligió el dispositivo Facecam puesto que es capaz de grabar en una resolución de 1080 en HD y es de fácil instalación en un microcontrolador puesto no es necesario instalar drivers.

### Micrófono

Para poder hacer funcionar al asistente de voz es indispensable que nuestro microprocesador pueda adquirir ondas sonoras y puedan ser convertidas a energía eléctrica para así poder permitir grabar sonidos, esta conversión se logra a través de un micrófono que en la tabla 14 se realiza una comparación de los micrófonos existentes.

Tabla 14 Características del micrófono receptor de ordenes

<b>Características/Micrófono</b>	<b>Youmi</b>	<b>Blue - Photo Savings</b>	<b>CG CHANGEE K</b>	<b>Raspi Voice HAT WM8960</b>
<b>Imagen</b>				
<b>Tipo de conector</b>	USB	USB, 3.5 mm Jack	USB	USB
<b>Tecnología de conectividad</b>	USB	USB	USB	I2C
<b>Fuente de energía</b>	Con cable eléctrico	Battery Powered	Corded Electric	Bateria externa 5V
<b>Sensibilidad de audio</b>	50 dB	60 dB	28 dB	98Db

<b>Dispositivos compatibles</b>	Laptop, computador personal	Laptop, computador personal	Laptop, computador personal	Raspberry Pi4 model B
<b>Driver</b>	No requiere driver de reconocimiento de hardware	No requiere driver de reconocimiento de hardware	No requiere driver de reconocimiento de hardware	WM 8960
<b>Alimentación</b>	5Vcd	3.3Vcd-5Vcd	5Vcd	5Vcd -12Vcd

Elaborado por: Investigador [51] [52]

Después de la comparación de los transductores se seleccionó el audio sensor Raspi Voice HAT WM8960, ya que es diseñado especialmente para proyectos de IA con apoyo de algún microcontrolador, debido a que esta placa de expansión de doble micrófono fue diseñada precisamente para la interacción con el microprocesador Raspberry Pi4 modelo B, la compatibilidad es el aspecto que menos se debe tener cuidado en este dispositivo. Cuenta adicionalmente con una salida de audio para auriculares en caso de que se tenga la necesidad de ampliar las funcionalidades del sistema, haciendo uso de esta característica.

### Sensor de presencia

El sensor de presencia es utilizado dentro de las residencias para detectar la presencia de objetos con vida dentro de las instalaciones en donde se instale este dispositivo, su funcionamiento se basa en la diferenciación de calor que emiten los objetos a su alrededor con el cual se puede detectar la presencia de un cuerpo en su rango de detección que mediante el desarrollo de un algoritmo se puede tomar como señal de entrada para operación de dispositivos adicionales como iluminación, relés cualquier dispositivo de la cual se requiera su operación al identificar la presencia dentro de un entorno físico. En la tabla 15 se analiza una comparativa de los sensores que se puede utilizar. Para este propósito en el sistema.

Tabla 15 Sensores de presencia.

<b>Características/ Sensor</b>	<b>Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04</b>	<b>Sensor de presencia PIR HC-SR501</b>	<b>Detector de presencia E24 360</b>
<b>Imagen</b>			

<b>Microcontroladores compatibles</b>	Arduino UNO, Mega 2560	Raspberry Pi, Arduino mega y Uno	Conector EGA
<b>Alimentación</b>	5V	3 - 5Vdc	120-250V
<b>Conectores</b>	Conector tipo pin	Conector tipo pin	Conector Boquilla de foco
<b>Distancia de detección</b>	2m	3 a 5m	6 metros
<b>Angulo de apertura</b>	75°	110°	180°
<b>Tensión de salida</b>	3 – 5V	3.3Vdc	110Vac

Elaborado por: Investigador [53]

Para la etapa de detección de movimiento se utilizó el sensor PIR HC SR501, el sensor se compone de dos potenciómetros y un jumper que permite configurar sus parámetros de funcionamiento, según los requerimientos del entorno que se desea detectar presencia: los parámetros configurables son: sensibilidad de detección, periodo de tiempo de activación y diferenciación de detección frente a detecciones repetitivas.

### **Sensor magnético**

Este sensor es el dispositivo por el cual se puede conocer si la puerta está cerrada o abierta, su funcionamiento se basa en el principio electromagnético, se constituyen de dos placas electromagnéticas instaladas en la parte móvil y la parte fija en la estructura de una puerta, de esta manera al cerrar una puerta las dos placas se unen produciendo una pequeña inducción electromagnética y una corriente al interior de una placa consecuencia de esta inducción electromagnética, indicando que la puerta está cerrada, en contraparte, si la puerta se encuentra abierta esta pequeña corriente inducida por los campos electromagnéticos desaparecerá, indicando que la puerta está abierta. A continuación, en la tabla 16 se realiza un resumen comparativo de distintos tipos de sensores magnéticos disponibles con sus respectivas características.

Tabla 16 Resumen comparativo de sensores magnéticos

Modelo	Sensor magnético tipo reed DC73	Sensor Magnético Mc-38	Sensor Magnético Mcs-55zl
Imagen			
Voltaje y corriente de operación	24Vdc rele/100V ac PLC	100V 0.5A	100Vdc
Distancia de detección	10mm-15mm	12-25mm	50-70mm
Dimensiones del producto	29*15.5*9mm	64*20*12mm	38*30*60cm
Estado normal	Normalmente abierto	Normalmente cerrado	Normalmente cerrado
Corriente máxima de conmutación	5-50mA	0.5A	0.5A

Elaborado por: El investigador [54]

Para la separación entre la estructura de soporte y la puerta se requiere de un sensor con un rango de detección de entre 2 a 10mm, la alimentación de voltaje para su operación debe ser en corriente continua entonces, con estos requisitos técnicos el dispositivo más adecuado es Sensor Magnético Mc-38.

### 3.4.3. Etapa 2: Procesamiento de datos

La etapa 2 se conforma de hardware y software. El hardware de la segunda etapa se compone por la placa del microcontrolador principal y dos módulos secundarios capaces de conectarse inalámbricamente, dentro del microcontrolador principal se encontrará el software que contiene el script necesario para que el sistema procese la información y utilice el modelo de inteligencia artificial seleccionado, entre los componentes electrónicos los módulos inalámbricos permiten la conexión a interfaces externas como: transmisores y receptores asíncronos (UART), microcontroladores, sensores, puertos ethernet, tarjetas SD e interfaces táctiles y capacitivas, los módulos inalámbricos contienen el script necesario para el procesamiento de variables analógicas y variables digitales que demanda el sistema. La comunicación entre el microcontrolador principal y los módulos inalámbricos se realizará a través de protocolos de internet. La figura 12 especifica los elementos y el proceso que tiene esta etapa. En cuanto a las componentes de software, mediante el algoritmo

previamente instalado en el microcontrolador principal se puede controlar tres funcionalidades del sistema: reconocimiento de voz, detección de rostros y la inteligencia artificial para el reconocimiento de rostros.

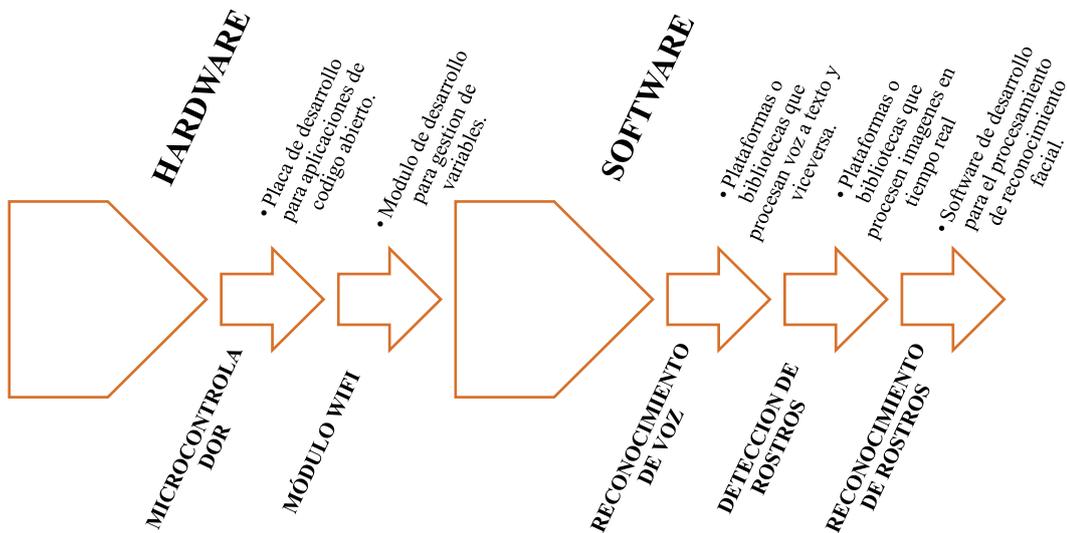


Figura 12 Diagrama de elementos funciones de etapa 2.

Elaborado por: Investigador

A continuación, se describe los componentes que pueden ser utilizados tanto para la parte de hardware y software que pueden ayudar al desarrollo del prototipo.

## HARDWARE

### Microcontrolador

Al tratarse del microcontrolador principal destinado al procesamiento y gestión de datos provenientes de los dos microcontroladores adicionales, el micrófono HAT WM 8960 y la cámara que se encuentran conectados a través de wifi y conexión física se requiere de un microcontrolador con prestaciones de procesamiento importantes tratando de no comprometer el aspecto económico, para este propósito en la tabla 17 se realiza la comparación entre algunos microcontroladores con altas prestaciones y un bajo costo, lo más importante que es compatible con todos los sensores analizados previamente.

Tabla 17 Características de la tarjeta Raspberry PI 4 MODEL B

	Raspberry Pi 4 Modelo B	Raspberry Pi 3 Modelo B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2 Modelo B	Raspberry Pi Modelo B+
<b>Imagen</b>					
<b>Procesador/micro</b>	Broadcom Quad Cortex-A72 @ 1.5 GHz	BCM2837	BCM2835	BCM2836	BCM2835
<b>CPU</b>	Quad Cortex-A72 @ 1.5 GHz	Quad Cortex A54 @ 1.2 GHz	ARM11 @ 1 GHz	Quad Cortex A7 @ 900 MHz	ARM11 @ 700 MHz
<b>Set de instrucciones</b>	ARMv8	ARMv8-A	ARMv6	ARMv7-A	ARMv6
<b>GPU</b>	VideoCore VI	VideoCore IV 400 MHz	VideoCore IV 250 MHz	VideoCore IV 250 MHz	VideoCore IV 250 MHz
<b>RAM</b>	1GB, 2 GB, 4 GB (dependiendo del modelo)	1 GB SDRAM	512 MB SDRAM	1 GB SDRAM	512 MB SDRAM
<b>Almacenamiento</b>	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD
<b>Ethernet</b>	10/100/1000	10/100	No	10/100	10/100
<b>Wireless</b>	802.11ac, Bluetooth 5.0, BLE	802.11n / Bluetooth 4.0	No	No	No
<b>Salidas de vídeo</b>	2 × micro-HDMI	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite
<b>Salidas de audio</b>	HDMI / Auriculares	HDMI / Auriculares	HDMI	HDMI / Auriculares	HDMI / Auriculares

Elaborado por: Investigador [55]

Para el desarrollo del proyecto se eligió el microprocesador Raspberry pi 4, ya que entre las características técnicas analizadas el modelo presenta un CPU Quad Cortex-A72 que trabaja a 1.5GHz, además de poseer una memoria RAM de 4GB y las últimas versiones en tecnología WiFi y Bluetooth, todo esto cumple con los requerimientos necesarios para poder desarrollar aplicaciones de IA.

### Modulo Wifi

En la selección del microprocesador principal se menciona la importancia de la capacidad de procesamiento debido a que en el sistema existen varias funcionalidades que deben ser despachadas lo cual hace necesario la capacidad de procesamiento, es a partir de esta característica de funcionamiento que se decide incrementar la capacidad de procesamiento adicionando dos microcontroladores al sistema, los cuales liberaran

parcialmente la carga de procesamiento a la Raspberry pi para la transmisión de datos hacia la plataforma. La tabla 18 presenta un análisis de las características de los microcontroladores que serán usados en los nodos de censado y de actuación.

Tabla 18 Características de modulo wifi

Modelo	Modulo wifi EMW3162	Modulo wifi ESP8266	ESP32
Imagen			
Voltaje y corriente de operación	3.3Vdc, 7 – 24mA	2.5 – 3.6Vdc 80mA	2.7- 3.6Vdc 80mA
Microcontrolador	Cortex M3 STM32F205RG 120Hz 128Kb RAM	Tensilica Xtensa LX3 (32 bit) 96KB RAM	Dual core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
Velocidad de transmisión	20Mbps	54Mbps	150Mbps
Seguridad	WPS 2.0	WPA/WPA2	WPA/WPA2
Potencia de emisión	8dBm@11b, 15dBm@11g, 14.5dBm@11n	802.11 b: +20 dBm 802.11 g: +17 dBm 802.11 n: +14 dBm	+9 dBm 97 dBm sensitivity +20.5 dBm of power
Protocolos de red	IPv4	Protocolos TCP/UDP/HTTP/FTP	IPv4 y protocolos TCP/UDP/HTTP/FTP
Wifi	HT20	HT20	HT40
Puertos GPIO	32	17	24 (Algunos pines solo como entrada)
Puertos ADC	8 canales de entrada ADC, 2 canales de salida DAC	Convertor ADC 10-bit	18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
Puertos PWM	Entrada/salida PWM/Temporizador disponible en cada pin GPIO	4 configurables como PWM 3.3V	16 consagrables como PMW 3.3V
Características adicionales	Conmutación raming no intrusiva	AT Instruction set, iOS	Integra un módulo Bluetooth

Elaborado por: El investigador [56]

A través de la tabla comparativa se puede observar que el microcontrolador con el módulo WiFi que mejores beneficios tiene es la ESP32 puesto que tiene una mayor tasa de transmisión, más puertos digitales y puertos analógicos que los otros microcontroladores analizados, se adapta a diversos protocolos de red, tiene mayor ganancia y sensibilidad en su antena e integra un módulo bluetooth.

## SOFTWARE

### Reconocimiento de voz

El reconocimiento de voz es el proceso mediante la cual un dispositivo o programa puede identificar el lenguaje hablado y transformarlas a un lenguaje que una maquina pueda entender. La relativa efectividad de los asistentes de voz como: Amazon. Alexa, Google Voice, Microsoft Cortana y Siri de Apple son resultados de aplicación de nuevas tecnologías, como la identificación y el procesamiento de voz a través de la nube y el desarrollo de las metodologías respecto a la recopilación de esta información en tiempo real. En la tabla 19 se muestra una comparativa de las diferentes plataformas que facilitan el reconocimiento de voz mediante API's.

Tabla 19 Plataformas de conversión de voz a texto.

	<b>Google Cloud Speech</b>	<b>Amazon Transcribe</b>	<b>IBM Watson Speech-to-text</b>
<b>Lenguajes</b>	120	2	7
<b>Identificación de múltiples hablantes</b>	Si	Si	Si
<b>Frecuencia de muestreo de audio</b>	16kHz	8kHz – 48 kHz	16kHz
<b>Vocabulario personalizado</b>	Si	Si	Si
<b>Marcas de tiempo</b>	Si	Si	Si
<b>Puntuación de confianza</b>	Intermedio	Excelente	Excelente
<b>Filtro de blasfemias</b>	Si	Si	Si
<b>Precio</b>	\$0.006 por 15 segundos	\$0.00056 por segundo	\$0.02 por minuto
<b>Precio usando librerías de Python</b>	Gratis	\$0.00056 por segundo	\$0.02 por minuto

Elaborado por: Investigador [57]

Estas plataformas de reconocimiento de voz con inteligencia artificial son instrumentos con amplias aplicaciones para machine learning, como la identificación de voz de una persona o el desarrollo de algoritmos para la creación de asistentes virtuales por voz. A través de la tabla comparativa se determina que se usara la API de Google Cloud Speech, ya que brinda alta operacionalización en diferentes idiomas, una tasa de muestreo considerable para el reconocimiento de voz y el libre uso que se le puede dar a través de librerías de Python.

## Reconocimiento de rostros

El propósito de esta fase es la extracción de características relevantes de un rostro y la eliminación de factores que representan ruido, con el propósito de delimitar el área de análisis, las siguientes restricciones que se consideran en esta fase son las siguientes:

- Centrado y enmarcado del rostro
- Detección de parámetros faciales no relevantes (cabello, vello facial etc.)
- Determinación de distancias y localización de puntos extremos del rostro (orejas, parte superior de la cabeza y cuello)

Las propiedades de la imagen con la que el sistema va a operar son parámetros importantes en las etapas iniciales del acondicionamiento de imagen, aquellos son:

- El tamaño de la imagen (área de píxeles)
- Tipo de archivo (XML)
- Niveles de escalas de grises para asignación de histogramas.

La detección de rostros se fundamenta en la diferenciación de características de píxeles que tiene imagen positiva (imagen con rostro) y una imagen negativa (imágenes sin rostros), para que el algoritmo pueda definir si una imagen es positiva o negativa se utiliza las características Haar para la extracción de estas características de imagen mientras que la clasificación de las mismas se utiliza un clasificador en cascada.

En la tabla 20 se realiza una comparación del resultado obtenido con distintos clasificadores con características de Haarcascade

Tabla 20 Comparativa del clasificador respecto a los fps y precisión

Nombre del clasificador	FPS Gama	Precisión
Haarcascade_frontalface_alt_tree	2-3 fps	96.296%
Haarcascade_frontal_alt	2-4 fps	96.296%
Haarcascade_frontalface_alt2	3-4	100%
Haarcascade_frontalface_default	3-4	100%
Lbpcascade_frontalface	4-5	100%

Elaborado por: Investigador [58]

Un mayor número de fotogramas (FPS) detectados refleja una mayor capacidad de detección, según los valores que se obtuvo en la tabla 19 se puede definir como el

mejor clasificador para la detección de rostros a Haarcascade\_frontalface\_default debido a la cantidad de FPS y precisión que brinda el algoritmo.

El fragmento del script de la implementación de la metodología de reconocimiento haardcascade y del clasificador FrontalFace se presenta en el Anexo 7 y Anexo 8 respectivamente.

### **Detección de rostros con IA**

La adquisición de imágenes define rasgos centrales en los que la IA se enfoca para realizar los procedimientos de reconocimiento facial, lo que se busca en estos primeros procedimientos a más de la estandarización y encuadre de la imagen es definir los tipos de variación de imagen que aporten a la diferenciación de un rostro con otro, entre los aspectos de diferenciación se tiene:

- Rostro con vista frontal
- Rostro con giro a la izquierda con 1/7 de visualización del rostro
- Rostro con giro a la derecha con 3/4 de visualización del rostro
- Vista frontal con elevación de mirada a 45°
- Vista frontal con depreciación de vista a 45°
- Vista frontal con alguna expresión

Las primeras aproximaciones de reconocimiento facial estarán dadas por los valores de las matrices de los Eigenvalores, resultado de la aplicación del reconocimiento inicial de EigenFaces, los datos iniciales que se obtiene de este proceso se almacenan en una carpeta específica, donde se también se guardan cada una de las imágenes procesadas provenientes de cada una de las imágenes iniciales que se capturaron del rostro que se encuentra al frente de la cámara, la cantidad dependerá de las muestras que se considera necesarias para lograr un óptimo proceso de reconocimiento.

Lo que se busca con la aplicación de inicial de EigenFaces basada en la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA), es definir la base que mejor represente la distribución de datos en las imágenes de los rostros en el espacio donde se encuentra la imagen.

En complemento al EigenFaces el método de reconocimiento FisherFaces contempla situaciones de características distintas de fotografía como la presencia de luz en la imagen y las expresiones que puede tener el rostro, dentro de un contexto comparativo así, mientras que el LDA (Discriminat Lineal Analysis) de fishefaces busca los vectores que proporcionan una mejor discriminación entre clases una vez proyectada la imagen el PCA de eingenfaces busca la mejor representación de los datos mediante vectores. Con esto se denota que fisher se enfoca más a una discriminación de vectores mientras que eingenfaces se dedica a una mejor representación mediante vectores.

El enfoque de LBPFaces es la descripción de texturas, la que busca esta metodología es la descripción de algunas regiones en específico las cuales aportan mayor información en comparación a otras, para construir una descripción global de un rostro se divide en distintas regiones con histogramas distintas, lo que hace el LBPFace es definir etiquetas a cada uno de los pixeles de la imagen considerando la distribución de los pixeles que se encuentran juntos de manera consecutiva en resumen los pasos que sigue son los siguientes:

- Una máscara hace el recorrido de forma interactiva seleccionando un pixel central e identificando un su respectivo pixel vecino.
- El pixel central seleccionado se compara con cada uno de sus pixeles adjunto, con esta comparación en tanto el pixel central sea menor que el pixel adjunto se le asignara el valor de 1, en contraparte si el pixel central es mayor al pixel vecino se asignara un cero.
- La construcción de este lenguaje binario posteriormente se convierte en números decimales que es contado en el histograma para definir la descripción del rostro, así, con la operación de comparación de todos los pixeles centrales con sus respectivos pixeles vecinos construyen una descripción de textura.

La idea general del algoritmo de este modelo es en primer lugar la aplicación del operador LBP para la extracción de las características de la imagen, para luego dividir la imagen codificada en varias áreas, definir el histograma codificado LBP de cada área y finalmente obtener el histograma de codificado LBP de toda la imagen. Dicho

de otra manera, se trata de describir las características dentro de un contexto local de la imagen mas no mirar la imagen desde un contexto completo de visualización [46].

El LBP trata de comprimir la estructura local de la imagen del rostro basándose en una comparación de cada uno de sus pixeles con los pixeles vecinos. Se toma como referencia un pixel central y se delimita el valor de los pixeles vecinos, es decir, si el pixel del centro es de mayor dimensión que un pixel vecino se codifica como un cero, y si, la intensidad del pixel adjuntos es mayor que la del pixel central se codifica como un uno.

En la tabla 21 se puede apreciar una comparación entre los tres métodos de reconocimiento facial explicados.

Tabla 21 Resume comparativo de reconocimiento facial con tres metodologías

<b>Indicador de comparación</b>	<b>EigenFaces</b>	<b>FisherFaces</b>	<b>LBPH</b>
Predicción del valor al probar con la misma cara	4633.81	318.59	29.32
Predicción del valor más pequeño al probar con diferentes caras	2004.2	61.42	71.88
Predicción de mayor valor al hacer pruebas con diferentes caras	8360.78	2805.77	367.5
Rango de FPS	0.67	1.23	6.58

Elaborado por: El investigador [59]

Habiendo aclarado de manera general el funcionamiento de estas metodologías, y después de haber cuantificado la eficiencia en la operación detallado en la tabla 21, cada una de aquellas se puede establecer criterios comparativos con la cual se denota el nivel de optimización que tiene cada una para definir postulados de que método es mejor.

Las metodologías además detalladas son técnicas con un alto porcentaje de identificación de rasgos faciales. La metodología de muestras por histogramas binarios LBPH (Binary Patterns Histograms), es invariante ante los detalles para el reconocimiento facial como la presencia de excesiva cantidad de luz o deficiencia de la misma o la rotación moderada del rostro. Razones por las cuales se seleccionó el método LBPH como la técnica de reconocimiento para el desarrollo del reconocimiento facial del presente trabajo.

## Software de desarrollo

Para el desarrollo de un algoritmo de IA se hace un análisis de los diferentes IDE's de programación los cuales puedan facilitar este desarrollo, puesto que se hará un alto uso de datos y protocolos de comunicación, dicho esto en la tabla 22 se realiza la comparación.

Tabla 22 IDE's de programación para IA

	<b>PYTHON</b>	<b>C++</b>	<b>JAVA</b>
<b>Tipo de lenguaje</b>	Programación orientada a procedimientos (POP) y la programación orientada a objetos (OOP)	Programación orientada a objetos	Programación orientada a objetos
<b>Nivel de lenguaje</b>	Alto nivel	Alto nivel	Alto nivel
<b>Bloque de construcción</b>	Impulsado por funciones, objetos y clases	Impulsado por objetos	Impulsado por objetos y clases
<b>Plataforma</b>	Independiente	Independiente	Independiente
<b>Variables dinámicas</b>	Soporta ( $x=5$ ), no es necesario declarar variables	No soporta ( $\text{int } x=5$ )	No soporta ( $\text{int } x=5$ )
<b>Seguridad de datos</b>	Seguridad (menor que java)	Muy seguro	Muy Seguro

Elaborado por: El investigador [60], [61]

Después del análisis correspondiente a los diferentes IDE's de programación se seleccionó el IDE de Python pues ofrece mayor versatilidad frente a algoritmos de IA y machine learning.

### 3.4.4. Etapa 3: Activación de actuadores

La etapa 3 conlleva básicamente el accionamiento de los actuadores tales como cerraduras magnéticas, lámparas, enchufes y sirena a través de los puertos GPIO del microcontrolador, los mismos que se accionan mediante comandos de voz, comandos enviados a través del Bot inteligente de Telegram o los comandos de ejecución del sistema resultado de la etapa de procesamiento de datos.

Como parte de la etapa de 3 se considera también el accionamiento de los sensores magnéticos de la puerta para detectar intrusos en el domicilio cuando este dispositivo detecta la apertura de la puerta en una situación no autorizada, al detectarse esta situación de vulneración de seguridad física de la puerta se envía un mensaje de alerta por medio de la aplicación de mensajería Telegram junto con la suspensión de energía al sistema, bloqueándolo totalmente para ser habilitado de nuevo solamente con la verificación de una clave de acceso predefinida por el usuario.

La representación gráfica de los componentes de la etapa tres junto con sus procesos de funcionamiento se visualiza en la figura 13.

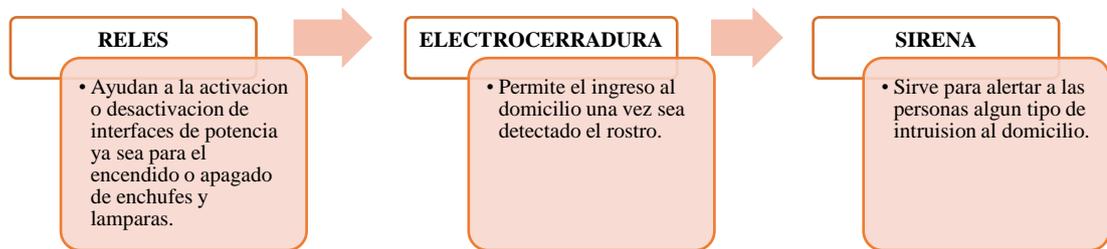


Figura 13 Diagrama de proceso de la etapa 3  
Elaborado por: El investigador

A continuación, se describe la selección de los componentes que pueden ser utilizados en la etapa 3 de actuadores.

### Módulo de relé

Mediante la operación de un relé se logra el accionamiento de distintos dispositivos adicionales que no cuentan con un accionamiento propio automático, con la operación de un relé se puede gestionar distintos dispositivos como: iluminación, electrométricos entre otros, cada dispositivo a controlar tiene sus características de consumo energético lo cual se debe tomar en cuenta para seleccionar el relé que lograra satisfacer estos requerimientos técnicos, en el domicilio se cuenta de dos tipos de redes una red 120V y otra de 240V, características que se mencionan a través del resumen comparativo de la tabla 23 para seleccionar el dispositivo que mejor se adapta a las necesidades de control del sistema.

Tabla 23 Comparación de módulos de relé compatibles con microcontroladores.

	Módulo de relé de 4 canales	Módulo de relé de 8 canales
<b>Voltaje de Operación</b>	5V DC.	5V DC.
<b>Señal de Control</b>	TTL (3.3V o 5V).	TTL (3.3V o 5V).
<b>Nº de Relays (canales)</b>	4 CH.	8 CH.
<b>Modelo Relay</b>	SRD-05VDC-SL-C.	SRD-05VDC-SL-C.
<b>Capacidad máx</b>	10A/250VAC, 10A/30VDC.	10A/250VAC, 10A/30VDC.
<b>Corriente máx</b>	10A (NO), 5A (NC).	10A (NO), 5A (NC).
<b>Tiempo de acción</b>	10 ms / 5 ms	10 ms / 5 ms
<b>Entradas Optoacopladas.</b>	Si	Si
<b>Indicadores LED de activación.</b>	Si	Si

Elaborado por: El investigador [62]

De la tabla 23, el módulo de relé de 8 canales es el ideal puesto que se está utilizando diferentes interfaces de potencia y es compatible con el microcontrolador que se va a utilizar ya que solo se necesita entre 3.3Vdc y 5Vdc para ser activado según la tecnología TTL que utiliza, se compara con un relevador de 5V debido a que no va a tener ningún inconveniente al ser instalado pero se debe realizar alimentación independiente según el número de relevadores que se vaya a incluir, a diferencia del módulo de 8 canales que tiene una sola alimentación para todos los 8 relés.

### Cerradura Magnética

Para controlar el acceso de personas a la residencia es esencial la colocación de una cerradura magnética para poder abrir o cerrar la puerta del acceso principal, teniendo este requerimiento se procede en la tabla 24 a realizar un comparativa de las cerraduras magnéticas en el mercado.

Tabla 24: Comparación de cerraduras magnéticas.

	Cerradura magnética DHI-ASF280A	Cerradura magnética 40261	Cerradura magnética AD-180AB
<b>Marca</b>	Dahua	Tebas	Genérica
<b>Fuerza de retención</b>	280 Kg	180 Kg	180 Kg
<b>Voltaje de operación</b>	12 – 24 Vdc	12 Vdc	12 Vdc

<b>Corriente de operación</b>	480mA / 240mA	1mA	320mA
<b>Tamaño de imán</b>	250 * 47 * 26 mm	171 mm x 32 mm x 20 mm	19,3 x 3,8 x 2,8 cm/7,60 x 1.
<b>Tamaño de armadura</b>	260 * 57 * 36 mm	120 mm x 58 mm x 20 mm	13 x 3,5 x 1,4
<b>Peso</b>	2 Kg	2 Kg	1 Kg

Elaborado por: El investigador [63]

De la tabla 24 se eligió la cerradura magnética DHI-ASF280A debido a que esta cerradura tiene una fuerza de retención de 280Kg y puede ser configurada para que opere en dos voltajes sin alterar su fuerza de retención.

### Sirena

Al estar implementando un sistema domótico y de seguridad es importante la instalación de una alarma de seguridad con el propósito de emitir una alerta sonora para efectos de disuasión contra los el objeto peligroso que se encuentra en el área, para aquello se requiere de características referentes a la capacidad de longitudes de sonido, para lo cual en la tabla 25 se realiza un comparación de las sirenas disponibles en el mercado nacional con distintas características de capacidad de emisión de sonido.

Tabla 25 Comparación de sirenas para casas.

	<b>Sirena zoom S103</b>	<b>Sirena Bocina 15 Watts</b>	<b>Bocina Altavoz Megáfono ALT12</b>
<b>Imagen</b>			
<b>Marca</b>	Alarmas-zoom	Tecnosat	Linseg
<b>Voltaje de funcionamiento</b>	6 Vdc – 12 Vdc	6 Vdc – 15Vdc	12 Vdc
<b>Potencia Nominal</b>	15 W	15W	30W
<b>Conexión</b>	Cable	Cable	Cable
<b>Peso</b>	430g	700g	1Kg
<b>Nivel de sonido</b>	110dB	112 dB	180 dB

Elaborado por: El investigador [64]

De la tabla 25 se determina el uso de sirena zoom S103 debido al bajo voltaje de funcionamiento que requiere, a la potencia nominal de consumo y al nivel de sonido que produce a pesar de ser una sirena muy liviana, esta sirena será de gran ayuda al tratar de disuadir a intrusos.

### 3.4.5. Monitoreo de variables y envío de alertas.

La etapa 4 sobrelleva el monitoreo de los actuadores tales como cerraduras magnéticas, lámparas, enchufes y sirena también se lleva un monitoreo de las variables eléctricas medidas como voltaje, corriente y potencia, el sistema tendrá la capacidad de alertar al usuario en el caso de que exista una intrusión al domicilio, un corte de energía o una sobrecarga dichas acciones serán enviadas a través de la plataforma de mensajería de Telegram.

La representación gráfica de los componentes de la etapa cuatro junto con sus procesos de funcionamiento se visualiza en la figura 14.

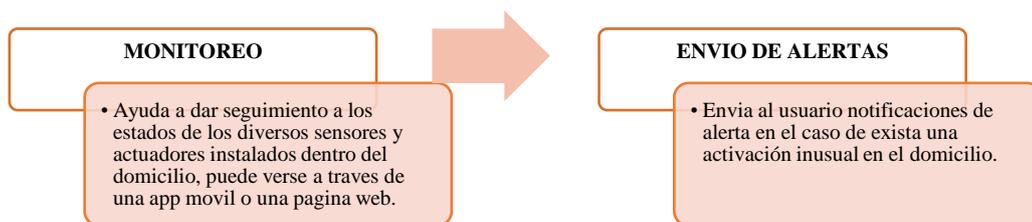


Figura 14 Diagrama de proceso de la etapa 4  
Elaborado por: Investigador

A continuación, se describe la selección de los componentes que pueden ser utilizados en la etapa 4 de monitoreo y envío de alertas.

### Plataforma de monitoreo

Para poder tener un monitoreo constante del sistema se realiza en la tabla 26 un análisis de las plataformas más conocidas y de uso libre por los usuarios, en donde se puede crear tableros para la visualización de datos y controlar actuadores de una manera muy simple y rápida.

Tabla 26: Plataformas de monitoreo.

Características	Node-Red	Grafana	IoT MQTT Panel
Plataforma	SaaS/Web	SaaS/Web	SaaS/App Movil
Compatible			

<b>Audiencia</b>	Desarrolladores que buscan una herramienta de programación para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea	Equipos de datos que necesitan una potente solución de monitorización de contenedores	Usuarios que buscan una solución para recopilar y visualizar datos
<b>Soporte</b>	En línea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En línea</li> <li>• Horas de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En línea</li> <li>• Horas de trabajo</li> </ul>
<b>Precio</b>	Versión libre	Versión libre y de paga	Versión libre
<b>Capacitación</b>	Documentación	Documentación	Documentación
<b>Categorías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de contenedores</li> <li>• Panel</li> <li>• Visualización de datos</li> <li>• Informes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet de las cosas industrial</li> <li>• Internet de las cosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet de las cosas industrial</li> <li>• Internet de las cosas</li> </ul>
<b>Plataforma</b>	Web	Web	APP Móvil
<b>Protocolo de comunicación</b>	MQTT	SQL	MQTT

Elaborado por: Investigador [65]

Después del análisis correspondiente en cuanto a las diferentes plataformas de monitoreo en la tabla 26 se seleccionó la plataforma de “IoT MQTT Panel” la cual ofrece una plataforma móvil para teléfonos android, cuenta con documentación y soporte en el caso de requerirlo, es de libre acceso y es utilizado para el internet de las cosas utilizando el protocolo de comunicación MQTT.

### **Plataforma de mensajería**

A continuación, en la tabla 27 se realiza el análisis comparativo entre las plataformas de mensajería instantánea más conocidas en el mercado, las plataformas que se analizan son productos de software orientadas a la administración de comunicaciones con diferentes servicios que brinda cada una.

Tabla 27: Comparación de plataformas de mensajería.

<b>Característica</b>	<b>WhatsApp</b>	<b>Telegrama</b>
<b>Conversaciones grupales</b>	Hasta 256 participantes	Hasta 200 participantes (supergrupos — hasta 100 000 participantes)
<b>Envío de archivos y medios</b>	Hasta 16 MB	Hasta 1,5 GB
<b>Chatbots</b>	Están disponibles desde 2018, pero son mucho menos sofisticados que los que ofrecen Telegram y Facebook Messenger.	Disponible
<b>Pegatinas</b>	Sí (con aplicaciones de terceros)	Sí
<b>Actualización de estado</b>	Sí	Sí, pero se llama “Bio”
<b>Encriptado de fin a fin</b>	Sí	A petición en “chats secretos”
<b>Edición de mensajes</b>	No	Disponible en 48 horas
<b>Eliminar mensaje</b>	Disponible en 51 minutos	Disponible en 48 horas
<b>Navegador en la aplicación</b>	No	Sí
<b>contraseña</b>	No	Sí
<b>Canales</b>	No	Sí
<b>API abierta</b>	No	Sí
<b>Llamadas telefónicas y videollamadas</b>	Ambos disponibles	Solo llamadas telefónicas
<b>Acceso simultáneo</b>	No	Sí, es posible abrir la aplicación en 2 o más dispositivos al mismo tiempo.
<b>Personalización</b>	No	Sí
<b>Charlas</b>	No se puede transmitir a otro dispositivo o número.	Totalmente portátiles, ya que se almacenan en el servidor de la nube.
<b>Nombres de usuario</b>	No	Sí
<b>Tamaño de la aplicación</b>	135 MB	140 MB

Elaborado por: Investigador [66]

Después de realizar el análisis comparativo en la tabla 27 acerca de las plataformas de mensajería se seleccionó la plataforma de Telegram debido a que es una mejor solución para las empresas, ya que ofrece chatbots y canales públicos, además es la mejor opción si busca el mensajero con capacidades sólidas de envío de archivos, grupos más grandes y más libertad con la edición de mensajes.

### 3.5. Diseño e implementación del sistema

En este apartado se detalla los métodos necesarios para llevar a cabo la implementación del sistema basado en los requerimientos del trabajo.

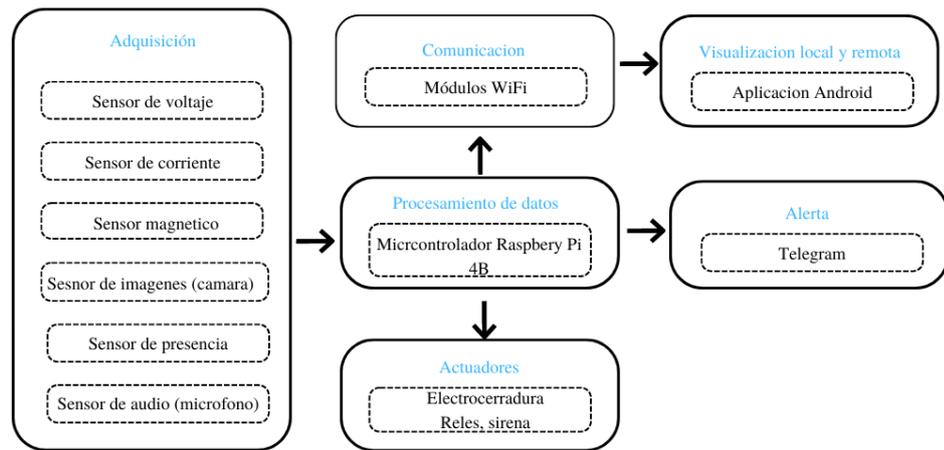


Figura 15 Diagrama de distribución del sistema  
Elaborado por: Investigador

En la figura 15 se presenta las etapas de funcionamiento del sistema desde las primeras etapas como la adquisición de datos de las variables exteriores, pasando por la etapa de procesamiento de datos a través de los tres controladores y finalmente la etapa de ejecución de los actuadores.

La distribución de los elementos electrónicos del sistema se apega a las funcionalidades que se requieren en cada una de las áreas del domicilio. En la figura 16 se puede visualizar el microcontrolador correspondiente para el control de cada uno de estos elementos electrónicos.

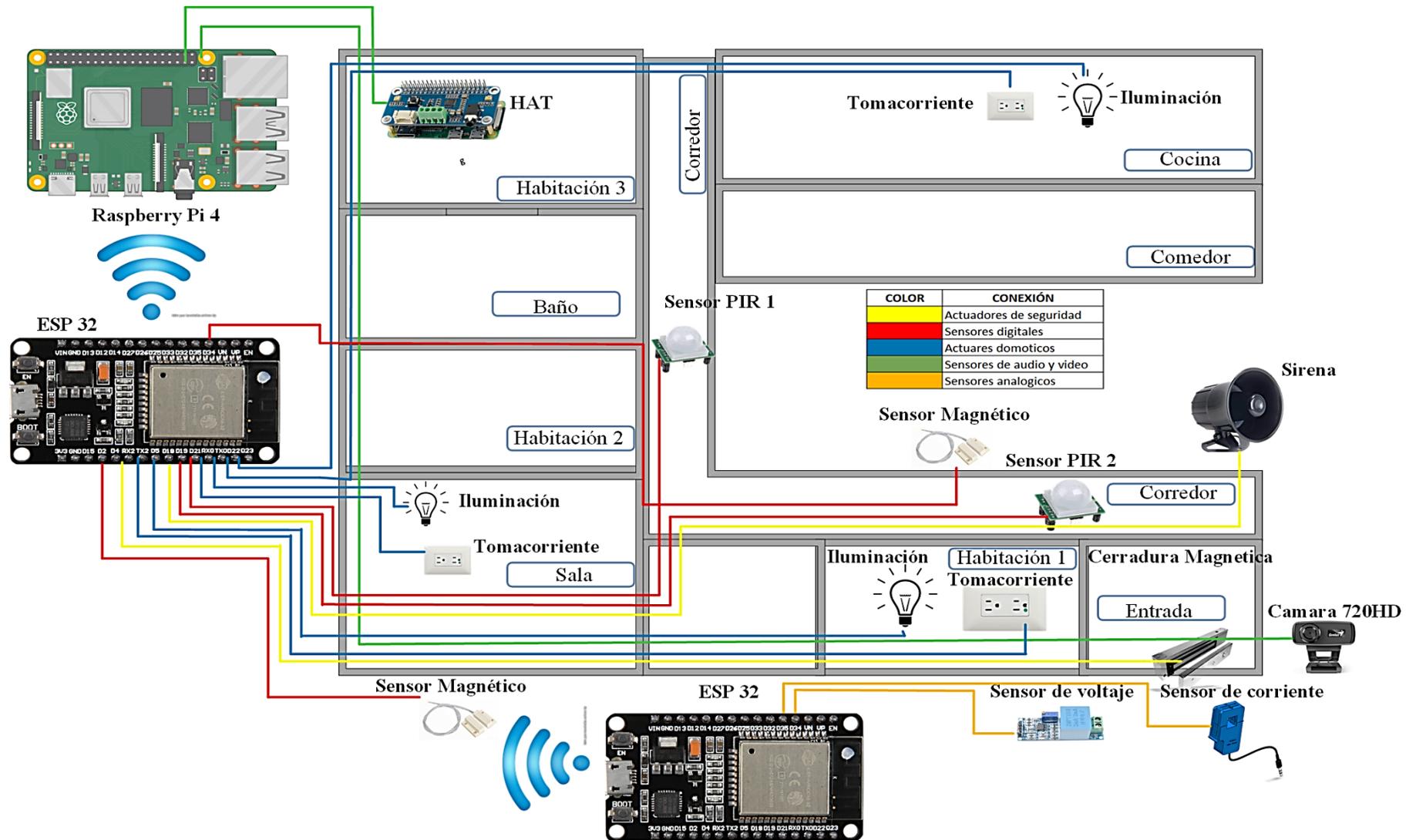


Figura 16 Esquematización y distribución del sistema.

Elaborado por: Investigador

Se observa que en el sistema existen tres microcontroladores, la Raspberry pi 4 conectada a la cámara y al audio HAT para los procesos de reconocimiento de voz, ubicados en la entrada del domicilio y en la habitación del usuario principal respectivamente. De la misma manera se observa la conexión de los dos microcontroladores ESP32 que a la vez sirven como dispositivos de conexión wifi para la recepción de comandos desde la raspberry pi 4, el primero orientado al monitoreo de la variable energética con este dispositivo se puede analizar los datos extraídos de consumo de voltaje y corriente de los tres tomacorrientes distribuidos en tres habitaciones del domicilio. El segundo microcontrolador ESP32 controla la mayoría de los dispositivos que tiene el domicilio como: iluminación, magneto cerraduras, sensores magnéticos, sirena, tomacorrientes, sensores PIR.

### **3.5.1. Adquisición de datos**

El comportamiento de las variables del entorno se extrae a través de dispositivos periféricos o sensores, las variables que se miden a través de estos elementos son: voltaje, corriente, identificación de rostros, estado de puertas (abierto o cerrado), identificación de voces. Uno de los dos microcontroladores es la ESP32 la cual se encarga de toda la recolección de variables analógicas como lo es voltaje y corriente, el segundo microcontrolador ESP32 se encarga de la recolección de variables digitales provenientes de 2 sensores magnéticos y de 2 sensores de presencia al mismo tiempo este microcontrolador se encargara de gestionar los actuadores que serán descritos más adelante, el microcontrolador principal el cual es una Raspberry pi 4 se encarga de la adquisición de voz a través de un micrófonos e imágenes a través de una cámara, dichos microcontroladores y sensores fueron seleccionados en base a las tablas comparativas realizadas en el apartado anterior.

Mediante el flujograma de la figura 17 se resume la relación de los elementos electrónicos con las componentes de software, el primer nivel de operación es la adquisición de datos, seguido de la recepción de comando mediante le micrófono para la operación de los sistemas de luces, de bloqueo y gestión de tomacorrientes. El siguiente nivel es el funcionamiento del servidor que recepta los comandos de funcionamiento través de la aplicación telegram para posterior enviar a los sistemas de control encargados de los sistemas especificados en la misma figura. Los sistemas

adjuntos son servidores encargados de la gestión de reconocimiento facial y bloque de seguridad, este último proceso se constituye de la activación de sensores que definen la operación de las sirenas y la notificación de intrusión al teléfono a través de telegram.

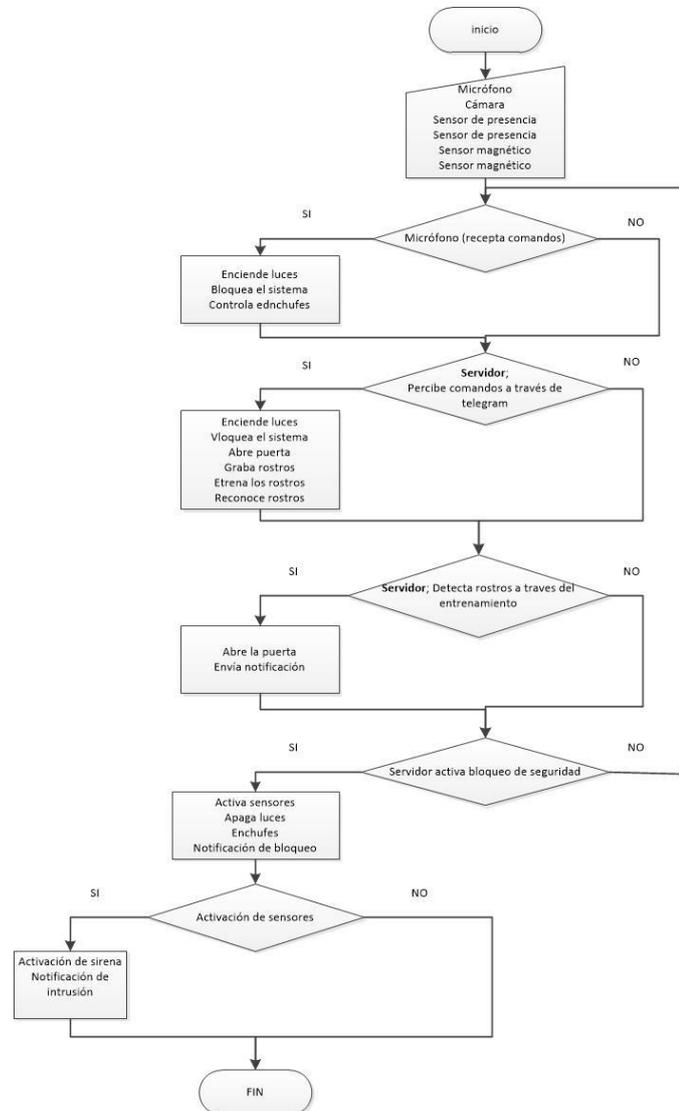


Figura 17 Flujoograma general de funcionamiento  
Elaborado por: Investigador

### 3.5.2. Acondicionamiento

Entre el proceso de adquisición y la lectura de datos para las señales de corriente provenientes del SCT-013 y del micrófono HAT WM8960, se debe realizar un reacondicionamiento de las señales previo a la lectura del microcontrolador. Debido a las siguientes características:

- La señal de corriente que emite el sensor SCT-013 es una señal senoidal de muy baja amplitud. Se sabe que una señal senoidal se constituye de dos componentes una parte positiva y una parte negativa, lo que representan una dificultad de lectura para el microcontrolador ESP32 debido a que las características de lectura de este dispositivo no contemplan el reconocimiento de señales negativas, es por esto que previo la llegada de señal de corriente desde el SCT-013 al microcontrolador se debe adicionar un dispositivo que reacondicione estos valores.

El acondicionamiento de la señal proveniente del sensor de corriente se realiza a través del convertidor analógico-digital ADC1115, a pesar de que el ESP32 dispone de un convertidor análogo digital de 12 bits, el uso de este dispositivo permite la liberación del procesador y el incremento de la precisión y calidad en la conversión de las magnitudes que se desean medir. En la figura 18 se muestra el diagrama general de conexión.

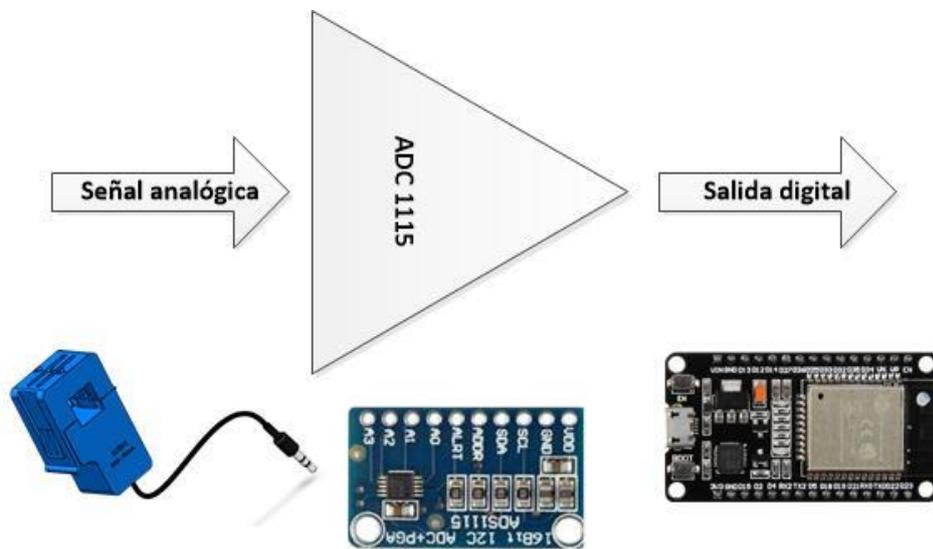


Figura 18 Diagrama acondicionador de señal análogo-digital  
Elaborado por: El investigador

El siguiente elemento que requiere una adaptación de la señal es el micrófono HAT WM8960 el cual al momento de su instalación la ganancia del micrófono es muy baja por lo que debe subirla para que reconozca de mejor manera el sonido dicha

configuración se muestra en la figura 19. Por otro lado, el sistema cuenta con sensores digitales los cuales no requieren de un acondicionamiento ya que se adaptan fácilmente al microcontrolador conectado.

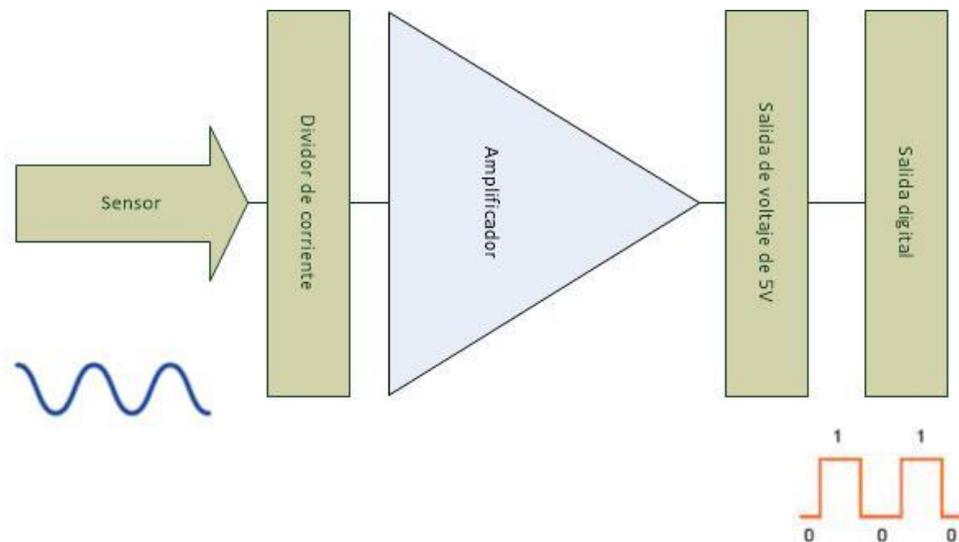


Figura 19 acondicionamiento de señal del micrófono HAT  
Elaborado por: Investigador [67]

### 3.6. Configuración electrónica de sensores

#### 3.6.1. Sensor de corriente SCT-013

A diferencia de otros dispositivos que requiere de una previa configuración referencial para definir valores máximos y mínimos de las magnitudes desde un valor de 0 V hasta cualquier valor, el sensor de corriente STC013 no requiere de un procedimiento de calibración para determinar los rangos de referencia de medición, es decir que, al momento de instalarse el sensor comienza a cuantificar los valores de corriente que transitan por el cable al cual se está midiendo. Sin embargo, en el apartado anterior ya se mencionó algunas dificultades relacionadas con la corriente a la salida del sensor y la lectura de la misma por parte del microcontrolador. Para superar esta dificultad de envío y recepción de señales se utilizó un dispositivo adicional que nos ayudó a condicionar de mejor manera la información de envío del sensor hacia el microcontrolador para una lectura óptima y eficaz.

El dispositivo electrónico adicional es un conversor análogo-digital, por medio de este dispositivo se conectaran el sensor de corriente y el microcontrolador, a pesar de que se cuenta con un convertidor análogo digital propio del microcontrolador ESP32, en

la fases de prueba del sistema los datos que se obtuvieron tuvieron una variación de exactitud de 0.2 amperios, debido a esto se optó por la utilización especializado de conversión de señales análogas a digitales con el propósito de obtener una precisión mayor en la medición de las magnitudes de corriente que se tienen en los dispositivos que se desea determinar estos valores.

El diagrama de conexión de estos tres elementos electrónicos se puede visualizar en la figura 20.

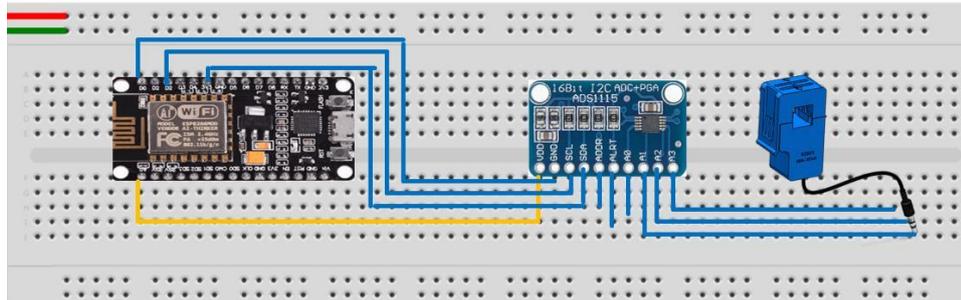


Figura 20 Diagrama de conexión de ESP32, ASD1115 y sensor de corriente  
Elaborado por: Investigador

### 3.6.2. Sensor de voltaje ZMPT101B

La legibilidad de las magnitudes de voltaje que se obtiene del amplificador operacional montado en el dispositivo. Para el funcionamiento de este dispositivo se debe seguir los siguientes pasos:

- Conectar los pines del sensor al dispositivo que se desea medir el voltaje
- Conectar la salida analógica OUT del sensor a uno de los pines analógicos del microcontrolador ESP32.
- Conectar los pines de alimentación GND y VCC de la ESP32 a los pines GND y +5V del sensor.
- Conectado los pines de alimentación, se conecta los pines L y N del módulo a 120V.

Son pasos generales que se deben seguir para conectar el dispositivo. Adicionalmente, este dispositivo requiere de un proceso de calibración para lo cual se siguen los siguientes pasos:

- Instalar en el ordenador el software Arduino IDE
- Abrir la pestaña de herramientas en el software

- Conectar los puertos correspondientes de OUT del sensor para poder visualizar a onda.
- Click en la opción “Ploter a través de la conexión en serie”
- Girara el potenciómetro del sensor hasta conseguir la forma más cercana a una señal senoidal.

En la figura 21 se observa la conexión de del sensor de voltaje ZMPT101B y el microcontrolador ESP32

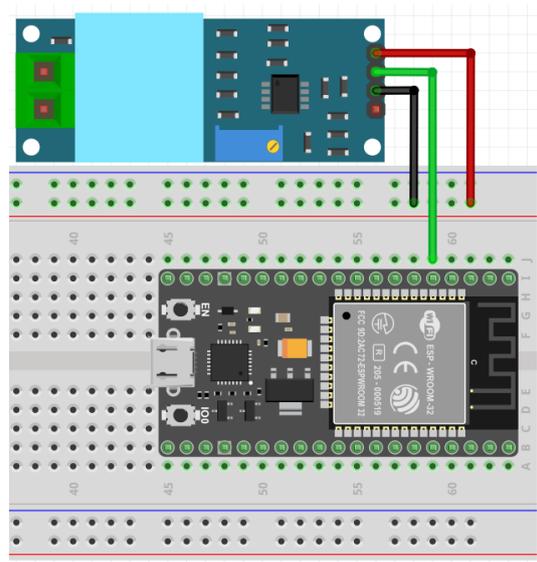


Figura 21 Diagrama de conexión de sensor de voltaje y ESP32  
Elaborado por: Investigador

### 3.6.3. Sensor de presencia

La funcionalidad de detección de presencia del sensor se basa en la detección de radiación infrarrojas en el ara de cobertura del dispositivo a través del sensor piro eléctrico montado en el módulo del sensor. La presencia de cualquier elemento vivo se detecta a través de la variación de radiaciones infrarrojas que emiten estos cuerpos. La diferencia de calor que emitido por el cuerpo vivo y de entorno en donde se encuentra instalado hacen posible la detección de un cuerpo en un área de cobertura.

En la figura 22 se puede observar el circuito de conexión de los sensores PIR con su respectivo microcontrolador ESP32 para la lectura de los datos que se extraiga de los sensores.

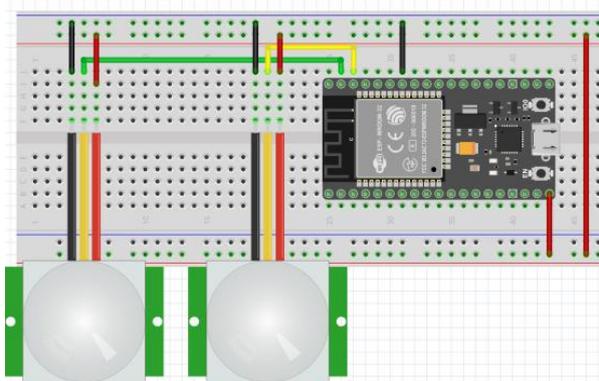


Figura 22 Diagrama de conexión de sensor PIR y microcontrolador ESP32  
Elaborado por: El investigador

### 3.6.4. Sensor magnético

Como se describe brevemente en los apartados anteriores el sensor magnético de puertos está controlado por el microcontrolador ESP32, el funcionamiento de este sensor se basa en el principio electromagnético, es por esto que el dispositivo se compone de dos partes, un dispositivo fijo y otro móvil provistas de elementos magnéticos. Las dos partes forman un circuito y mientras la puerta permanezca cerrada las dos placas magnéticas permanecerán casi unidas por completo, el momento que la puerta sea abierta este circuito se interrumpe registrando una variación de voltaje en sus terminales, la presencia de este voltaje variable es la información con la que se puede realizar operaciones de automatización. En la figura 23 se muestra el respectivo diagrama de conexión.

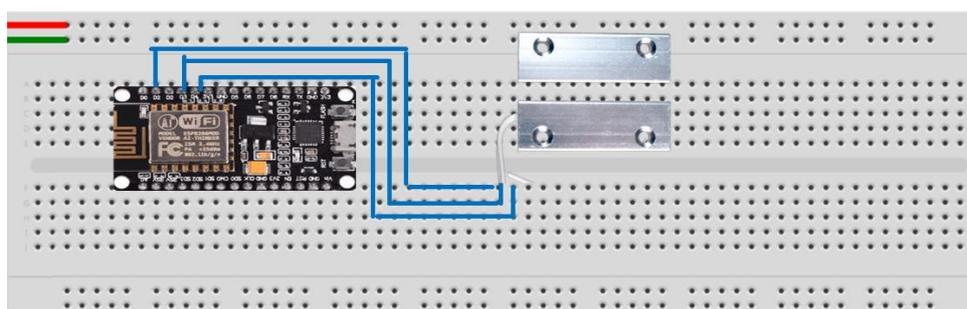


Figura 23 Diagrama de conexión del sensor magnético con la ESP32.  
Elaborado por: El investigador

### 3.6.5. Micrófono HAT WM8960

El dispositivo sensor de audio requiere también de la adecuación de los niveles de bandas de sonido necesario para tener una ecualización y ganancias de salida correctas

para un óptimo proceso de reconocimiento de voz y recepción de sonidos claros por parte del usuario.

Los procesos anteriormente descritos se realizan con los siguientes pasos:

### 1. Instalación de controlador o driver

- Para este proceso se debe conectar el dispositivo audio HAT en la Raspberry Pi y encender ambos dispositivos.
- Clonar el controlador e instalarlo con los comandos especificados en el Anexo 1 en la cuales básicamente hace uso de la librería Alsa mixer propio de Raspberry
- Se espera que se reinicie y cuando se encienda se verifica la instalación del driver, si fue instalado correctamente se visualizara de la siguiente forma representada en la figura 24.

```
pi@raspberrypi:~/WM8960-Audio-HAT $ sudo dkms status
wm8960-soundcard, 1.0, 4.14.71+, armv6l: installed
wm8960-soundcard, 1.0, 4.14.71-v7+, armv6l: installed
```

Figura 24 Ventana de verificación de instalación de controlador.

Elaborado por: Investigador

- Si en la información que se visualiza en la figura anterior no se visualiza la versión del kernel se debe volver a instalar el controlador hasta que no aparezca de la siguiente manera como se muestra en la figura 25.

```
pi@raspberrypi:~/WM8960-Audio-HAT $ sudo dkms status
wm8960-soundcard, 1.0: added
```

Figura 25 Ventana de verificación de versión de kernel

Elaborado por: Investigador

### 2. Verificación de la tarjeta de sonido

Se debe verificar el estado de la tarjeta de sonido, la lista de dispositivos de hardware reconocidos para la reproducción de los archivos de audio.

Para la verificación de estos dispositivos se utilizan los comandos de algoritmo especificados en el Anexo 1.

### 3. Ajuste de volumen de salida

Para verificar el nivel de volumen y utiliza el alsamixer tool con el comando *sudo aalsamixer*, la ventana de interfaz para visualizar el nivel se muestra en la figura 26.



Figura 26 Regulación de volumen  
Elaborado por: Investigador

#### 4. Ajuste de volumen

Para la configuración y regulación de sonido se puede utilizar la herramienta alzheimer software de mezcla para la arquitectura de Windows.

Con los procedimientos de instalación y verificación del sistema de audio detallados anteriormente finalmente se puede utilizar el micrófono HAT con todas sus funcionalidades operando correctamente [68].

#### 3.6.6. Cámara genius

Una configuración no es necesariamente un proceso previo que se realiza para el funcionamiento de la cámara debido a que no necesita ningún proceso de calibración y los datos que los determina y transmite en el momento en el que se conecta. La disponibilidad de puerto USB del microcontrolador permite aprovechar de forma directa la conexión de cable USB del Facecam el diagrama de conexión se presenta en la figura 27.



Figura 27 Diagrama de conexión Facecam 1000x con Raspberry pi 4.  
Elaborado por: Investigador

### **3.6. Procesamiento de datos**

Para lograr una correcta funcionalidad cumpliendo con los objetivos enfocados en las dos variables de gestión energética y la seguridad, el sistema requiere de la disposición de datos o información respecto al consumo eléctrico y la identificación de personas mediante una cámara. La información del entorno de las dos variables se adquiere a través de dispositivos diseñados para captar o interpretar características físicas y convertirlas en distinto tipo de datos para ser procesados y lograr la operación de un sistema en base al comportamiento del entorno físico, es así que, a continuación, se detallan las metodologías que se utilizaron para caracterizar el comportamiento del entorno energético y la seguridad mediante dispositivos sensores.

#### **3.6.1. Voltaje y corriente**

El sistema domótico propuesto consta del medidor energético que consta a su vez de sensores para obtener los valores de corriente y voltaje en corriente alterna (AC), microcontrolador ESP32, microcontrolador Raspberry Pi, y el asistente virtual, MQTT Panel IoT.

Para procesar las variables de voltaje, corriente, potencia, consumo energético es necesaria la librería `emolib` la cual maneja el sensor de corriente con las sentencias `vrms`, `rms`, para obtener los valores correspondientes, para el calor de temperatura se utiliza el terminal analógico A0, esta señal es escalada de acuerdo al valor de alimentación y a la resolución del convertidor analógico digital del microcontrolador de 10 bits dando como resultado 1024. En el algoritmo de gestión de estas magnitudes es importante la correcta especificación del tiempo de inicio de ejecución y el tiempo transcurrido para lograr una adquisición de datos cada milisegundo con la finalidad de obtener datos en tiempo real, para el envío de datos se ha diseñado un protocolo de comunicación el cual consta la variable, signo de admiración y al llegar la última variable un espacio, con la finalidad de clasificar cada una de estas para su posterior almacenamiento en la nube. El diagrama de flujo del funcionamiento del medidor energético está especificado en la figura 28.

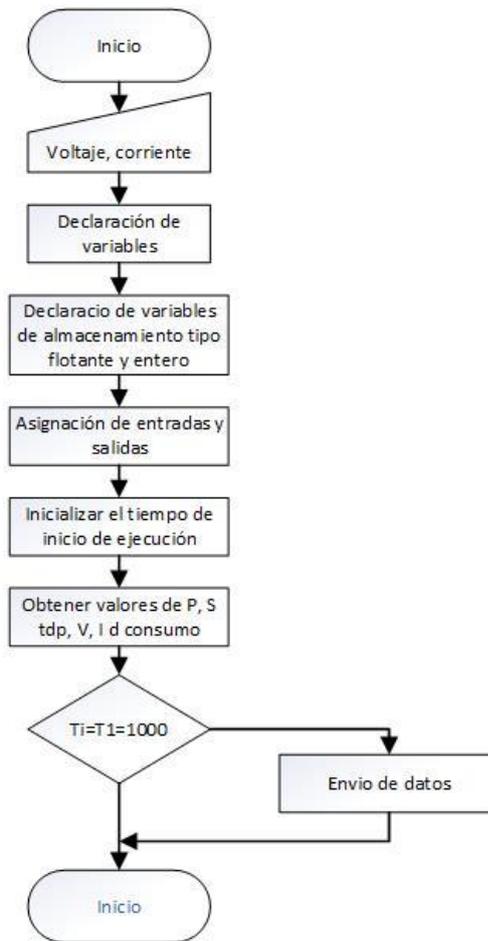


Figura 28 Diagrama de flujo de programación del medidor  
Elaborado por: Investigador

### 3.6.2. Sensor de presencia y magnético

La proceso de configuración de los sensores de presencia y magnéticos se describe a través de un diagrama de flujo en la figura 29 se representa el ciclo de operación que tiene los sensores magnéticos y los sensores de presencia, los mismos que se activan en determinadas circunstancias y gestionan la operación la iluminación, bloqueando la alimentación de los tomacorrientes, cerraduras y sirena y alertando al usuario de una intrusión o vulnerabilidad de la seguridad del domicilio si se da el caso.

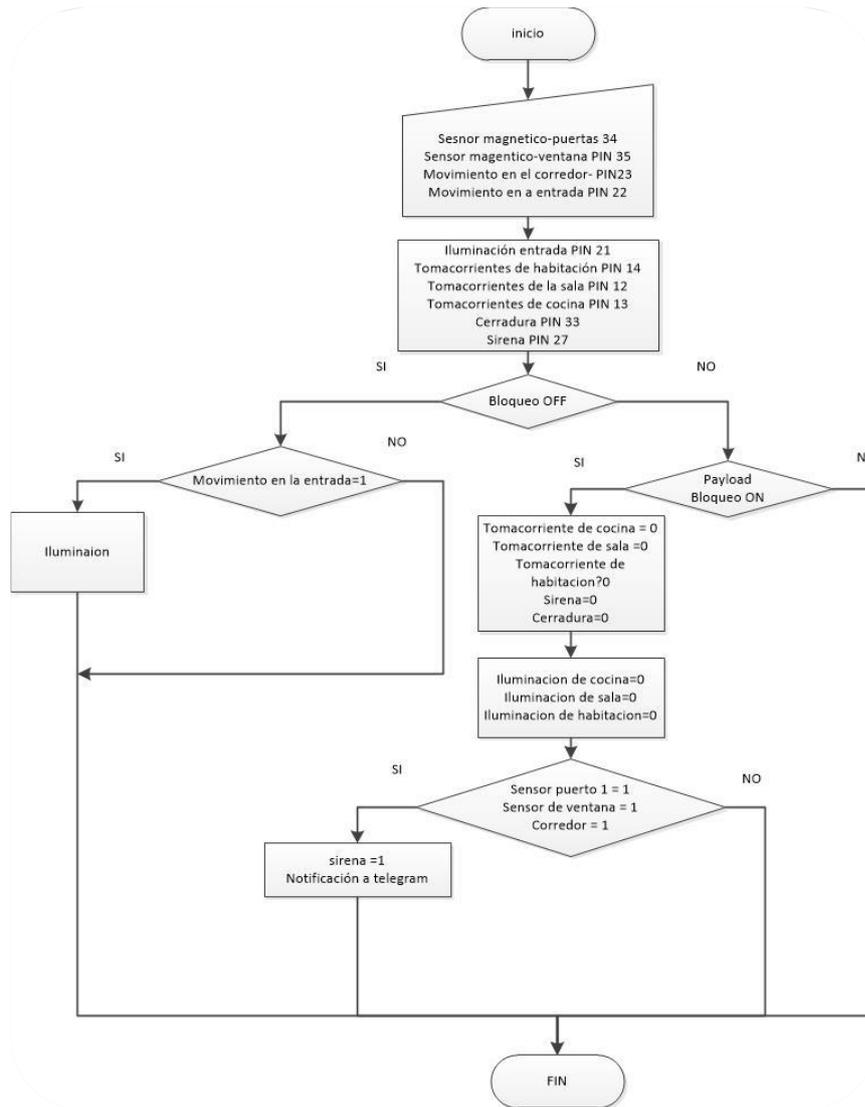


Figura 29 Sensor de presencia y magnético  
Elaborado por: Investigador

### 3.6.3. Reconocimiento de Voz

El aplicativo de reconocimiento de voz se desarrolló en base a librerías y algoritmo prediseñadas por Inteligencias Artificiales de desarrolladores como: Google, Amazon, IBM que a través de APIs permiten la comunicación de los distintos componentes de software que tiene el algoritmo de inteligencia artificial y se logra la integración de estas componentes para finalmente formar un código general que puede transformar las señales de audio (voz) en datos de texto.

Para el proceso de reconocimiento de voz el sistema está basado en la utilización de un motor de conversión de texto a voz y viceversa, estos motores basan su funcionamiento generalmente en una base de datos de sonidos almacenados que

mediante su algoritmo para la operación se combinan para formas palabras y oraciones, estas características de procesamiento de voz se realizan mediante la ejecución de algoritmos con bibliotecas diseñadas para este tipo de procedimientos de audio como Pyttsx, pero para que existe el proceso de transformación o transcripción el sistema debe tener la capacidad de identificar o reconocer palabras o frases, y para este propósito se usa una tecnología biométrica “speech recognition” que mediante a ejecución del algoritmos adoptan la capacidad poder interpretar el lenguaje hablado, al igual que el proceso de reconcomiendo de voz.

En la figura 30 se visualiza los procesos que se ejecutan durante la etapa de reconocimiento de voz en el cual como primer proceso se tiene la activación del sistema mediante la palabra clave “moana” y posterior la identificación del comando de voz que se almacenara como un archivo de sonido sin compresión se extensión (.WAV) que se caracteriza por mantener toda la información sonora es decir no realiza procesos de compresión como mp3 o cualquiera otro formato de audio, por lo que el almacenamiento de un archivo WAV representa la necesidad de disponer de una buena capacidad de almacenamiento.

Cuando ya se dispone de este archivo de audio de alta calidad mediante los motores de conversión voz a texto se realiza la transformación, el texto resultante de este proceso de conversión se almacena en forma de variable con el nombre de global `extracted_text`, para la activación del sistema previo a la emisión de los comandos se debe mencionar una palabra clave la cual es “moana”, al escuchar el sistema la palabra clave inicia su operación representada en el flujograma de la figura 30.

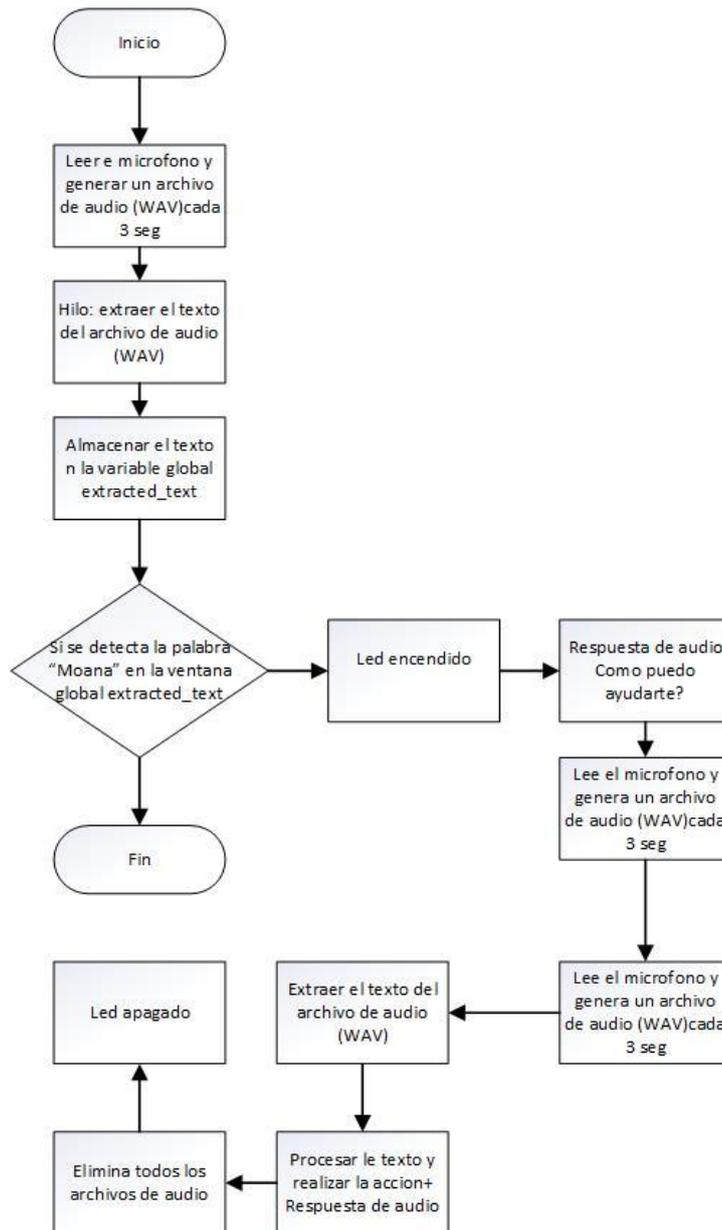


Figura 30 Flujograma de procesos de reconocimiento de voz.  
Elaborado por: Investigador

### 3.6.4. Reconocimiento de rostros

A manera de materia prima se tiene las imágenes que se obtienen a través de la cámara, este material inicial debe pasar por etapas de acondicionamiento para poder ser procesados y lograr la identificación de un rostro, estos procesos de adaptación o acondicionamiento de imagen son los siguientes.

- Transformación geométrica y recorte: el usuario que se acerca la cámara no considera ni posiciones ni factores favorables para ayudar a la cámara a

capturar una imagen de calidad con las cuales se permita realizar un óptimo procesamiento de imagen, debido a esto, una de las primeras etapas de un reconocimiento facial es el acondicionamiento de la imagen mediante escalado, rotación, y translación de la imagen con el propósito de alinear los ojos del usuario que se encuentra frente de la cámara, adicionalmente se eliminan elementos de la imagen de un rostro como; barbilla, orejas y el fondo de la imagen. Quedándose únicamente con rastros faciales que puedan ser detectados por un algoritmo de procesamiento.

- Ecuilización de histogramas: Después del tratamiento inicial de la imagen, se procede a la ecualización de histogramas en donde se busca corregir características de iluminación realzando la iluminación o disminuyéndola según la necesidad de mejoramiento de la imagen, el proceso se realiza por separado para el lado izquierdo y el lado derecho, en este proceso se busca también normalizar el brillo y el contraste de ambos lados del rostro de manera independiente para lograr una imagen que realce las características faciales de un rostro con las cuales el sistema pueda identificar y reconocer un rostro.
- Alisado: En esta etapa se busca reducir el ruido que tiene la imagen mediante filtros bilaterales.
- Mascara elíptica: Mediante la máscara elíptica se busca eliminar restos de imagen sin importancia como; cabellos, imágenes de fondo y cualquier elemento de imagen extraño a las características principales del rostro.

Cuando las imágenes del rostro ya se cuentan con un proceso previo de adaptación se puede proceder a la etapa de entrenamiento del sistema en donde se hace uso de metodologías para reconocimiento facial como: LBPFaces y Haardcascade. El resultado del procesamiento de las imágenes con estas metodologías son conjuntos de datos que contienen información facial en forma de texto, a este tipo de representación de datos se le denomina XML por sus siglas en inglés Extensible Markup Language

El procesos por el cual transcurre el reconocimiento de rostros se especifica en el flujograma de la figura 31, en la cual empieza desde el proceso de toma de rostros inicial, procede con el almacenamiento de estos datos iniciales y en base a las metodologías reconocimiento facial especificadas en apartados anteriores se realiza la comparación de rostros nuevos con los rostros autorizados registrados anteriormente

y el resultado de esta comparación determina si el sistema envía el nombre del usuario registrado o emite un mensaje especificando que se trata de un rostro desconocido.

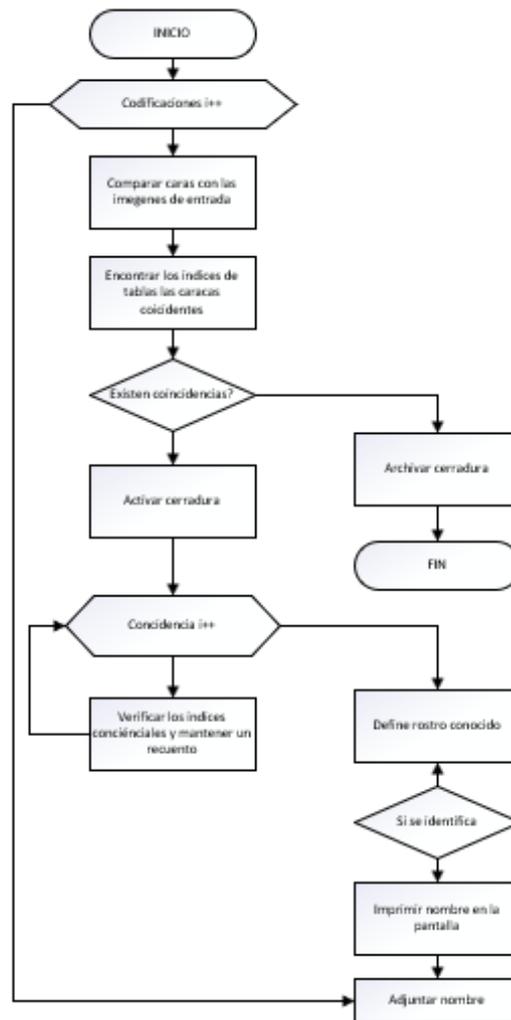


Figura 31 Flujograma del algoritmo de reconocimiento facial  
Elaborado por: Investigador

En una estructura de repetición while (1), se identifica las coincidencias con la imagen de entrada, si existe una coincidencia se procede a imprimir en el nombre del usuario en pantalla en un recuadro de color amarillo que encierra al rostro, y en la consola el mensaje de abierto o cerrado según sea el caso.

### 3.6.5. Bot de Telegram

Se hace uso del bot de telegram previamente en las funcionalidades de seguridad, puesto que, dada una situación de ingreso no autorizado al domicilio, el sistema activa a función de bloqueo en donde al conformarse una situación de vulnerabilidad se activa

una serie de procedimientos disuasivos y de notificación al usuario de la situación dentro del domicilio a través del bot de Telegram, en la figura 32 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento.

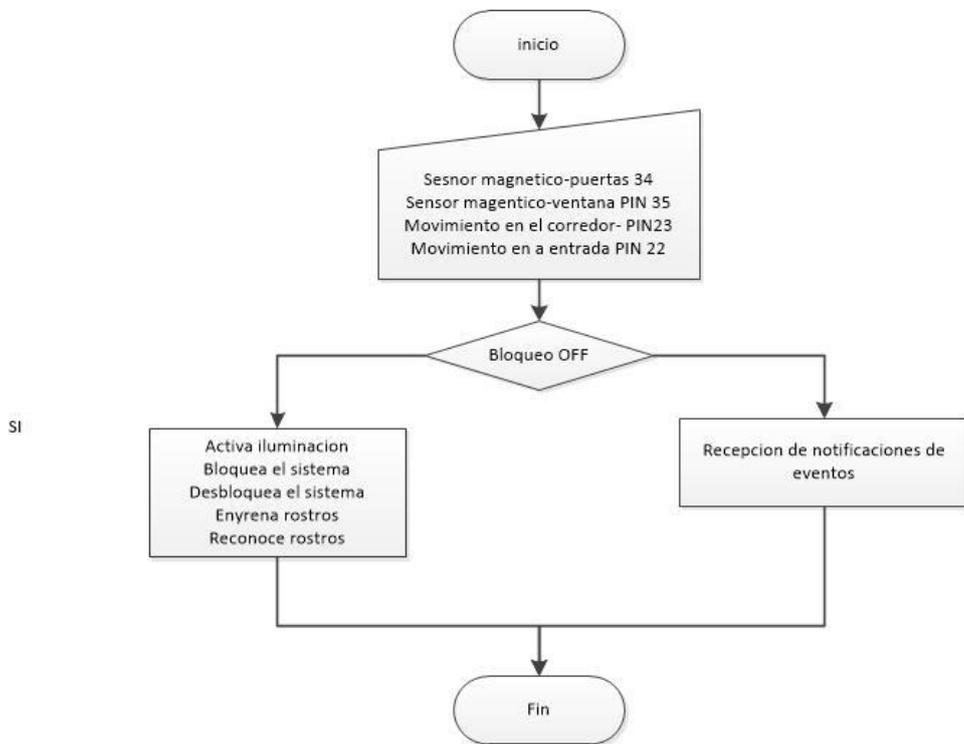


Figura 32 Flujograma de proceso de BOT de alertas por Telegram  
Elaborado por: Investigador

### 3.6.6. Activación de relés

La etapa de activación de los relés está condicionada únicamente por la solicitud del usuario mediante comandos de voz para la activación o desactivación de la iluminación, la activación de la sirena y la activación de la electrocerradura estos dos últimos a través de comandos de voz de telegram si fuese necesario posterior a la detección de una intrusión no autorizada, su flujograma se muestra en la figura 33.

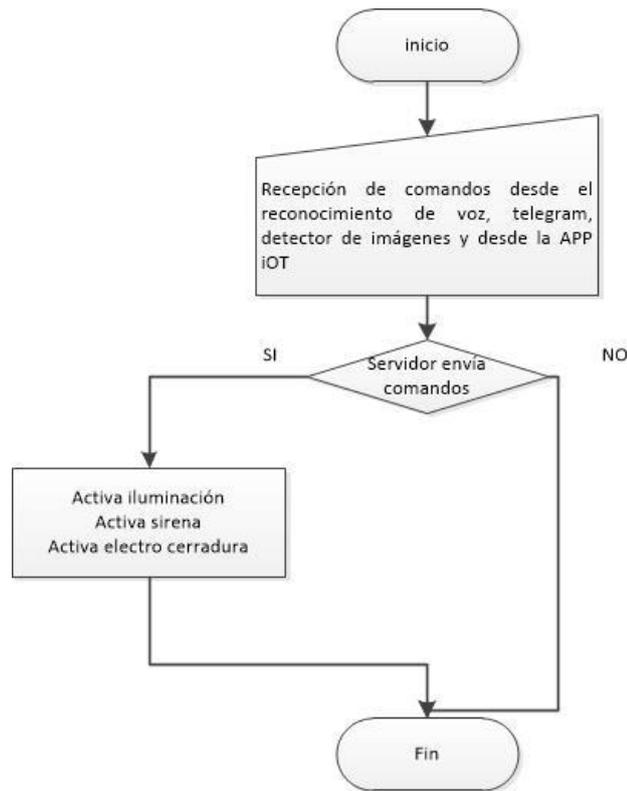


Figura 33 Flujograma de procesos de activación de relés  
Elaborado por: Investigador

### 3.7. Desarrollo del asistente de voz

El lenguaje de programación que se utilizó en el desarrollo del algoritmo de reconocimiento de voz es Python, el encabezado del algoritmo se constituye las librerías que se aplicaron en el algoritmo, en la tabla 25 se realiza un resumen relacional en la cual se especifican las librerías utilizadas y la funcionalidad para las que se utilizaron cada una. Para los algoritmos de Python la librería requerida debe estar precedida de la palabra “import” para que el lenguaje pueda importar dichos paquetes.

Todas y cada una de las librerías que se cita en la tabla 28 hacen posible el correcto funcionamiento del sistema para el asistente por voz, sin embargo, es necesario destacar la librería speech recognition la cual si bien es parte de las librerías esta tiene particular importancia debido a que esta es la base fundamental para el reconociendo e interpretación y que puede ingresar al procesamiento como un dato de entrada, mediante la instalación de la librería Speech Recognition se puede utilizar distintos sistema de reconocimiento de voz como:

- recognize\_bing () de Microsoft Bing Speech
- recognize\_google () de Google Web Speech API
- recognize\_google\_cloud () de Google Cloud Speech para este requiere instalar de google-cloud-speech package, entre algunos otras más.

Los formatos de audios que se puede reconocer con estas librerías son:

- WAV: must be in PCM/LPCM format
- AIFF
- AIFF-C
- FLAC

Para el desarrollo del script de funcionamiento del asistente de voz en la tabla 28 se detallan las librerías utilizadas para esta sección del algoritmo.

Tabla 28 Librerías importadas con la sentencia import

<b>Librería</b>	<b>Funcionalidad operativa</b>
pyttsx3	Conversión de texto a voz
os	Manipulación de rutas
Speech recognition	Recepción e interpretación de voz
pywhatkit	Para reproducir video de YouTube
webbrowser	Interfaz de alto nivel para gestionar documento web (interfaz de línea de comandos)
datetime	Extracción de información de fecha y hora, operaciones matemáticas con fechas y horas
wikipedia	Librería para llamar a Wikipedia para consultas
pymysql	Interacción de base de datos MySQL
Paho.mqtt.client	Recopilación y comunicación de información entre distintos servidores
threading	Gestión de ejecución de varias líneas de comando

Elaborado por: Investigador [69]

La sentencia from también es parte del algoritmo para el desarrollo del sistema, con este comando precisa la importación solamente de determinados objetivos de un módulo que se necesita. Es el desarrollo del proyecto se utiliza para el algoritmo de

gestión del bot de telegram y la funcionalidad de cada objeto del módulo se especifican en la tabla 29.

Tabla 29 Librerías instaladas para el bot de telegram

<b>Objeto de modulo</b>	<b>Funcionalidad operativa</b>
from gtts	Utilización de API de Google Text to Speech (para conversión de texto a voz)
from telegram.ext. updater	Gestión de datos desde telegram
from telegram. update	Gestión de importación de datos a telegram
from telegram.ext. callbackcontext	Unificación de contextos de distintos controladores para actualizarlos conjuntamente
from telegram.ext. commandhandler	Gestión de comandos en telegram
from telegram.ext. messagehandler	Gestión de comandos para uso de las funcionalidades de texto en telegram
from telegram.ext. filters	Gestión de filtros de texto de telegram

Elaborado por: Investigador [69]

Ya instaladas las librerías que se requieren para el algoritmo de sistema se puede proceder a desarrollar el script del sistema. A continuación, se realiza una descripción general de la estructura del algoritmo que se desarrolló haciendo referencia a las líneas de comando que se utilizaron.

Para iniciar la configuración del asistente se procede con una función en donde se establece el motor de conversión de voz a texto dentro de este se configura el micrófono “audio HAT WM8960” y se setea para que pueda acoplarse al medio ambiente en el caso de que exista ruido, el micrófono empezara a tomar muestras constantes, en el caso de no existir voces en el medio ambiente este entrará en modo de verificación de errores para que pueda seguir trabajando, si el ambiente en donde está ubicado el asistente escucha voces se conecta a una API de Google en donde procesa estas voces para que sean convertidas a texto y puedan ser entendidas por el lenguaje de programación utilizado.

A continuación, se configura la función donde se encuentra el motor de texto a voz esto para que el asistente pueda hablar es decir que responda al usuario según el comando que se está enviando, la conversión la realiza a través de la API de Google en donde se puede configurar el idioma y la velocidad con la que la voz del asistente se va a emitir, la voz que brindada es más humana y el usuario podrá entender la acción que se está realizando, una vez que realiza la conversión el script guarda un archivo “.mp3” el cual contiene el mensaje de respuesta y es reproducido.

Una de las funcionalidades del asistente es que el usuario al saludar al asistente con el comando de “hola moana” este le pueda responder de acuerdo a la hora del día, es decir este responderá con un “buenos días, buenas tardes o buenas noches” dependiendo del caso.

Otra de las funcionalidades del asistente es que el usuario pueda solicitarle la hora actual a través del comando “moana que hora es” para esto se declara una función en donde el script almacena la hora y el asistente responde de la siguiente manera “En este momento son las {hora.hour} horas con {hora.minute} minutos y {hora.second} segundos”.

A continuación, se crea una función en donde el usuario podrá solicitarle al asistente que realice diferentes acciones como: abrir youtube, abrir navegador, buscar en Wikipedia, buscar en internet, reproducir música de youtube, contar chistes y lo más importante encender o apagar luces, estas acciones las realizará siempre y cuando se diga la palabra clave configurada como “moana”. Para que pueda encender o apagar luces es necesario establecer una comunicación con un broker MQTT esto lo realizamos a través de una nueva función en donde se estable la IP y el puerto por donde va a conectarse una vez que se conecta al broker el asistente envía payloads hacia las ESP32 con las acciones a realizarse.

Por último, se establece una comunicación con una base de datos tanto para escritura y consulta, la función de escritura almacena en una tabla las acciones realizadas con los actuadores ya sea el encendido o apagado y la hora que se efectuó la acción, para la consulta podemos interactuar con el asistente y solicitarle el estado de todas las luces, el asistente nos devolverá un mensaje de la siguiente manera “La luz de la cocina

se encuentra {estado\_cocina}, la luz de la sala {estado\_sala} y la luz del cuarto {estado\_cuarto}”.

El algoritmo que se desglosa en esta etapa del documento es referencia del Anexo 6.

### 3.8. Desarrollo del reconocimiento de rostros

A continuación, se detallan las funcionalidades del algoritmo desarrollado para el reconocimiento de rostros.

En las primeras líneas del algoritmo se realiza la instalación de las librerías que se van a instalar para el reconocimiento de rostros y en el asistente de voz, estas son especificadas en la tabla 30 la relación de la librería con la funcionalidad.

Tabla 30 Librerías adicionales para reconocimiento e identificación facial

<b>Librería</b>	<b>Funcionalidad</b>
cv2	Reconocimiento de movimiento, objetos
imutils	Procesamiento de imágenes, como traducción, rotación, cambio de tamaño, esquematización, clasificación de contornos, detección de bordes
numpy	Operaciones matemáticas con matrices y análisis de datos

Elaborado por: Investigador [69]

Ya instaladas las librerías necesarias para las funciones de reconocimiento de rostros, a continuación, se detallan las funciones de los bloques de programación que se llevan a cabo para lograr la identificación de un rostro.

A partir de una función se define el nombre del objeto que se desea ejecutar y a su vez agrupa una lista de parámetros de ejecución, este objeto se nombró como “capturar rostros” y en los parámetros de ejecución está presente el comando callbackcontext el cual permite la comunicación del bot con la aplicación de telegram, y con esto se pueden enviar el mensaje de “Empezaste a capturar rostros” y reflejar el nombre del usuario se está siendo identificado por la cámara y el sistema.

En la sección siguiente se define un comando condicional en el cual si el usuario que se identificó no se encuentra registrado el sistema comienza a guardar las capturas de rostros tomadas del usuario desconocido y las guardará en una carpeta denominada

“nombre\_persona”. Mediante el comando `os.mkdir` de la última línea de esta sección se puede gestionar la creación de directorios que almacenan los rostros.

A continuación, el comando `captura = cv2.VideoCapture(0)`, captura imágenes a través de video y se almacena en OpenCv, el número entre paréntesis indica que cámara se ejecutara para realizar esta captura. Previamente se instala la librería de OpenCv mediante el comando `cv2`.

Para continuar con el reconocimiento de rostros se realiza la clasificación de los mismos que fueron capturados en la sentencia anterior, la extracción de las características del rostro se realiza a través Haarcascade y el entrenamiento del clasificador se realiza con una cascada de clasificadores que determinaran las áreas de la imagen que no formen parte del rostro estos procesos se realizan con la línea de comandos `faceClassif= cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')`, para continuar se establece un bucle, para la repetición de los procesos de captura y almacenamiento de los datos que extraen de la cámara, cada subproceso será alertado a través de telegram como: “Procesos de captura de rostros”, y “Se está entrenando los rostros almacenados”. Prosiguiendo con el proceso de este bloque se procede con el entrenamiento del reconocedor de rostros, que cuando inicie su proceso de aprendizaje comunicará a través de la aplicación el mensaje de “Entrenando” mediante los comandos de `face_recognition`, al terminar este proceso de entrenamiento, el resultado del entrenamiento será informado a través de los comandos de `callbackcontext`, y por último mediante el comando `face_recognition` se selecciona el método de entrenamiento de los rostros.

El proceso principal de entrenamiento de los rostros se realiza en una función la cual determina el inicio del proceso mediante la metodología LBPH, el cual captura, guarda y clasifica los rostros, ecualiza los tonos de colores para una mejor visualización de las características faciales y mediante una serie de procesos matemáticos interno se identifica el rostro de la persona que se encuentra frente al sensor óptico de la cámara. En el mismo bloque se determina la operación de las puertas posterior a la confirmación de un usuario registrado o un desconocido se envía la señal de apertura de puerta mediante la comunicación `client.publish()`, todo esto en un bucle de operación que constantemente se estará ejecutando.

Por último, se establece una función que realiza la operación del bot de telegram mediante la cual se envía los comandos como “captura de rostros” o el “reconocimiento de rostros” y establece la conexión MQTT con el cliente y la conexión MQTT con el publicador.

El script a las que se hace referencia en este apartado se puede visualizar en el Anexo 5.

### 3.9. Desarrollo del bot de Telegram

Una de las funcionalidades de Telegram es que permite una amplia selección de bot o usuarios automatizados que permiten automatizar procesos como apertura páginas de Google, apertura de otras aplicaciones, almacenar imágenes. También permite la creación de un propio bot con características según la necesidad del usuario.

Estas características programables de Telegram esta gestionadas por el “BotFather”, para acceder a programar un bot no hace falta un software adicional o alguna plataforma adicional, sino que se accede a ella a través de la misma aplicación de Telegram siguientes pasos a continuación:

1. Escribir @BotFather en la barra de búsqueda de la aplicación como se muestra en la figura 34.

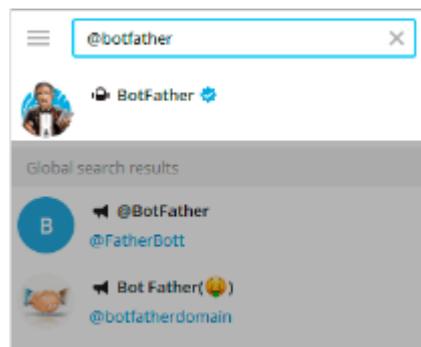


Figura 34 Ventana de búsqueda de BotFather  
Elaborado por: Investigador

2. Selecciona la opción “check” rojo de verificación que autentica la autenticidad de bot de telegram.
3. Click en INICIAR
4. Escribir el comando /newbot como se muestra en la figura 35.

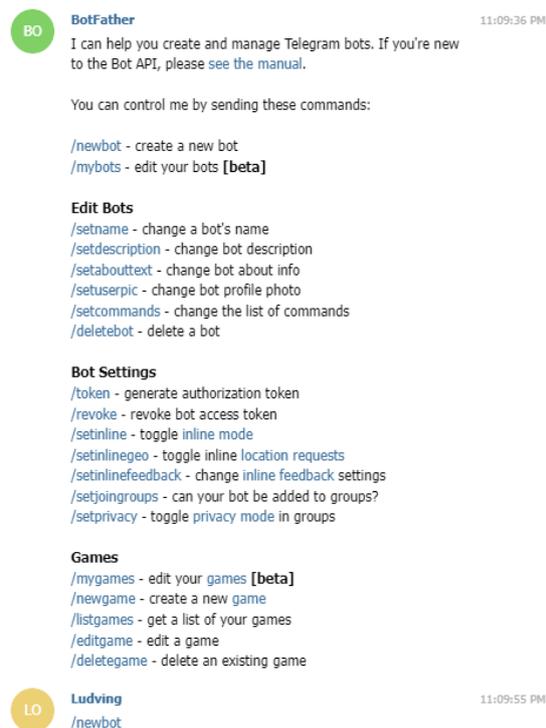


Figura 35 Ventana de creación de “NewBot”  
 Elaborado por: Investigador

5. Seguidamente se debe nombrar al bot, que en esta ocasión se llama Ludving como se muestra en la figura 36.

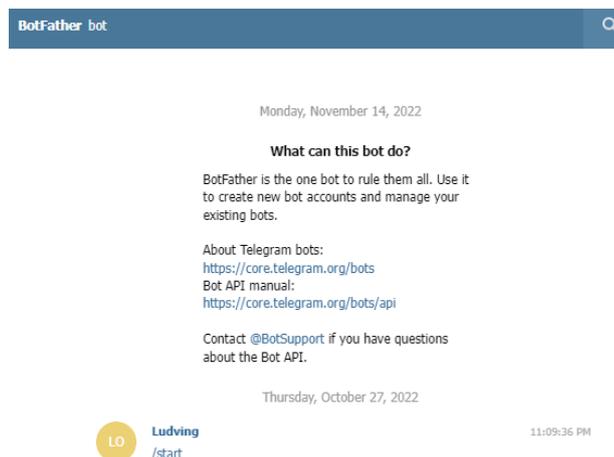


Figura 36 Determinación de nombre al nuevo bot  
 Elaborado por: Investigador

6. Guardar el token de autenticación asignado por la aplicación de Telegram como se muestra e la figura 37, necesario para poder acceder a la API de Telegram Bot.

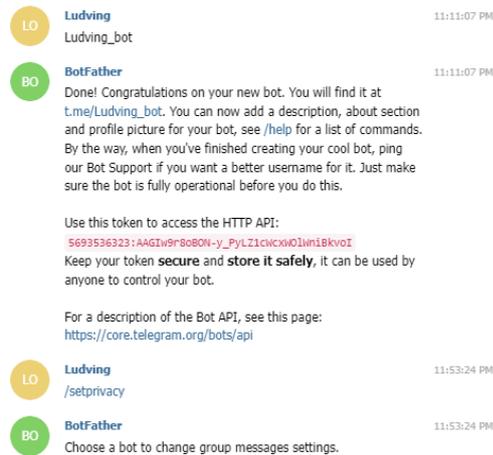


Figura 37 Ventana de obtención de toquen de verificación de BotFather.  
Elaborado por: Investigador

7. Verificar el funcionamiento del Bot propio chateando con él desde un perfil empresarial o personal de Telegram, como se lo realiza en la captura de imagen de la figura 38.

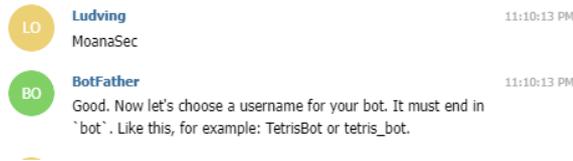


Figura 38 Conversación por telegram con el nuevo bot.  
Elaborado por: Investigador

### 3.10. Desarrollo de control de consumo energético

El proceso de control automático busca disminuir el consumo de energía para esto se deben conocer las variables de consumo eléctrico como el voltaje, la corriente y la potencia, este último se puede determinar con la multiplicación de las dos primeras magnitudes.

Los procesos de cómo se adquiere los datos de voltaje y corriente a través de sensores son descritos en los apartados anteriores. Sin embargo, se amplía la información del proceso a continuación.

Para la adquirir las variables de voltaje, corriente, potencia, consumo energético es necesaria la librería emonlib la cual maneja el sensor de corriente con las sentencias vrms, rms, para obtener los valores correspondientes, para el calor de temperatura se

utiliza el terminal analógico A0, esta señal es escalada de acuerdo al valor de alimentación y a la resolución del convertidor analógico digital del microcontrolador de 10 bits dando como resultado 1024. Una condición importante dentro de este algoritmo es el tiempo de inicio de ejecución y el tiempo transcurrido para lograr una adquisición de datos cada milisegundo con la finalidad de obtener datos en tiempo real, para el envío de datos se ha diseñado un protocolo de comunicación el cual consta la variable, signo de admiración y al llegar la última variable un espacio, con la finalidad de clasificar cada una de estas para su posterior almacenamiento en la nube. El diagrama de flujo del funcionamiento del medidor energético está especificado en la figura 39.

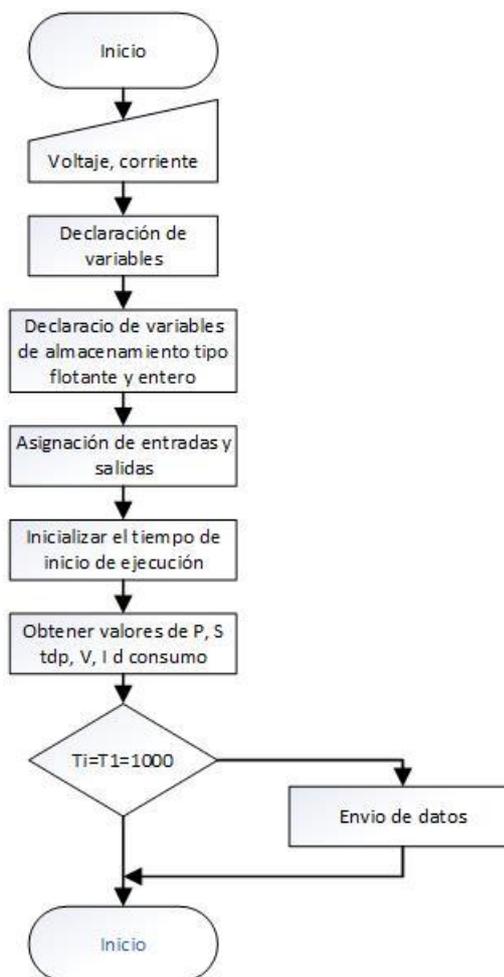


Figura 39 Flujograma de flujo de programación del medidor  
Elaborado por: Investigador

Algo relativamente común en las instalaciones eléctricas de los domicilios son las sobrecargas. En la normativa ecuatoriana se denomina sobrecarga al funcionamiento de un equipo por sobre sus parámetros eléctricos nominales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad conductora de corriente nominal.

La operación prolongada de cualquier equipo en estas condiciones extremas puede terminar con el daño permanente del equipo o debido a los efectos eléctricos de esta fenómeno de sobrecarga resultar en situaciones de accidentes como: incendios, explosiones y algunas situaciones similares.

Una sobrecarga puede ser causado por la variación de voltaje en la red (subida o caída), por la presencia discontinua de voltaje o por una demanda excesiva de corriente resultado del funcionamiento de un grupo importante de cargas eléctricos (electrodomésticos) o por situaciones climatológicos (presencia de rayos), los valores nominales de operación tanto de voltaje, corriente y potencia están descritos en las tablas técnicas de los equipos estos valores nominales definen los límites operativos de los equipos, es decir, son los valores máximos a los que deben operar en equipos sin sufrir ningún daño. Con estos valores de operación referenciales se puede determinar si existe o no la presencia de una condición de funcionamiento de sobrecarga, para esto se requiere lógicamente conocer las magnitudes de corriente con las cuales los equipos están funcionando para realizar la comparación de los valores nominales con la magnitud de corriente presente en el circuito determinado con el sensor de corriente SCT013 para de esta manera deducir si existe presencia de sobrecarga.

La visualización de las magnitudes de corriente a través del sensor de corriente STC013 no se puede realizar directamente debido a que no cuenta con la integración de una pantalla de visualización, es por ello, que la visualización se lo realiza a través de la aplicación IoT MQTT Panel.

### **3.11. Desarrollo de plataforma IoT**

La aplicación que se está utilizando para la visualización de las variables de corriente, voltaje y potencia es IoT MQTT Panel, al descargar esta aplicación se procede a la respectiva configuración para la visualización del consumo eléctrico y los valores económicos que se deben pagar por aquello.

Para acceder a estas configuraciones una vez instalada la aplicación en el dispositivo móvil se procede a abrir la siguiente venta que se muestra en la figura 40.

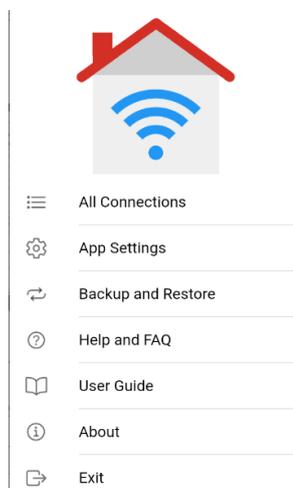


Figura 40 Ventana de acceso a las configuraciones de app.  
Elaborado por: Investigador

Para establecer la conexión entre los clientes y poder recibir y enviar solicitudes de datos tanto en la aplicación como en la red a la cual esta enlazada se debe realizar el emparejamiento con un broker común la cual se determinó en el siguiente: 192.168.137.75 con el número de puerto 1883 con un gestor Network protocol TCP, al cual se debe asignar también el nombre del cliente que para el caso se colocó el nombre de 'Ludving', todas estas especificaciones se detallan en la figura 41.

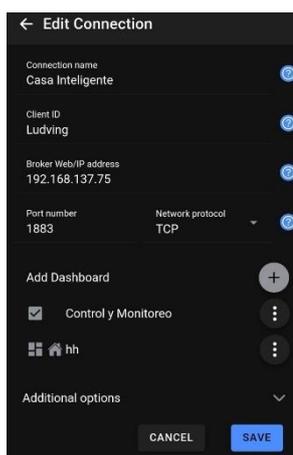


Figura 41 Ventana de configuración de conexión.  
Elaborado por: Investigador

Cuando ya se define el nombre de usuario, le número de puerto y el bróker Web o IP definido para la conexión, se procede a realizar las configuraciones de los Topic de cada dispositivo que se desea controlar como se muestra en la figura 42.

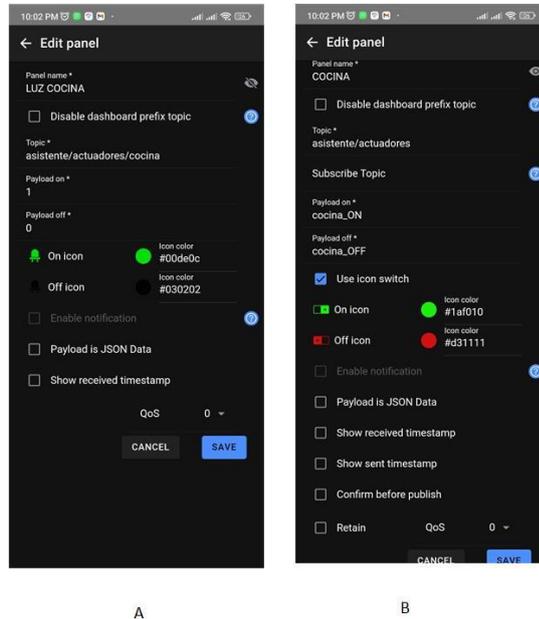


Figura 42 Configuración de Topic (A) Configuración de on/off (B)  
Elaborado por: Investigador

Al igual que la cocina, la sala tiene las mismas funcionalidades de control de iluminación por lo cual también se debe configurar el Topic respectivo para este apartado como se muestra en la figura 43.

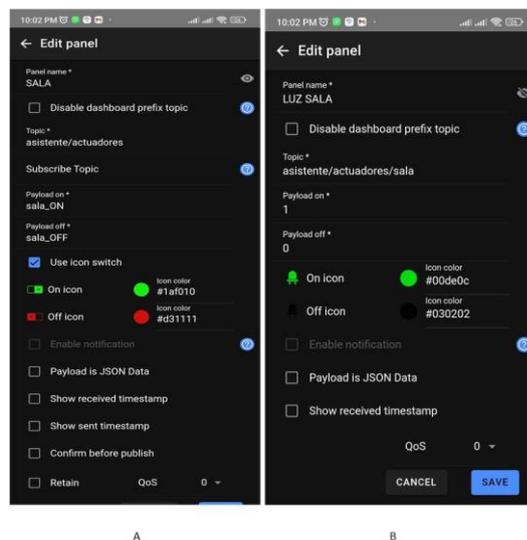


Figura 43 Configuración en app de corriente (A) y voltaje (B)  
Elaborado por: Investigador

Para poder realizar el control y monitoreo del consumo de potencia eléctrica se debe realizar la configuración del topic, dicha configuración se detalla gráficamente en la figura 44 A y B respectivamente.

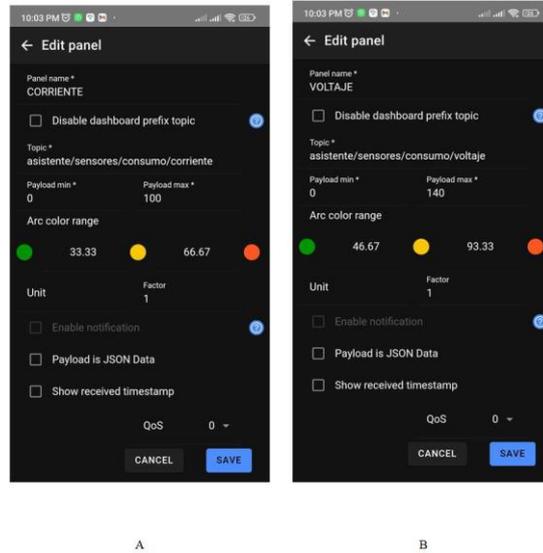


Figura 44 Configuración en app de corriente (A) y voltaje (B)  
Elaborado por: Investigador

En la plataforma se debe configurar los parámetros para la visualización de consumo energético, total de consumo de potencia como se muestra en la figura 45 (B) y el total a pagar como se muestra en la figura 45 (A).

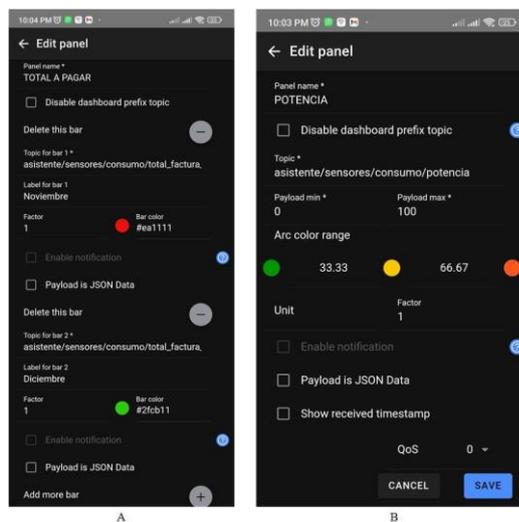


Figura 45 Configuración para visualización de la potencia (B) y total a pagar (A).  
Elaborado por: Investigador

IoT MQTT Panel ofrece una interfaz gráfica con elementos de visualización estadísticos que permite una visualización, control y monitoreo fácil de los parámetros de corriente, voltaje, potencia y consumo energético, como se observa en la figura 46 se visualiza los valores de estas variables a través gráficos.

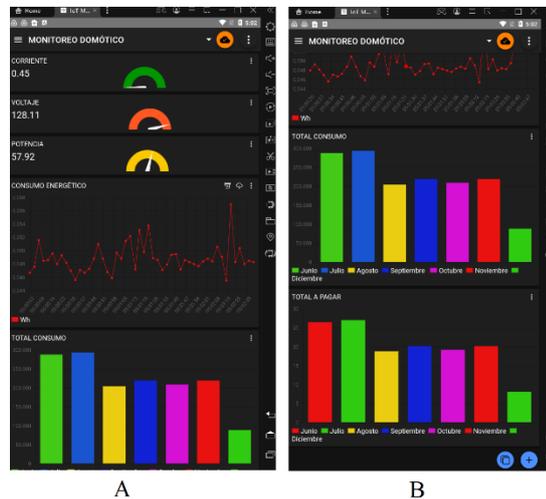


Figura 46 Interfaz de visualización de variables de potencia voltaje, corriente y consumo energético (A) y el análisis estadístico (B).  
Elaborado por: Investigador

### 3.12. Diseño de placas electrónicas

Para el diseño de la placa electrónica se debe considerar el diseño con el cual está construido los elementos y la adaptabilidad de conexión cada uno de los elementos, la ubicación de las fuentes de alimentación, las salidas digitales y análogas de los tres microcontroladores sin dejar de lado el aspecto del espacio físico disponible en la placa para lograr un optimizado y compacto diseño de la placa final para que pueda ser protegida por el case en donde se alojara todo el circuito electrónico para su protección.

En la figura 47 (B) se puede observar la distribución de las conexiones en la placa de cobre donde se aloja el microcontrolador ESP32, el sensor de voltaje, el dispositivo acondicionador de señal análogo-digital y el jack de entrada de 3.5 para el sensor de corriente y en la figura 47 (A) el diseño de la placa para el segundo microcontrolador de gestión para los dispositivos restantes.

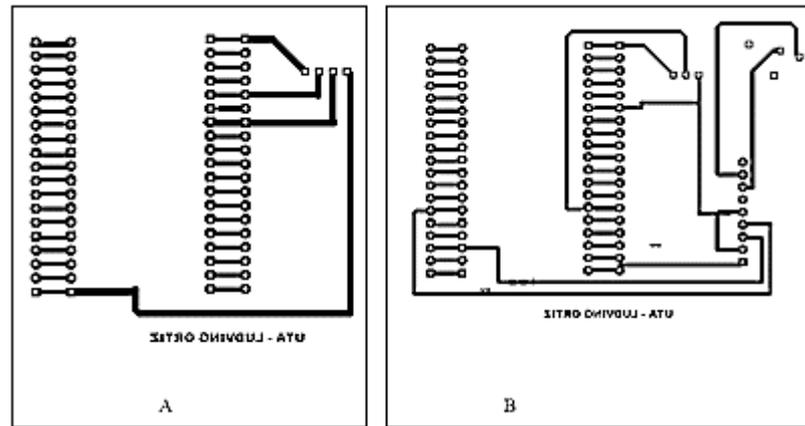


Figura 47 PCB módulo de medición de corriente y voltaje (B) módulo de dispositivos adicionales (A)  
Elaborado por: Investigador

### 3.13. Montaje y ubicación de componentes electrónicos

Una vez diseñado la placa de PCB se procede a la impresión de la placa electrónica mediante la impresión del circuito en una hoja para posteriormente anexar a la placa de cobre y sumergirla en ácido férrico lo que se busca con este proceso es proteger los circuitos impresos en la placa de cobre y de esa manera tenerlo dibujados o impresos en la placa cuando después de la etapa de limpieza de la placa. El diseño de impresión es de una sola capa, el resultado de la impresión y el montaje del circuito del módulo de control energético se muestra en la figura 48 (A) y el montaje del circuito impreso para el otro microcontrolador se muestra en la figura 48 (B).

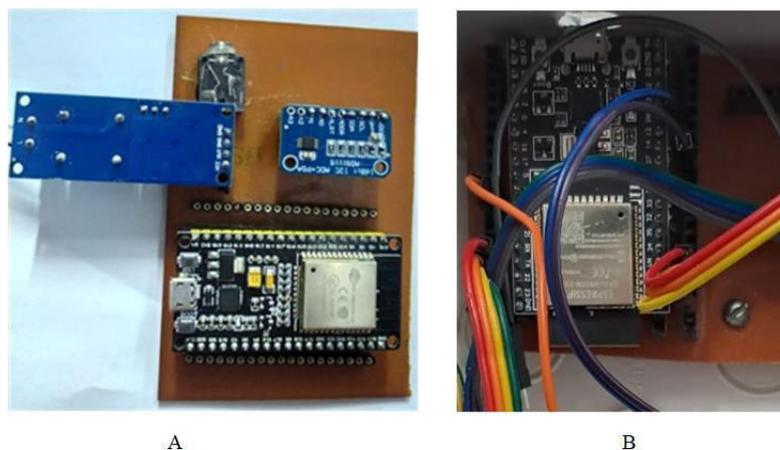


Figura 48 Montaje en la placa del módulo de control energético (A), módulo de gestión de dispositivos restante (B)  
Elaborado por: Investigador

### 3.14. Diseño 3D de case del prototipo

En la siguiente figura se presenta el modelo en 3D del prototipo realizado en el software Fusión 360 versión 2019. Para el montaje final dentro del case de protección está representado en la figura 49.

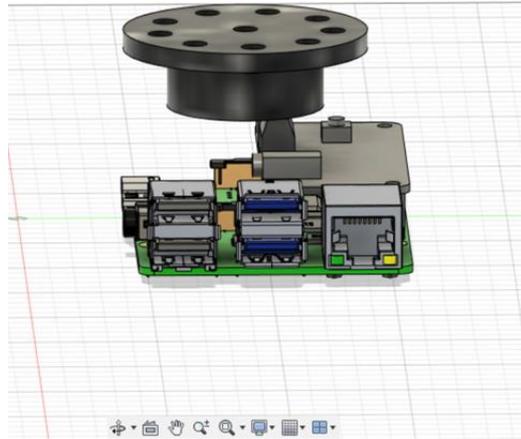


Figura 49 Diseño en fusión 360  
Elaborado por: Investigador

La verificación de las dimensiones del case se verifican realizando la simulación de ensamblaje del microcontrolador Raspberry al interior del case como se muestra en la figura 50 y el modelo ya ensamblado con vista transparente para poder verificarlo como se muestra en la figura 51.

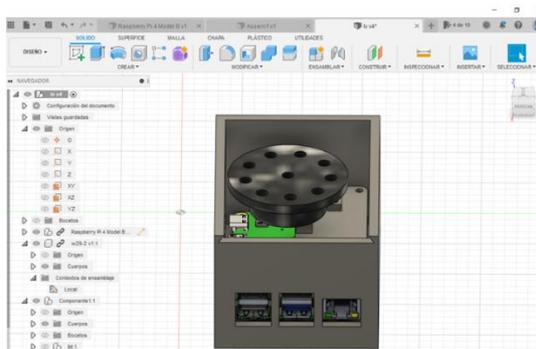


Figura 50 Diseño del case en 3D  
Elaborado por: Investigador

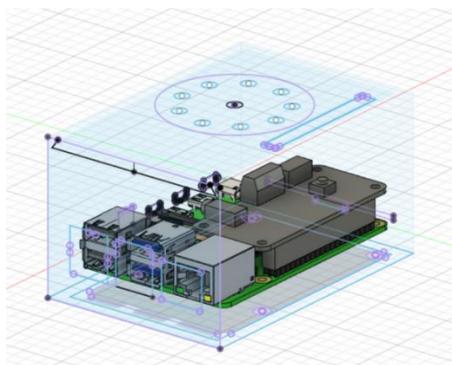


Figura 51 Diseño del case en 3D del prototipo.  
Elaborado por: Investigador

El resultado final del diseño e implementación se observa en la figura 52, en la cual se coloca el microcontrolador principal dentro de case físico.



Figura 52 Montaje del microcontrolador principal Raspberry pi en case  
Elaborado por: Investigador

Debido a que el sistema se compone de tres microcontroladores, de igual manera como se protege al microcontrolador principal Raspberrry se debe proteger a los microcontroladores restantes ESP32, para este propósito se eligió cajas de plástico para ser instalados en la parte superior de las paredes del domicilio donde se requiere el sistema. En la figura 53 se puede observar la ESP32 conectados al sensor de voltaje y corriente.



Figura 53 Montaje del circuito de ESP 32 en case de protección  
Elaborado por: Investigador

El ultimo microcontrolador ESP 32 alberga el resto de sensores y dispositivos actuadores por lo que también requiere un case de protección individual para este, en la figura 54 se puede observar el circuito instalado dentro de el para su respectiva protección y montaje en el lugar estratégico del domicilio.



Figura 54 Instalación de circuito de ESP 32, sensores y actuadores  
Elaborado por: Investigador

### **3.15. Pruebas de funcionamiento del sistema**

Posterior a la implementación del sistema se procede a verificar el funcionamiento de la plataforma IoT a través de la verificación de visualización de los datos de consumo eléctrico que se tiene en el domicilio, a su vez con esto se verifica el funcionamiento de los sensores, la comunicación de la plataforma con el microcontrolador principal, el funcionamiento del resto de sensores.

#### **3.15.1. Verificación de datos en la plataforma IoT**

El correcto funcionamiento de la plataforma, las conexiones IoT-microcontrolador, los dispositivos relacionados con el sistema, el algoritmo de medición de consumo eléctrico de medición de consumo se verifica con la visualización de las magnitudes de consumo energético, voltaje, corriente y total valor a pagar por lo kilovatios consumidos, en la figura 55 se puede visualizar los datos de energía eléctrica.



Figura 55 Visualización de datos energéticos en la app Iot MQTT Panel.  
Elaborado por: Investigador

### 3.15.2. Verificación de reconocimiento de rostros

La verificación se realiza a través de la visualización por medio de una pantalla monitor las imágenes que está recogiendo el sistema a través de la cámara como se puede observar en la figura 56 existe el reconocimiento de rostro en el cual está mostrando el nombre del usuario “Ludving” enmarcando su rostro, en el caso que el usuario reconocido haya sido registrado como permitido, sea el caso opuesto que el usuario no sea registrado el sistema desconocerá el rostro y e visualizara un título de “desconocido” con lo cual se procederá a las acciones permitentes de seguridad establecidos en el sistema.

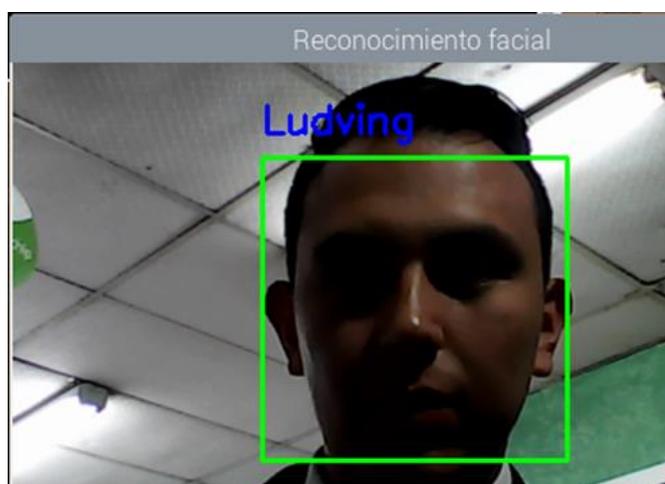


Figura 56 Verificación de captura de imagen rostro

Elaborado por: Investigador

El correcto funcionamiento del microprocesador se puede verificar observando el correcto funcionamiento del sistema y a través de un monitor o pantalla el proceso de ejecución del algoritmo que se encuentra dentro de la Raspberry.

El funcionamiento del reconocimiento de rostros se puede evidenciar en la tabla 31 la cual es un extracto de la base de datos en donde se almacena los ingresos de las personas al domicilio.

Tabla 31: Registros de ingresos al domicilio.

ID_CAMARA	NOMBRE_PERSONA	ACCION	HORA_ACCION
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-23 22:35:01
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-24 18:57:13
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-24 18:57:17
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-24 18:57:21
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-24 18:58:01
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-24 18:58:05
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-11-24 18:58:11
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-12 10:39:08
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-12 10:41:08
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-12 10:41:19
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-16 20:11:48
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-16 20:54:17
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-16 20:56:05
CAM01_ING	Desconocido	cerrado	2022-12-16 20:58:10
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:07:13
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:07:18
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:18:15
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:18:20
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:18:26
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:18:31
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:18:36
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:04
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:09
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:14
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:19
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:25
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:30
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:36
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:22:42
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:23:34
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:23:39
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:23:45
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 00:42:39
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:20:42
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:35:05
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:37:13

CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:37:17
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:39:30
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:40:43
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:48:20
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:49:27
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:51:11
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:51:15
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:51:19
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:52:10
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:52:20
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:54:30
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:54:49
CAM01_ING	Ludving	abierto	2022-11-23 22:56:02

Elaborado por: Investigador

### 3.15.3. Pruebas de sensores

Como todo sistema está expuesto a posibles fallas operativas debido a distintas causas como la incorrecta configuración del dispositivo, deficiente calibración de los sensores, avería de los circuitos internos de los dispositivos por factores externos (humedad, golpes, incorrecta manipulación etc.) entre algunas causas más. La operación de cada uno de los dispositivos sensores tiene su propio principio de funcionamiento, es así que, la forma de verificación de un sensor de voltaje o corriente es distinto que un sensor de audio o un sensor de presencia debido a que el primer caso se puede verificar su funcionamiento visualizando la magnitud de amperios y voltios mientras que un sensor de presencia no emite magnitudes medibles como un sensor de corriente o voltaje debido a estas características distintivas la manera de verificación no puede ser generalizada es por esta razón que para este apartado de verificación se realizó un resumen representada en la tabla 31, en la cual posterior a la verificación individual de cada una se procedió a registrar el estado de funcionamiento de los mismos.

Tabla 32 Resumen de funcionamiento de sensores

Dispositivo	Funcionalidad	Plataforma IoT / Telegram	Observaciones
Sensor de voltaje	Mide voltaje que sumista la empresa eléctrica a la residencia.	Correcto	Se precisa una correcta calibración de señal senoidal para evitar mediciones incorrectas

Sensor de corriente	Mide el flujo de corriente que pasa por la acometida hacia la residencia.	Correcto	Se requiere un acondicionador análogo-digital exclusivo para la conversión de las señales de corriente
Cámara	Captura de rostros al momento de ingresar a la residencia.	Correcto	Se verifico el funcionamiento de la cámara a través de la visualización de las imágenes de los rostros en un monitor conectado a la raspberry
Micrófono	Adquirir información de comando de voz	Correcto	Se requiere de un osciloscopio para verificar las ondas de sonido, sin embargo, se comprobó su funcionamiento a visualizando en una pantalla la transformación de voz a texto de todas las palabras que emitimos incluido los comandos
Sensor de presencia	Detectar presencia de intrusos en el domicilio	Correcto	Se verifico el funcionamiento transitando por el corredor del domicilio donde se encuentra instalado, teniendo una respuesta de alerta desde telegram y se observó la activación del modo bloqueo
Sensor magnético	Detecta la apertura o cierres de la puerta principal	Correcto	Cuando se abre la puerta el sensor a través de su sistema magnético detecta esta apertura y se emite la alerta, es así como se comprobó su funcionamiento, abriendo intencionalmente la puerta la cual emitió una alerta de violación de seguridad a través de telegram.

Elaborado por: El investigador

#### 3.15.4. Pruebas del asistente de voz

El experimento se realizó en 4 participantes en ambientes distintos con ruido y sin ruido con timbres de voz de un niño, un hombre, un anciano y una mujer. Los experimentos se realizaron individualmente para evitar cualquier interacción entre los participantes a diferentes distancias de 1 metro y 4 metros con el propósito de identificar el alcance de la tecnología.

Tabla 33 Pruebas de reconocimiento de voz.

Distancia	Reconocimiento	Niño	Hombre	Anciano	Mujer	Intentos Totales
1 metros	Correcto	80	81	70	93	324
	Fallidos	20	19	30	7	76
4 metros	Correcto	59	60	54	79	252
	Fallidos	41	40	46	21	148

Elaborado por: Investigador

En la tabla 32 se observa el resultado de los 100 intentos realizados en el envío de un comando en las cuales se observa que una persona adulto mayor tiene menos posibilidad de activar un comando de voz debido que tendría que repetir al menos dos veces el comando para que sea reconocido, adicional se observa que una mujer tiene más posibilidad de que su orden de voz sea reconocida inmediatamente.

En la figura 57 se presenta los resultados de los 100 intentos realizados, la prueba se realizó con 4 personas de distinta edad, separadas por 1 metro de distancia al asistente de voz inteligente, los comandos son emitidos por las cuatro personas y se consiguió distintos valores de recepción, siendo la persona de tercera edad quien asumió más dificultad para dar órdenes al sistema, esto debido al bajo nivel de decibeles que emite esta persona al hablar, consecuentemente el micrófono no puede recibir con claridad la orden, por otro lado el niño, tiene un volumen de voz mayor y el sistema pudo detectar claramente la orden que se le proporcionó, por lo que se puede decretar el mejor desempeño de las pruebas realizadas a los cuatro individuos.

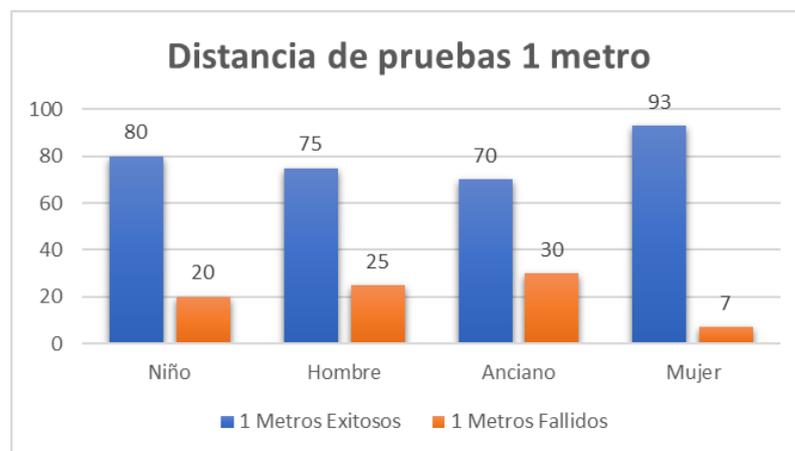


Figura 57 Resultados obtenidos en pruebas a una distancia de un metro.

Elaborado por: Investigador

Para la siguiente prueba se determina una distancia de separación de 4 metros y así poder verificar la capacidad de recepción de la orden enviada al asistente en condiciones más complicadas, en donde la característica de la persona con más dificultad presento para dar órdenes fue la persona de tercera edad, y la mayor recepción de ordenes correctas fue la mujer, los resultados representados en la figura 58.

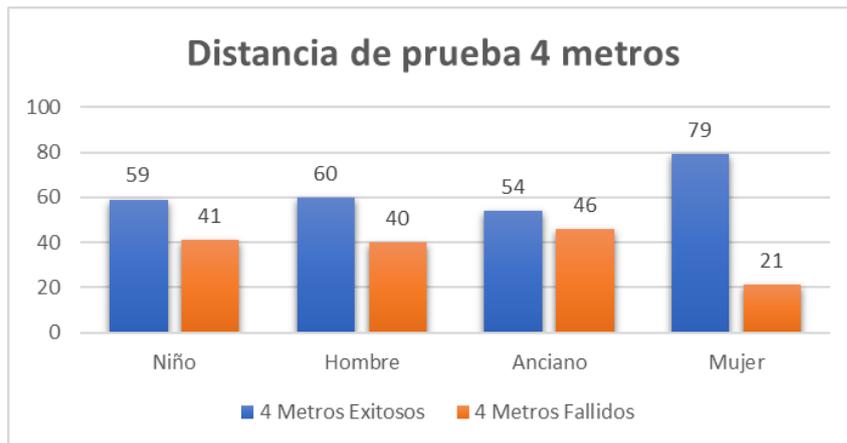


Figura 58 Resultados obtenidos en pruebas a una distancia de cuatro metros.  
Elaborado por: Investigador

En la tabla 34 podemos evidenciar un fragmento de la base de datos la cual almacena las instrucciones que recibe el asistente inteligente a través de la voz, controlando así diferentes actuadores.

Tabla 34: Registro de comandos recibidos por el asistente de voz.

ID_ACTUADOR	ACCION	HORA
bloqueo_c	bloqueado	2022-12-11 15:58:07
bloqueo_c	bloqueado	2022-12-16 21:52:04
bloqueo_c	bloqueado	2022-12-16 22:20:15
cocina_01	encendido	2022-11-22 23:48:41
cocina_01	encendido	2022-11-23 00:03:19
cocina_01	encendido	2022-11-23 00:05:04
cocina_01	encendido	2022-11-23 22:06:24
cocina_01	apagado	2022-11-23 22:06:43
cocina_01	encendido	2022-11-23 22:08:32
cocina_01	encendido	2022-11-24 18:48:03
cocina_01	apagado	2022-11-24 18:48:13
cocina_01	encendido	2022-11-24 19:03:00
cocina_01	apagado	2022-11-24 19:11:56
cocina_01	encendido	2022-11-30 19:30:37
cocina_01	encendido	2022-12-04 22:43:55
cocina_01	encendido	2022-12-11 15:40:03
cocina_01	encendido	2022-12-11 15:41:10
cocina_01	encendido	2022-12-11 15:48:53
cocina_01	encendido	2022-12-11 16:03:39

cocina_01	encendido	2022-11-22 23:09:42
cocina_01	encendido	2022-11-22 23:12:11
cocina_01	encendido	2022-11-22 23:39:20
cuarto_01	encendido	2022-11-24 18:48:22
cuarto_01	apagado	2022-11-24 19:11:56
cuarto_01	encendido	2022-12-11 16:04:09
cuarto_01	apagado	2022-12-16 22:01:04
cuarto_01	encendido	2022-12-16 22:01:19
cuarto_01	encendido	2022-12-16 22:14:15
cuarto_01	apagado	2022-12-16 22:14:38
cuarto_01	encendido	2022-12-16 22:15:00
cuarto_01	encendido	2022-12-16 22:19:33
cuarto_01	apagado	2022-12-16 22:19:43
cuarto_01	encendido	2022-12-16 22:19:55
sala_01	apagado	2022-11-22 23:39:30
sala_01	encendido	2022-11-23 22:06:53
sala_01	encendido	2022-11-23 22:07:42
sala_01	apagado	2022-11-24 19:11:56
sala_01	encendido	2022-11-30 19:34:03
sala_01	apagado	2022-11-30 19:35:25
sala_01	encendido	2022-11-30 19:35:45
sala_01	apagado	2022-11-30 19:35:55
sala_01	encendido	2022-11-30 19:38:23
sala_01	encendido	2022-11-30 19:39:14
sala_01	encendido	2022-11-30 19:40:47
sala_01	encendido	2022-11-30 19:41:32
sala_01	encendido	2022-11-30 19:44:13
sala_01	encendido	2022-12-11 15:40:40
sala_01	encendido	2022-12-11 15:49:03
sala_01	encendido	2022-12-11 15:53:54
sala_01	encendido	2022-12-11 16:03:20
sala_01	encendido	2022-12-11 16:33:56

Elaborado por: Investigador

#### 3.15.4.1. Comparativa de respuesta de asistentes

Con el análisis de respuesta anterior se puede comparar la eficiencia de recepción de los comandos de voz del sistema diseñado en este trabajo frente a la capacidad de recepción de comandos por voz de otro asistente. Actualmente el asistente con mayor presencia en el mercado es Alexa, es por ello que la comparación se realiza con los datos que se recogió del funcionamiento de este asistente.

Las pruebas de recepción de comando con Alexa Amazon se realizaron a 1 y 4 metros de separación de dispositivo central de recepción de audio (micrófono), al igual que las pruebas realizadas a nuestro dispositivo se tuvo la participación de distintos tipos de usuario (hombre, mujer, niño adulto mayor) cada uno con 100 intentos con lo cual se obtuvo los siguientes datos reflejados en estas pruebas se detallan en la tabla 33.

Tabla 35 Resumen de pruebas a 1 y 4 metros de separación de Alexa

Distancia	Recepción	Niño	Hombre	Anciano	Mujer	Total, intentos
1 metro	Correcto	80	97	75	98	350
	Fallido	20	3	25	2	50
4 metros	Correctos	65	86	54	77	282
	Fallidos	35	14	46	23	118

Elaborado por: Investigador

Los resultados de recepción de comandos con la separación de 1 metro fueron de 350 aciertos y de 50 fallidos y a una distancia de 4 metros se obtuvo un total de 282 recepciones correctas y 118 fallidas. En la figura 59 muestra la capacidad de recepción a 1 metro entre el asistente diseñado y el asistente Alexa.

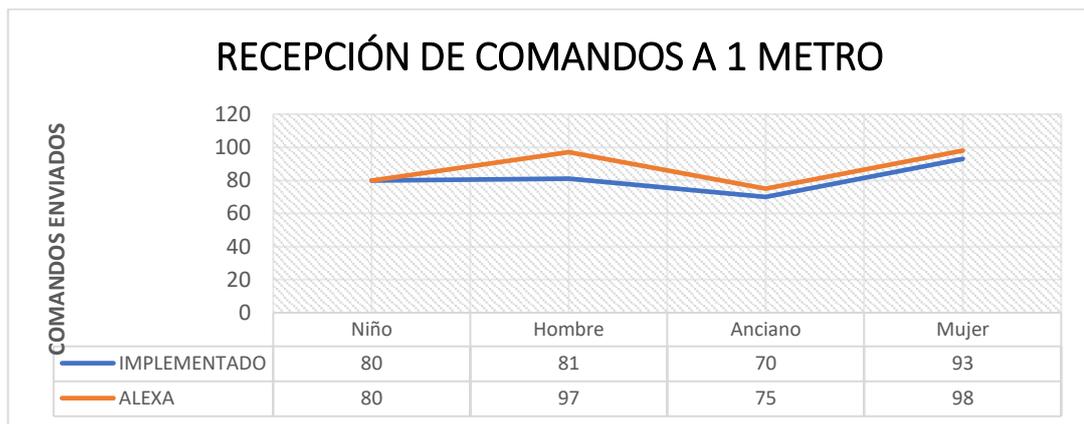


Figura 59 Resultados obtenidos de pruebas realizadas a una distancia de un metro.

Elaborado por: Investigador

Como se puede apreciar en la figura 59, se muestra la diferencia de recepción de comandos entre el asistente implementado contra el asistente Alexa esto es de 81% y 87.5% respectivamente conforme a los 400 comandos enviados a cada asistente, presentando solo un 6.5% de diferencia entre los dos, con esto podemos decir que el sistema implementado es tan fiable como un asistente comercial.

En la figura 60 se presenta la comparación de intentos realizados por los 4 participantes tanto al asistente implementado como al asistente Alexa.

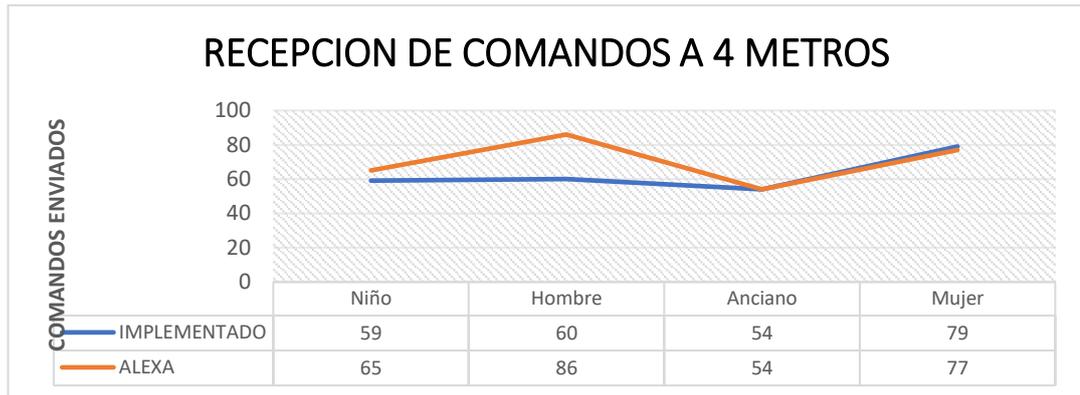


Figura 60 Resultados obtenidos de pruebas realizadas a una distancia de 4 metros.  
Elaborado por: Investigador

Como se puede evidenciar en la figura 60 la diferencia de recepción de comandos entre el asistente implementado contra el asistente Alexa a una distancia de 4 metros es de 63% y 70.5% respectivamente, presentando solo un 7.5% de diferencia entre los dos, podemos decir que el sistema implementado es igual de competitivo al de Alexa que es ya comercial.

Después de la comparación de eficiencia a través de análisis estadístico se verifica que el asistente Alexa tiene un mayor porcentaje en recepción de ordenes por comandos de voz emitidos por el usuario.

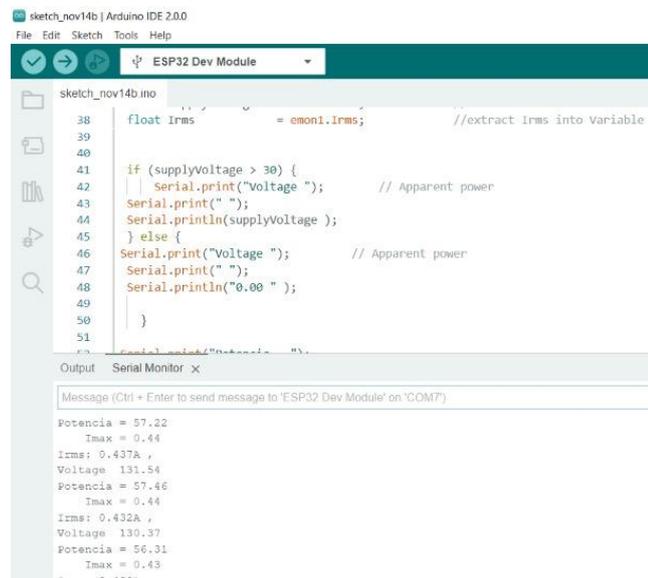
### 3.15.5. Pruebas de medidor energético

La implementación del sistema ayuda a la gestión y control de los dispositivos conectados en el hogar, reflejándose en el ahorro electricidad, este incremento de eficiencia energética se refleja en la disminución del valor económico que se debe pagar por concepto de consumo eléctrico, sin mencionar los beneficios ambientales que esto conlleva. Los sistemas que mayor aportan a la optimización del consumo energético es la iluminación.

Para la verificación de medición se realiza un análisis comparativo de las magnitudes resultantes de corriente y voltaje obtenidas a partir del medidor energético propuesto en este trabajo y las magnitudes resultantes de las mediciones de un dispositivo disiento, para este fin se utilizó el multímetro ProsKit MT1710 el cual al tratarse de un dispositivo de gama alta brinda mayor precisión en las mediciones de corriente y

voltaje. Es necesario tomar en consideración que para un análisis comparativo se deben definir características iguales de carga eléctrica, es por ello, que las mediciones de ambos dispositivos se realizaron a una misma carga que para este caso fue una lámpara fluorescente de 50W.

Después de haber conectado todos los componentes necesarios en la figura 61 se visualiza los datos de corriente resultado de la medición con el medidor energético del sistema diseñado propio, en el cual se puede observar la variabilidad de los resultados debido a la naturaleza del comportamiento del flujo eléctrico, estos oscilan entre 0.43 y 0.44 amperios



```
sketch_nov14b | Arduino IDE 2.0.0
File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Dev Module
sketch_nov14b.ino
38 float Irms = emoni.Irms; //extract Irms into Variable
39
40
41 if (supplyVoltage > 30) {
42   Serial.print("Voltage "); // Apparent power
43   Serial.print(" ");
44   Serial.println(supplyVoltage );
45 } else {
46   Serial.print("Voltage "); // Apparent power
47   Serial.print(" ");
48   Serial.println("0.00 " );
49 }
50 }
51
Output Serial Monitor x
Message (Ctrl + Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')
Potencia = 57.22
Tmax = 0.44
Irms: 0.437A ,
Voltage 131.54
Potencia = 57.46
Tmax = 0.44
Irms: 0.432A ,
Voltage 130.37
Potencia = 56.31
Tmax = 0.43
Irms: 0.437A ,
```

Figura 61 Resultados de medición de corriente con el medidor energético  
Elaborado por: Investigador

Al reemplazar el medidor energético por el multímetro PorsKit MT1710 y configurarlo para la medición de corriente se obtuvieron magnitudes que oscilaban entre 0.42 y 0.45 amperios como se muestra en la figura 62.



Figura 62 Magnitudes de corriente del multímetro ProKit MT1710  
Elaborado por: Investigador

Con la visualización de ambos valores se verifica la autenticidad de los valores del medidor energético del prototipo, logrando de ambos dispositivos valores similares de corriente ambos oscilantes en valores de entre 0.43 y 0.44 amperios.

En la tabla 36 se puede visualizar un fragmento de la base de datos en donde se almacena los datos adquiridos por el medidor energético inteligente instalado en el domicilio, los datos son obtenidos en tiempo real provenientes de un foco de 50W para constatar los datos de mejor manera.

Tabla 36: Registro de medidor energético instalado.

ID_MEDIDOR	CORRIENTE	VOLTAJE	POTENCIA	HORA	CONSUMO	FACTURA_HOGAR
medidor_01	0,41	125.33	51,50	2022-12-11 19:45:04	0.0548	0.0000050413
medidor_01	0,39	129.05	51,40	2022-12-11 19:45:07	0.0577	0.0000053097
medidor_01	0,39	125.75	52,70	2022-12-11 19:45:10	0.0557	0.0000051229
medidor_01	0,38	126.48	50,90	2022-12-11 19:45:13	0.0557	0.0000051245
medidor_01	0,43	125.77	50,00	2022-12-11 19:45:16	0.0577	0.000005312
medidor_01	0,43	123.56	50,70	2022-12-11 19:45:20	0.0532	0.0000048949
medidor_01	0,39	127.51	48,60	2022-12-11 19:45:23	0.056	0.0000051502
medidor_01	0,40	129.84	52,60	2022-12-11 19:45:26	0.0581	0.000005347
medidor_01	0,43	127.25	50,90	2022-12-11 19:45:29	0.0562	0.0000051718
medidor_01	0,41	126.78	49,10	2022-12-11 19:45:32	0.0569	0.0000052341
medidor_01	0,38	131.52	52,80	2022-12-11 19:45:35	0.0589	0.0000054203

medidor_01	0,40	127.75	52,10	2022-12-11 19:45:38	0.0565	0.0000052002
medidor_01	0,38	127.57	52,30	2022-12-11 19:45:41	0.0565	0.0000051948
medidor_01	0,38	129.72	48,90	2022-12-11 19:45:44	0.0575	0.0000052933
medidor_01	0,39	127.85	50,80	2022-12-11 19:45:48	0.057	0.000005243
medidor_01	0,39	127.36	49,70	2022-12-11 19:45:51	0.055	0.0000050597
medidor_01	0,39	127.22	51,70	2022-12-11 19:45:54	0.0568	0.0000052238
medidor_01	0,40	127.71	51,30	2022-12-11 19:45:57	0.0567	0.0000052121
medidor_01	0,43	127.13	51,90	2022-12-11 19:46:00	0.0698	0.0000064182
medidor_01	0,43	127.32	49,30	2022-12-11 19:46:03	0.065	0.0000059761
medidor_01	0,38	127.46	50,40	2022-12-11 19:46:07	0.0613	0.0000056379
medidor_01	0,42	123.03	51,20	2022-12-11 19:46:09	0.0556	0.0000051181
medidor_01	0,41	127.66	50,80	2022-12-11 19:46:12	0.0594	0.0000054655
medidor_01	0,42	129.34	50,00	2022-12-11 19:46:15	0.0571	0.0000052572
medidor_01	0,38	127.38	52,30	2022-12-11 19:46:19	0.0567	0.0000052187
medidor_01	0,43	127.23	48,80	2022-12-11 19:46:22	0.0581	0.0000053423
medidor_01	0,41	125.67	49,40	2022-12-11 19:46:25	0.0555	0.0000051031
medidor_01	0,39	127.12	53,50	2022-12-11 19:46:28	0.0575	0.0000052864
medidor_01	0,41	127.68	50,20	2022-12-11 19:46:31	0.0569	0.0000052344
medidor_01	0,38	127.21	51,60	2022-12-11 19:46:34	0.0561	0.0000051587
medidor_01	0,42	126.36	53,10	2022-12-11 19:46:38	0.0599	0.0000055117
medidor_01	0,42	128.73	51,20	2022-12-11 19:46:41	0.0584	0.0000053717
medidor_01	0,42	126.69	53,90	2022-12-11 19:46:44	0.0572	0.0000052665
medidor_01	0,43	127	51,60	2022-12-11 19:46:47	0.0569	0.0000052336
medidor_01	0,40	128.45	52,10	2022-12-11 19:46:50	0.0571	0.0000052562
medidor_01	0,40	126.78	51,80	2022-12-11 19:46:53	0.0562	0.0000051661
medidor_01	0,41	127.24	50,00	2022-12-11 19:46:56	0.0581	0.0000053407
medidor_01	0,41	125.93	50,20	2022-12-11 19:46:59	0.0556	0.0000051183
medidor_01	0,39	127.22	52,40	2022-12-11 19:47:02	0.0585	0.0000053806
medidor_01	0,38	125.98	48,90	2022-12-11 19:47:05	0.0566	0.0000052038
medidor_01	0,38	129.97	50,40	2022-12-11 19:47:09	0.059	0.0000054281
medidor_01	0,40	128.83	48,50	2022-12-11 19:47:12	0.0605	0.0000055644
medidor_01	0,40	125.69	50,10	2022-12-11 19:47:15	0.059	0.0000054306

medidor_01	0,43	123.72	53,00	2022-12-11 19:47:18	0.056	0.000005154
medidor_01	0,39	128.4	53,10	2022-12-11 19:47:21	0.0564	0.0000051902
medidor_01	0,39	125.86	53,40	2022-12-11 19:47:24	0.0552	0.0000050743
medidor_01	0,42	127.18	53,10	2022-12-11 19:47:27	0.0583	0.0000053658
medidor_01	0,42	127.77	49,20	2022-12-11 19:47:30	0.0569	0.0000052367
medidor_01	0,41	126.88	53,40	2022-12-11 19:47:34	0.071	0.0000065329
medidor_01	0,40	129.18	50,70	2022-12-11 19:47:37	0.0637	0.0000058641
medidor_01	0,42	127.43	53,10	2022-12-11 19:47:40	0.0802	0.0000073781
medidor_01	0,43	130.32	50,40	2022-12-11 19:47:43	0.0647	0.0000059533
medidor_01	0,40	125.25	49,80	2022-12-11 19:47:46	0.0617	0.0000056774
medidor_01	0,40	128.61	49,30	2022-12-11 19:47:49	0.0685	0.0000063006
medidor_01	0,39	127.93	48,40	2022-12-11 19:47:52	0.0582	0.000005358
medidor_01	0,42	125.89	51,70	2022-12-11 19:47:55	0.0641	0.0000059002
medidor_01	0,39	126.82	51,90	2022-12-11 19:47:58	0.0669	0.0000061565
medidor_01	0,39	128.3	53,10	2022-12-11 19:48:01	0.0638	0.0000058663
medidor_01	0,43	128.81	51,80	2022-12-11 19:48:05	0.0615	0.0000056572
medidor_01	0,42	125.74	49,60	2022-12-11 19:48:08	0.0921	0.0000084723
medidor_01	0,43	126.35	52,70	2022-12-11 19:48:11	0.0904	0.0000083167
medidor_01	0,42	126.39	50,60	2022-12-11 19:48:14	0.0939	0.0000086377
medidor_01	0,38	125.12	50,50	2022-12-11 19:48:17	0.0809	0.0000074385
medidor_01	0,39	125.8	53,10	2022-12-11 19:48:20	0.0755	0.0000069449
medidor_01	0,42	126.76	51,20	2022-12-11 19:48:24	0.056	0.0000051489
medidor_01	0,38	128.51	49,90	2022-12-11 19:48:27	0.0565	0.000005196
medidor_01	0,43	129.03	51,70	2022-12-11 19:48:30	0.057	0.0000052436
medidor_01	0,38	130.12	49,00	2022-12-11 19:48:33	0.0567	0.0000052121
medidor_01	0,38	126.44	49,90	2022-12-11 19:48:36	0.0561	0.0000051653
medidor_01	0,41	124.77	48,80	2022-12-11 19:48:39	0.0552	0.0000050816
medidor_01	0,41	128.43	48,70	2022-12-11 19:48:42	0.0561	0.0000051639
medidor_01	0,42	128.37	52,60	2022-12-11 19:48:45	0.0582	0.0000053524
medidor_01	0,38	127.92	50,80	2022-12-11 19:48:48	0.0562	0.0000051668

Elaborado por: Investigador

### 3.16. Optimización de consumo energético

Una vez verificado el correcto funcionamiento del medidor energético se realiza un análisis comparativo del consumo energético antes y después de la implementación. En la sección 3.1. se proyectó que el consumo energético del domicilio diario sería de 9,809 Wh y de 294.27kWh mensual con la cantidad de electrométricos dimensionados de acuerdo con sus respectivas potencias de consumo, el valor económico que se generó en el mes de junio por concepto de consumo eléctrico fue de \$39.73 dólares con una potencia de consumo mensual de 294kWh.

En la tabla 37 se realiza una comparación de consumo eléctrico y valores económicos a pagar por el servicio consumido en dos meses anteriores a la implementación (junio y julio) y un mes posterior a la implementación (agosto).

Evidentemente la aplicación del dispositivo en las etapas de control de la vivienda influyó positivamente respecto en la reducción del consumo energético y en el valor de la planilla de energía. En la tabla 37 se realiza un resumen comparativo de los consumos energético antes y después de la implementación del sistema de control y monitoreo energético, con datos de meses distintos.

Tabla 37 Resumen comparativo de consumo energético antes y después de la implementación

Mes	Consumo mensual (kWh)	Valores a pagar (\$)
<b>Pre implementación</b>		
Junio	294	\$39.73
Julio	288	\$38.88
<b>Post implementación</b>		
Agosto	205	\$27.68

Elaborado por: Investigador

Evidentemente la aplicación del dispositivo en las etapas de control de la vivienda influyó positivamente respecto a la reducción del consumo energético y en el valor de la planilla de energía, reduciendo el consumo de energía hasta en 80kWh y un ahorro en la planilla de hasta \$11.20. Los valores tanto de kilowatios hora consumidos mensualmente antes y después de la instalación se puede verificar en los Anexos 2, 3 y 4 con las planillas emitidas por la empresa eléctrica de Ambato.

### 3.17. Costo/Beneficio

En este apartado se realizará un análisis entre el costo del prototipo contra el costo de otros artículos en el mercado de similares prestaciones.

#### 3.17.1. Costo del prototipo

En la Tabla 38 se muestra los valores correspondientes a la implementación del sistema domótico basado en inteligencia artificial para el control del consumo eléctrico y seguridad en una residencia.

Tabla 38 Costos de los elementos del sistema

Ítem	Elemento	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
1	Kit Raspberry Pi4 Modelo B 4gb	c/u	\$300,00	1	\$ 300,00
2	Webcam USB	c/u	\$ 19,99	1	\$ 19,99
3	Modulo Audio Hat	c/u	\$ 35,00	1	\$ 35,00
4	Case PLA	c/u	\$ 30,00	1	\$ 30,00
5	Módulo de rele 8 canales	c/u	\$ 9,50	1	\$ 9,50
6	Sensor de corriente SCT013	c/u	\$ 16,00	1	\$ 16,00
7	Sensor de voltaje ZMPT101b	c/u	\$ 7,00	1	\$ 7,00
8	Sensor de presencia	c/u	\$ 3,00	2	\$ 6,00
9	Sensor magnético de puerta Mc38	c/u	\$ 2,00	2	\$ 4,00
10	Modulo wifi ESP32	c/u	\$ 12,00	2	\$ 24,00
11	Sirena	c/u	\$ 30,00	1	\$ 30,00
12	Cerradura magnética	c/u	\$ 70,00	1	\$ 70,00
13	Cables Dupont	c/u	\$ 2,50	1	\$ 2,50
14	Caja Dexon 10x10	c/u	\$ 8,40	2	\$ 16,80
15	Placa impresa	c/u	\$ 3,00	1	\$ 3,00
16	Accesorios	-	\$ 20,00	1	\$ 20,00
17	Tomacorriente triple Amer	c/u	\$ 6,00	3	\$ 18,00
18	Caja P/Toma blanca 32mm	c/u	\$ 2,40	3	\$ 7,20
19	Batería (UPS)	c/u	\$ 50,00	1	\$ 50,00
20	Diseño de placas electrónicas	c/u	\$ 20,00	2	\$ 40,00
21	Ensamblaje de placas electrónicas	c/u	\$ 20,00	2	\$ 40,00
22	Instalación de sistema diseñado	c/u	\$ 80,00	1	\$ 80,00
<b>Subtotal</b>					\$ 828,99
<b>Imprevistos 5%</b>					\$ 41,45
<b>TOTAL</b>					\$ 870,44

Elaborado por: Investigador

En la tabla 38 se puede constatar que el valor necesario para implementar el asistente inteligente con todas las funcionalidades previamente descritas es de \$870.44.

#### 3.17.2. Costo de otros prototipos

Los asistentes virtuales existentes en el mercado no incluyen dispositivos adicionales para la seguridad como: sirena, sensores, sistemas de alerta etc. En contraparte, el asistente virtual propuesto en este trabajo es un prototipo que contempla además del servicio de asistencia virtual funcionalidades de seguridad y monitoreo y control de energía convirtiéndolo es un sistema integro.

Para realizar una comparativa económica es necesario contemplar los costos adicionales se tendría que realizar si se instalara un asistente domótico del mercado con funcionalidades de seguridad y monitoreo de energía por concepto de dispositivos adicionales que se deberían anexar al sistema principal, en la tabla 39 se enumera los equipos adicionales que debería disponer un asistente virtual común para tener las mismas funcionalidades que el prototipo diseñado en este trabajo.

Tabla 39 Dispositivos utilizados en la domótica.

<b>PRODUCTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Amazon Echo Dot 4° Gen. Parlante Con Reloj Alexa Blanco-azul	c/u	\$ 97,00	1	\$ 97,00
Tomacorriente Enchufe Wifi doble	c/u	\$ 30,00	3	\$ 90,00
Interruptor Wifi Luces Inteligentes	c/u	\$ 18,70	3	\$ 56,10
sensor de movimiento inteligente wifi	c/u	\$ 25,00	2	\$ 50,00
Alarma Casa Sensor Puerta Ventana Wifi	c/u	\$ 15,00	2	\$ 30,00
Medidor De Energia Electrica Wifi	c/u	\$ 61,20	1	\$ 61,20
Alarma Inalámbrica Wifi + Gsm + Sensores + Sirena	c/u	\$ 85,00	1	\$ 85,00
Ups Powest 750va 375w 4 Salidas Interactivo Micronet Usb	c/u	\$ 80,00	1	\$ 80,00
Biometrico Control Asistencia Zkteco Red Usb Facial Huellas	c/u	\$ 178,00	1	\$ 178,00
Cerradura Inteligente Smart Huella Digital	c/u	\$ 100,00	1	\$ 100,00
Instalación y configuración de componentes	c/u	\$ 120,00	1	\$ 120,00
	<b>Total</b>			\$ 947,30

Elaborado por: Investigador [70]

El total de equipos se deben adicionar a un asistente virtual del mercado para tener funcionalidades de seguridad y control energético es de \$947.30

### 3.17.3. Análisis comparativo

Después de realizar distintas pruebas y análisis comparativos del funcionamiento del dispositivo diseñado y el resultado de funcionamiento del asistente virtual Alexa, se determina ventajas y desventajas de funcionamiento de cada asistente respecto a las prestaciones de servicio, aspecto económico, niveles de escalabilidad, facilidad de control y manejo y funcionalidades de ambos. En la tabla 40 se visualiza un resumen comparativo de las principales ventajas y desventajas del prototipo implementado y los asistentes virtuales existentes en el mercado.

Tabla 40 Comparativa de costo beneficio de asistentes del mercado vs diseñado

	<b>PROTOTIPO IMPLEMENTADO</b>	<b>PROTOTIPO DE MERCADO AMAZON ALEXA</b>
<b>VENTAJAS</b>	Mayor escalabilidad del sistema	El altavoz inteligente más barato del mercado
	Código de programación abierto	Su diseño se adapta a todas las situaciones
	Buena capacidad de recepción de ordenes	Gran calidad de sonido
	Eficiente recepción de ordenes por comandos de voz	Tiene una variedad de comandos muy interesantes
	Monitoreo y control remoto de seguridad a través de app	Incorpora un asistente de voz muy inteligente
	Funcionalidad de reconocimiento facial	
	Monitoreo y control del consumo energético	
<b>DESVENTAJAS</b>	Mayor costo de construcción	Poca capacidad de escalabilidad
	Deficiente diseño	Restricción de código de operación
	Comandos limitados	Respuesta lenta
	Asistente de voz poco inteligente	Caídas de conexión
		Tarda en llegar actualizaciones
		Dispone solamente de gestión de seguridad sin control energético ni asistente virtual

Elaborado por: El investigador [71]

Es necesario establecer que para poder realizar una comparativa concluyente los sistemas en cuestión deben tener las funcionalidades de asistencia virtual, seguridad domiciliaria y control energético, dicho esto, en los apartados anteriores se determinó los costos de construcción del sistema propuesto en este trabajo y los costos de compra de un asistente virtual del mercado con todos sus dispositivos adicionales.

El costo total de construcción del sistema fue de \$870,44 con todos sus elementos electrónicos, diseños de protección físicas y mano de obra, mientras que el costo de un asistente virtual con todos los dispositivos adicionales que cumpla con las mismas

funciones se estima en un costo de \$947.30, la diferencia de costo entre estos dos sistemas es de \$76.86.

### 3.17.4. Análisis costo/beneficio

El análisis que se realiza a continuación es un proceso en el cual se van a mostrar los costos y beneficios que conlleva el proyecto. El mismo que ayudara a observar el verdadero impacto financiero que provocaría la instalación del sistema diseñado, la comparación entre costos y beneficios se realiza en la tabla 41.

Tabla 41: Comparación costo/beneficio.

COSTOS		BENEFICIOS	
Materiales	\$ 668,99	Ahorro de luz eléctrica anual	\$ 134,40
Diseño de placas electrónicas	\$ 40,00	Reducción en el costo por instalación del sistema con respecto a otro sistema domótico.	\$ 40,00
Ensamblaje de placas electrónicas	\$ 40,00	Reducción en costo por dispositivos domóticos.	\$ 36,86
Instalación de sistema	\$ 80,00		
Imprevistos	\$ 41,45		
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$ 870,44</b>	<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	<b>\$ 211,26</b>

Elaborado por: El investigador

En la tabla 41 se identifica algunos beneficios que el sistema aporta al implementarse, entre ellos el ahorro de luz eléctrica anual la cual se obtuvo como proyección del mes de agosto en el cual se evidenció un ahorro de \$11.20 este valor se multiplico por 12, la reducción en el costo por la instalación del sistema con respecto a otro de similares características puesto que el sistema diseñado no requiere de configuraciones adicionales como es el caso del reloj biométrico, a mas de eso podemos evidenciar una reducción en el costo de los dispositivos que podemos adquirir.

La relación de costo/beneficio para este caso sería de:

$$\frac{870,44}{211,26} = 4,12 \text{ en un año}$$

Esto quiere decir, que en aproximadamente en 4 años se habrá recuperado la inversión con los beneficios que se analizaron en la tabla 41 una vez implementado el sistema.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. CONCLUSIONES

Una vez concluido el trabajo de investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

- La construcción del prototipo permite que varias áreas domiciliarias tales como cocina, cuarto y sala puedan ser controladas por medio de un comando de voz el cual permite el control de encendido o apagado de luces y tomacorrientes, además el asistente permite validar el consumo actual de corriente y voltaje de la red eléctrica, simultáneamente salvaguarda la seguridad de las personas y bienes materiales dentro del domicilio bloqueando zonas de ingreso y dejando pasar solo a personas autorizadas a través del reconocimiento de rostros, con esto se contribuye al ahorro de energía e incremento de seguridad residencial.
- Mediante los resultados obtenidos al implementar el sistema se verificó la disminución del consumo energético en un 28.82% en el mes de agosto con respecto al mes de julio, consecuentemente el valor de la planilla a pagar también disminuyó en \$11.20 dólares por un ahorro energético de 83kWh comprobando así que el prototipo satisface la optimización del consumo energético en el lugar donde este se instale.
- Según el análisis desarrollado al emitir órdenes hacia el sistema implementado y a un asistente inteligente comercial podemos obtener que a un metro y a cuatro metros el asistente implementado presenta una diferencia de 6.5% y 7.5% de déficit respectivamente con relación a un Alexa, ya que existen situaciones específicas en donde se presenta cierto nivel de dificultad para lograr recibir órdenes, esto en relación al volumen de voz aplicado para que el micrófono del sistema pueda recibir la orden, así lo refleja las pruebas realizadas en las 4 personas a diferente separación del asistente esto ha evidenciado que el sistema puede llegar a ser tan confiable como uno ya comercial.
- A través de la investigación realizada podemos argumentar que el sistema implementado presenta diferentes ventajas con respecto a otro asistente una de las principales es que presenta mayor escalabilidad porque se puede agregar más componentes de control y flexibilidad ya que podemos adaptar un control

a nuestra exigencia en las diferentes áreas de la residencia, en comparación a otros asistentes que limita el número de dispositivos conectados y controla cosas específicas, por lo que implementar el sistema diseñado y un sistema comercial con las mismas características nos ahorraría \$76.86 dólares.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

Durante la realización del proyecto y la experimentación del sistema en práctica se mencionan las siguientes recomendaciones:

- Para mejorar el procesamiento de datos de imágenes se recomienda usar un microprocesador de mejores características con una tarjeta de procesamiento de video dedicada para esa tarea específica, y el uso de microcontroladores con mayor RAM.
- Para incrementar aún más la optimización de uso de energía eléctrica se debe configurar con más detalle los tiempos de funcionamiento de los dispositivos que controla el sistema, para así disminuir el tiempo de funcionamiento de algunos de ellos y agregar al sistema domótico dispositivos que aún no están controlados automáticamente en el domicilio.
- En este trabajo se desarrolló con objetivos de seguridad es por eso que si se desea ampliar el confort del usuario con el uso de sistemas domóticos se sugiere incrementar los sensores necesarios que determinen el comportamiento de parámetros que se puede controlar como temperatura ambiente, nivel de luminosidad, calidad del aire, etc.
- Para mejorar la recepción de señales o órdenes a través del micrófono se recomienda implementar un micrófono con mayores especificaciones de captación de espectros audibles, considerando la diferencia de decibeles que emiten las voces de personas de todas las edades y distintos géneros.

## BIBLIOGRAFÍA

### 5. Referencias

- [1] Alban Geesela, «Sistema domótico de apoyo para personas con discapacidad motriz mediante tecnología móvil y reconocimiento de voz,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 20218.
- [2] Roman Villena Julio, «Diseño e implementación de un asistente personal inteligente en español basado en reconocimiento de voz empleando Raspberry Pi.,» Universidad Carlos III de Madrid, Leganes, 2018.
- [3] Gaitan Jorge A., Velasco Luis E., Valencia Juan C. y Tocarruncho Luis A., «Sistema de reconocimiento de voz para personas con discapacidad motriz.,» Fundación Universitaria Unipanamericana Compensar, Bogota, Colombia, 2019.
- [4] Martinez Portela Roi, «Desarrollo de un altavoz inteligente incorporando privacidad en Raspberry Pi,» Universidad de Vigo, Vigo, España, 2020.
- [5] Hernandez Miguel A., Vazquez Rodrigo G. y Castro Jose Orlando, «Propuesta de asistente virtual basado en inteligencia artificial en la integración de un brazo robótico para aplicaciones en la industria 4.0,» Universidad de la Salle Bajío, Mexico, 2020.
- [6] Sanchez Adrian, «Puesta a punto de un robot real autónomo inteligente usando ROS,» Universidad Politecnica de Cartagena, Cartagena, 2021.
- [7] Sandoya Bryan, «Sistema de monitoreo inteligente de consumo de energía eléctrica (Smart Metering) con Tecnología Lora para hogares en la ciudad de Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [8] Jaihar Juan, Iingayat Neehal, Vijaybhai Patel Sapan, Venkatesh Gautam y Upla KP, «Automatización del hogar inteligente mediante algoritmos de aprendizaje automático.,» 2020.
- [9] Popa Dan, Pop Florin, Serbanescu Cristina y Castiglione Aniello, «Modelo de aprendizaje profundo para domótica y reducción de energía en una plataforma de entorno doméstico inteligente.,» 2018.

- [10] Albrieu Ramiro, Rapetti Martin, Lopez Caterina y Sorrentino Alejo, «Inteligencia artificial y crecimiento economico: Oportunidades y desafios para America Latina.,» CIPPEC, Buenos Aires, 2019.
- [11] «Cepal,» Comision Economica para America Latina y el Caribe, 03 09 2019. [En línea]. Available: <https://www.cepal.org/es/notas/cumbre-inteligencia-artificial-america-latina>. [Último acceso: 12 01 2022].
- [12] Urgiles Javier y Bravo Lilia, «Estudio general de vigilancia tecnologica en inteligencia artificial.,» CEDIA, Ecuador, 2019.
- [13] Srinivasan Arul y Madheswari A.Neela, «The Role of Smart Personal Assistant for improving personal Healthcare,» International Journal of Advanced Engineering, Management and Science , Namakkal, India, 2018.
- [14] Edu Jide S., Such Jose M. y Suarez-Tangil Guillermo, «Smart HomePersonal Assistants: A Security and Privacy Review,» King's College London, UK, Londres, 2020.
- [15] Mitchell Shelley, «Pat research,» 07 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/top-intelligent-personal-assistants-automated-personal-assistants/>. [Último acceso: 15 01 2022].
- [16] Burns Ed, Laskowski Nicole y Tucci Linda, «Tech Target,» 12 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>. [Último acceso: 15 01 2022].
- [17] Russo Claudia, Ramon Hugo, Alonso Nicolas, Cicerchia Benjamin, Esnaola Leonardo y Tessore Juan , «Tratamiento Masivo de Datos Utilizando Técnicas de Machine Learning,» Instituto de Investigación y Transferencia en Tecnología (ITT) , Buenos Aires, 2016.
- [18] MATLAB, «MathWorks,» Matlab, 19 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.mathworks.com/discovery/deep-learning.html>. [Último acceso: 29 01 2023].
- [19] Hintze Arend, «Govtech,» 14 11 2016. [En línea]. Available: <https://www.govtech.com/computing/understanding-the-four-types-of-artificial-intelligence.html>. [Último acceso: 10 02 2022].

- [20] Dynatec, «Dynatec,» 24 07 2021. [En línea]. Available: <https://dynatec.es/2021/07/24/computer-vision-la-vision-artificial-y-sus-aplicaciones/>. [Último acceso: 11 02 2022].
- [21] «Computer Hope,» 07 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.computerhope.com/jargon/v/voicreco.htm>. [Último acceso: 15 01 2022].
- [22] Oracle, «Oracle,» 19 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [23] A. arduino, «Aprendiendo arduino,» 11 11 2018. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>. [Último acceso: 02 04 2022].
- [24] Carrillo Alí J., «Sistemas Automaticos de Control: Fundamentos basicos de analisis y modelado.,» UNERMB, Zulia, 2011.
- [25] «Open Learn,» [En línea]. Available: [https://www.open.edu/openlearn/ocw/mod/oucontent/view.php?id=48819&section=4.2#:~:text=Machine%2Dto%2Dpeople%20\(M2P,as%20shown%20in%20Figure%20.&text=These%20M2P%20connections%20facilitate%20the,help%20people%20make%20informed%20judgments..](https://www.open.edu/openlearn/ocw/mod/oucontent/view.php?id=48819&section=4.2#:~:text=Machine%2Dto%2Dpeople%20(M2P,as%20shown%20in%20Figure%20.&text=These%20M2P%20connections%20facilitate%20the,help%20people%20make%20informed%20judgments..) [Último acceso: 15 01 2022].
- [26] «Avsystem,» 24 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.avsystem.com/blog/iot-protocols-and-standards/>. [Último acceso: 15 01 2022].
- [27] «Hermes strandar,» [En línea]. Available: <https://www.the-hermes-standard.info/>. [Último acceso: 11 02 2022].
- [28] Perez David, «Sistemas embebidos y sistemas operativos embebidos.,» CICORE, Caracas, 2009.
- [29] Oracle, «Oracle,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>. [Último acceso: 02 04 2022].

- [30] Cruz William, *DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y DE CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA EL CONJUNTO CERRADO EL PORTAL DEL BOSQUE EN LA CIUDD DE TUNJA*, Tunja, 2018.
- [31] Díaz D., «Propuestas para mejorar la adopción y apropiación de las tecnologías Smart Grid en Colombia por parte del público,» 2018.
- [32] Matamoros V., «Estado del arte de la gestión de la energía eléctrica desde el lado de la demanda,» 2021.
- [33] Garcia F., Salazar J. y Orozco A., «El uso de la inteligencia artificial por parte del contador público en las organizaciones antioqueñas,» 2021.
- [34] C. Bongianino, V. Sánchez y L. Sosisky, «La aplicación de la inteligencia artificial en la contabilidad privada y en el sector gubernamental,» 2019.
- [35] NEC, *Nprmatova Ecuatorian de la Construccin*, Quito, 2018.
- [36] Torres Camila, «Planos electricos,» 2019. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/439551419/PLANOS-ELECTRICOS-docx#>.
- [37] ELECTROLUX, «Electrodomesticos,» Electrolux, [En línea]. Available: <https://www.electrolux.com.ec/lavadora-carga-superior-brilliant-impeller-12kg-gris-electrolux/p>.
- [38] MIDUVI, «NEC Norma Ecuatoriana de la Construccin. Instalaciones Electricas,» Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.
- [39] FGE, «Ecuador: las cifras de robos,» Quito, 2021.
- [40] El País, «<https://elpais.com/>,» 2022. [En línea]. Available: <https://elpais.com/tecnologia/2022-06-07/tecnologia-al-servicio-de-la-seguridad-las-alarmas-del-futuro-ya-estan-aqui.html>.
- [41] Cando Mariano, *Evaluacion Final del Area*, Quito, 2021.
- [42] Division Keonjhar Forest, «Descriptive Spatial Analysis of Human-Elephant Conflict (HEC) Distribution and Mapping HEC Hotspots in Keonjhar Forest Division,» 2023.

- [43] Tandem, «Método Mosler para el análisis de riesgo,» 02 11 2020. [En línea]. Available:  
[https://www.google.com/search?q=recurrencia&rlz=1C1CHZN\\_esEC967EC967&oq=recurrencia&aqs=chrome..69i57j0i512l9.2550j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=recurrencia&rlz=1C1CHZN_esEC967EC967&oq=recurrencia&aqs=chrome..69i57j0i512l9.2550j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
- [44] A. d. R. y. C. d. E. y. R. n. n. renovables, *Regulacion NO ARCERN 2020*, Quito, 2020.
- [45] Oscar Gonzales, «Implementación de un equipo de medición,» Quito, 2022.
- [46] naylampmechatronics, «naylampmechatronics,» 2021. [En línea]. Available:  
[https://naylampmechatronics.com/blog/51\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html](https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html).
- [47] Myakm, «Current Sensor,» 2023. [En línea]. Available:  
<https://www.akm.com/eu/en/products/current-sensor/>.
- [48] solectroshop, «solectroshop.com,» 2022. [En línea]. Available:  
<https://solectroshop.com/es/blog/como-elegir-una-camara-para-raspberry-comparativa-de-camaras-para-raspberry-pi-n92>.
- [49] SYSTEMARKET, «systemarket.com.ec,» 2023. [En línea]. Available:  
<https://systemarket.com.ec/tienda/accesorios/varios/camara-web-genius-1000x-hd-720p-usb-black/>.
- [50] <https://solectroshop.com/>, 2023. [En línea]. Available:  
<https://solectroshop.com/es/blog/como-elegir-una-camara-para-raspberry-comparativa-de-camaras-para-raspberry-pi-n92>.
- [51] Ehome, «<https://es.ehomerecordingstudio.com/>,» 2023. [En línea]. Available: <https://es.ehomerecordingstudio.com/microfonos-usb/>.
- [52] Brico Geek, «e-pulse.org,» 2023. [En línea]. Available:  
<https://tienda.bricogeek.com/descatalogado/1388-microfono-usb.html>.
- [53] El Ferretero, «El ferretero,» [En línea]. Available:  
<https://www.elferretero.com.ec/products/854?variant=31686472302726>.  
 [Último acceso: 25 11 2023].
- [54] Electronilab, «Electronilab,» [En línea]. Available:  
<https://electronilab.co/tienda/sensor-magnetico-puerta->

- ventana/?\_\_cf\_chl\_tk=IErpOpmaHnQC0i61u0Vh5WeFgPTOZz4L6R.A5zpg0P8-1675743381-0-gaNycGzNCpA. [Último acceso: 15 11 2023].
- [55] Raspberry Pi Foundation, «Raspberry,» 2022.
- [56] Hernandez Luis del Valle, «<https://programarfacil.com/>,» 2020. [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/esp8266/esp8266-deep-sleep-nodemcu-wemos-d1-mini/>.
- [57] Peerspot, «<https://www.peerspot.com/products>,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.peerspot.com/products/comparisons/amazon-transcribe\\_vs\\_ibm-watson-speech-to-text](https://www.peerspot.com/products/comparisons/amazon-transcribe_vs_ibm-watson-speech-to-text).
- [58] Rodríguez Alejandro Simón, «EVALUACIÓN DE ALGORITMOS DE MACHINE,» 2020.
- [59] Capacho Daniel A., «<https://www.researchgate.net/>,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/319958509\\_RECONOCIMIENTO\\_FACIAL\\_BASADO\\_EN\\_EIGENFACES\\_LBHP\\_Y\\_FISHERFACES\\_EN\\_LA\\_BEAGLEBOARD-xM](https://www.researchgate.net/publication/319958509_RECONOCIMIENTO_FACIAL_BASADO_EN_EIGENFACES_LBHP_Y_FISHERFACES_EN_LA_BEAGLEBOARD-xM).
- [60] Capterra, «Capterra,» [En línea]. Available: <https://www.capterra.ec/directory/30938/artificial-intelligence/software>. [Último acceso: 25 11 2022].
- [61] GAMCO, «GAMCO,» [En línea]. Available: <https://gamco.es/mejores-software-de-inteligencia-artificial/>. [Último acceso: 26 11 2022].
- [62] Arrieta Victor, 2019. [En línea]. Available: <https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/modulo-rele-de-1-2-4-y-8-canales-arduino>.
- [63] Mercado Libre, «Mercado Libre,» [En línea]. Available: <https://electronica.mercadolibre.com.ec/hogar-muebles-jardin-seguridad/cerradura-magnetica>. [Último acceso: 26 11 2022].
- [64] Foxiform, «<http://alarmasacusticas.blogspot.com/>,» 2014. [En línea]. Available: <http://alarmasacusticas.blogspot.com/2014/10/sistemas-de-alamas.html>.

- [65] SOURCEFORGE, «SOURCEFORGE,» [En línea]. Available: <https://sourceforge.net/software/compare/Grafana-vs-Node-RED-vs-Thingsboard/>. [Último acceso: 24 01 2023].
- [66] Amar Ilindra, «GEEK DASHBOARD,» 27 03 2020. [En línea]. Available: <https://www.geekdashboard.com/whatsapp-telegram-ultimate-comparison-table/>. [Último acceso: 24 01 2023].
- [67] Amazon, «Amazon.com,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/WM8960-Audio-Module-Raspberry-Zero/dp/B08CCV3XVZ>.
- [68] *User Manual WM8960 Audio HAT*, 2010.
- [69] geek, «<https://www.geeksforgeeks.org/>,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/python-text-to-speech-by-using-pyttsx3/>.
- [70] Tech Shop, «Tech Shop,» [En línea]. Available: <https://techshop.ec/product-category/asistente-inteligente/>. [Último acceso: 27 11 2022].
- [71] Mi Mundo Gadget, «Mi Mundo Gadget,» [En línea]. Available: <https://www.mimundogadget.com/2018/10/amazon-echo-ventajas-y-desventajas.html>. [Último acceso: 27 11 2022].
- [72] Chapuzet Aurélien, «Vivoka,» 19 02 2021. [En línea]. Available: [https://vivoka.com/how-to-speech-synthesis-tts/#:~:text=Speech%20synthesis%20\(TTS\)%20is%20defined,text%20into%20spoken%20speech%20automatically.&text=This%20means%20that%20the%20basic,the%20sound%2C%20but%20the%20text..](https://vivoka.com/how-to-speech-synthesis-tts/#:~:text=Speech%20synthesis%20(TTS)%20is%20defined,text%20into%20spoken%20speech%20automatically.&text=This%20means%20that%20the%20basic,the%20sound%2C%20but%20the%20text..) [Último acceso: 15 01 2022].
- [73] Castillo Emilce, Villanueva Diego, Suarez Gaston, Mamani Maximo y Alvarado Leandro, «Google sites,» 2016. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/control-manual>. [Último acceso: 02 04 2020].
- [74] Eaton, «Eaton,» 2022. [En línea]. Available: <https://altronics.cl/sensor-corriente-h7211c-10>.

- [75] grupoelectrostore, «grupoelectrostore.com,» 2022. [En línea]. Available: <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/corriente/modulo-sensor-de-corriente-ac-5a-no-invasivo/>.
- [76] El Confidencial, «<https://www.elconfidencial.com/>,» 2022. [En línea]. Available: [https://www.elconfidencial.com/decompras/2020-10-24/mejores-microfonos-usb-del-mercado\\_2798708/](https://www.elconfidencial.com/decompras/2020-10-24/mejores-microfonos-usb-del-mercado_2798708/).
- [77] Andres, «electricaplicada,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.electricaplicada.com/potencia-consumo-equipos-electricos/>.
- [78] EEASA, «<https://www.eeasa.com.ec/>,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.eeasa.com.ec/>.
- [79] Vazquez Miguel, «Sistema de reconocimiento Facial Mediante Tecnicas de Vision Tridimensional,» *Centro de investigaciones en optica*, vol. 10, 2014.
- [80] Zapata Maria, *Estudio comparativo de modelos de identificacion facial basados en correlacion*, Sevilla, 2015.
- [81] Castro R., «MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UNA CAPA DE COMUNICACIÓN PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL DE DISPOSITIVOS IOT DE CARGAS EN MICRO REDES INTELIGENTES,» 2022.
- [82] Urdin D., «Técnicas de Inteligencia Artificial para la modelización del consumo energético en un supermercado,» 2016.
- [83] Bermeo J., «Maestría en Electricidad mención Redes Eléctricas Inteligentes,» 2021.
- [84] Ortiz Z. y Jesús L., «Minimización de los errores en la formulación del color en la industria textil mediante la implementación de una red neuronal artificial,» 2019.
- [85] Solís J. y Jiménez M., «Estado del Arte de la Predicción de Variables en Sistemas de Ingeniería Eléctrica Basada en Inteligencia Artificial. e-Ciencias de la Información,» 2022.
- [86] González E., «Medición Indirecta De Corriente Eléctrica Mediante Inteligencia Artificial,» 2020.

- [87] Granja Ignacio, *PROCESAMIENTO DE IMAGENES PARA LA IDENTIFICACION DE PERSONAS COMO SISTEMA DE SEGURIDAD EN ZONAS DOMOCILIARIAS*, 2019.
- [88] Pastor Javier, «Raspberry Pi 4 Model B, análisis: doble de potencia para un mini PC milagroso, pequeñito, pero matón,» 25 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-4-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>.
- [89] Parejo M., «Desarrollo metodológico para la optimización del coste eléctrico en fábricas de cemento mediante el uso de inteligencia artificial,» 2022.
- [90] Garcia Mario, *SISTEMA DOMÓTICO CON TECNOLOGÍA EIBKONNEX PARA LA AUTOMATIZACION DE SERVICIOS, CONFORT Y SEGURIDAD EN LA EMPRESA SISTELDATA S.A.*, Ambato, 2012.
- [91] Galarza Diana, : *ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA DE MEDICION AVANZADA AMI PARA LA EMPRESA ELECTRICA QUITO*, Quito, 2017.
- [92] Fernandez Gerardo, *Sensores Magentico e Inductivos*, Pachuca, 2015.
- [93] Bucheli Jose, *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON SISTEMA HMI PARA EL ANÁLISIS Y ESTUDIO DE SENSORES Y TRANSDUCTORES DE PROXIMIDAD ANALÓGICOS POR MEDIO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ NI Y CONTROLADA POR EL SOFTWARE LABVIEW.*, Quito, 2014.
- [94] Castro de la Cruz Jorge, *Estudio de un sistema de supervisión remota de seguridad en edificaciones utilizando la red GPRS*, Guayaquil, 2012.
- [95] Gutierrez Damian, *DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA BASADO EN DISPOSITIVOS EMBEBIDOS, TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL Y ALGORITMOS*, Cuenca, 2021.
- [96] Fernandez David, *Diseño e implementación de actualizaciones Over The Air (OTA) para redes de sensores*, Madrid, 2019.
- [97] Cedeño Cristian, *CONTROL DE ACCESO POR MEDIO DE CÁMARAS Y SENSORES EN LA EMPRESA*, Calceta, 2015.



## ANEXOS

### Anexo 1 Algoritmo para configuración de la tarjeta de sonido

```
pi@raspberrypi: ~ $ aplay -l
```

```
**** List of PLAYBACK Hardware Devices ****
```

```
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA], device 0: bcm2835 ALSA [bcm2835 ALSA]
```

```
Subdevices: 7/7
```

```
Subdevice #0: subdevice #0 Subdevice #1: subdevice #1
```

```
Subdevice #2: subdevice #2 Subdevice #3: subdevice #3
```

```
Subdevice #4: subdevice #4 Subdevice #5: subdevice #5
```

```
Subdevice #6: subdevice #6
```

```
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA], device 1: bcm2835 ALSA [bcm2835  
IEC958/HDMI]
```

```
Subdevices: 1/1
```

```
Subdevice #0: subdevice #0
```

```
WM8960 Audio HAT User Manual 6 / 10
```

```
card 1: wm8960soundcard [wm8960-soundcard], device 0: bcm2835-i2s-wm8960-  
hifi wm8960-hifi-0 []
```

```
Subdevices: 1/1 Subdevice #0: subdevice #0
```

```
pi@raspberrypi: ~ $ arecord -l
```

```
**** List of CAPTURE Hardware Devices ****
```

```
card 1: wm8960soundcard [wm8960-soundcard], device 0: bcm2835-i2s-wm8960-  
hifi wm8960-hifi-0 []
```

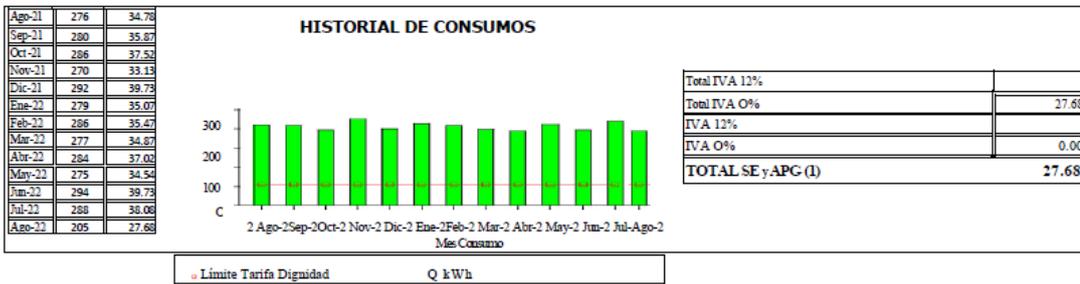
```
Subdevices: 1/1 Subdevice #0: subdevice #0
```

**Anexo 2** Factura de consumo eléctrico post implementación en el mes de agosto

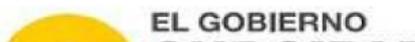
	<b>EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.</b> R.U.C. 1890001439001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995 Aut. del S.R.L.: 0109202201189000143900120010120198320181983201819 Fecha Aut.: 2022-09-01 03:37:27-05:00 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo Teléfono: 03-2998600		
	<b>Factura Nro. 001012 - 021596312</b>		Valor a Pagar: 27.68
Fecha Emisión: 01-Sep-2022	Vencimiento: 10-Septiembre-2022 Mes Consumo: Agosto-2022	Bloque Facturación: 1	
<b>INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR</b>			
Nombre: ECHEVERRIA BENTEZ JUAN Dirección del Servicio: CASTILLO 02-20 Provincia / Cantón / Parroquia: TUNGURAHUA / AMBATO Tipo de Tarifa: RESIDENCIAL	C.C./RUC: 1801969494 Rata: 1-11-1	Código Único Eléctrico Nacional: <b>0100004602</b>	
Medidor Número: 4602 Lectura Desde: 29-07-2022	Lectura Hasta: 29-08-2022	Días Facturados 30	

1 FACTURACION SERVICIO ELECTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO				
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und
Activa	22298	22093	205	kWh
<i>Usuario fuera de la frecuencia de consumo</i>				

Concepto	Valor USD
Valor Consumo	13.58
Valor Comercialización	1.41
Subsidio Cruzado	4.48
Interés Servicio Eléctrico	0.11
<b>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>19.58</b>
Interés Alumbrado Público	0.03
Alumbrado Público	8.08
<b>Subtotal Alumbrado Público (APG)</b>	<b>8.10</b>



TOTAL	
Total Servicio Eléctrico (1)	27.68
Valores Pendientes (2):	0.00
Recaudación Terceros (3):	
<b>TOTAL (1)+(2)+(3) Sector Eléctrico</b>	<b>27.68</b>



**Anexo 3** Planilla de consumo energetico en el mes de Julio.

	<b>EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.</b> R.U.C. 1890001439001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995 Aut. del S.R.L.: 0108202201189000143900120010120198320181983201819 Fecha Aut.: 2022-08-01 10:37:27-05:00 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo Teléfono: 03-2998600			<b>Factura Nro. 001012 - 019832018</b>	Valor a Pagar: <b>38.08</b>																																																			
	Fecha Emisión: 1-Ago-2022	Vencimiento: 10-Agosto-2022	Mes Consumo: Julio-2022	Bloque Facturación: 1																																																				
<b>INFORMACION DEL CONSUMIDOR</b>																																																								
Nombre: ECHEVERRIA BENTEZ JUAN Dirección del Servicio: CASTILLO 02-20 Provincia / Cantón / Parroquia: TUNGURAHUA / AMBATO Tipo de Tarifa: RESIDENCIAL	CC/RUC: 1801968494 Ruta: 1-11-1	Código Único Eléctrico Nacional: <b>0100004602</b>																																																						
Medidor Número: 4602 Lectura Desde: 29-06-2022	Lectura Hasta: 29-07-2022	Días Facturados 30																																																						
<b>1 FACTURACION SERVICIO ELECTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Actual</th> <th>Anterior</th> <th>Consumo</th> <th>Und</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Activa</td> <td>22093</td> <td>21805</td> <td>288</td> <td>kWh</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und	Activa	22093	21805	288	kWh	<i>Usuario fuera de la frecuencia de consumo</i>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>Valor USD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Valor Consumo</td><td>23.98</td></tr> <tr><td>Valor Comercialización</td><td>1.41</td></tr> <tr><td>Subsidio Cruzado</td><td>4.48</td></tr> <tr><td>Interés Servicio Eléctrico</td><td>0.11</td></tr> <tr><td><b>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</b></td><td><b>29.98</b></td></tr> <tr><td>Interés Alumbrado Público</td><td>0.03</td></tr> <tr><td>Alumbrado Público</td><td>8.08</td></tr> <tr><td><b>Subtotal Alumbrado Público (APG)</b></td><td><b>8.10</b></td></tr> </tbody> </table>		Concepto	Valor USD	Valor Consumo	23.98	Valor Comercialización	1.41	Subsidio Cruzado	4.48	Interés Servicio Eléctrico	0.11	<b>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>29.98</b>	Interés Alumbrado Público	0.03	Alumbrado Público	8.08	<b>Subtotal Alumbrado Público (APG)</b>	<b>8.10</b>																								
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und																																																				
Activa	22093	21805	288	kWh																																																				
Concepto	Valor USD																																																							
Valor Consumo	23.98																																																							
Valor Comercialización	1.41																																																							
Subsidio Cruzado	4.48																																																							
Interés Servicio Eléctrico	0.11																																																							
<b>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>29.98</b>																																																							
Interés Alumbrado Público	0.03																																																							
Alumbrado Público	8.08																																																							
<b>Subtotal Alumbrado Público (APG)</b>	<b>8.10</b>																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Jul-21</td><td>282</td><td>36.43</td></tr> <tr><td>Ago-21</td><td>276</td><td>34.78</td></tr> <tr><td>Sep-21</td><td>280</td><td>35.67</td></tr> <tr><td>Oct-21</td><td>286</td><td>37.52</td></tr> <tr><td>Nov-21</td><td>270</td><td>33.13</td></tr> <tr><td>Dic-21</td><td>292</td><td>38.73</td></tr> <tr><td>Ene-22</td><td>279</td><td>35.07</td></tr> <tr><td>Feb-22</td><td>286</td><td>35.47</td></tr> <tr><td>Mar-22</td><td>277</td><td>34.87</td></tr> <tr><td>Abr-22</td><td>284</td><td>37.02</td></tr> <tr><td>May-22</td><td>275</td><td>34.54</td></tr> <tr><td>Jun-22</td><td>284</td><td>38.73</td></tr> <tr><td>Jul-22</td><td>288</td><td>38.08</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Consumo	Valor	Jul-21	282	36.43	Ago-21	276	34.78	Sep-21	280	35.67	Oct-21	286	37.52	Nov-21	270	33.13	Dic-21	292	38.73	Ene-22	279	35.07	Feb-22	286	35.47	Mar-22	277	34.87	Abr-22	284	37.02	May-22	275	34.54	Jun-22	284	38.73	Jul-22	288	38.08	<b>HISTORIAL DE CONSUMOS</b> 		<table border="1"> <tbody> <tr><td>Total IVA 12%</td><td></td></tr> <tr><td>Total IVA 0%</td><td>38.08</td></tr> <tr><td>IVA 12%</td><td></td></tr> <tr><td>IVA 0%</td><td>0.00</td></tr> <tr><td><b>TOTAL SE y-APG (1)</b></td><td><b>38.08</b></td></tr> </tbody> </table>		Total IVA 12%		Total IVA 0%	38.08	IVA 12%		IVA 0%	0.00	<b>TOTAL SE y-APG (1)</b>	<b>38.08</b>
Mes	Consumo	Valor																																																						
Jul-21	282	36.43																																																						
Ago-21	276	34.78																																																						
Sep-21	280	35.67																																																						
Oct-21	286	37.52																																																						
Nov-21	270	33.13																																																						
Dic-21	292	38.73																																																						
Ene-22	279	35.07																																																						
Feb-22	286	35.47																																																						
Mar-22	277	34.87																																																						
Abr-22	284	37.02																																																						
May-22	275	34.54																																																						
Jun-22	284	38.73																																																						
Jul-22	288	38.08																																																						
Total IVA 12%																																																								
Total IVA 0%	38.08																																																							
IVA 12%																																																								
IVA 0%	0.00																																																							
<b>TOTAL SE y-APG (1)</b>	<b>38.08</b>																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total Servicio Eléctrico (1)</td> <td>38.08</td> </tr> <tr> <td>Valores Pendientes (2):</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Recaudación Terceros (3):</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL (1)+(2)+(3) Sector Eléctrico</b></td> <td><b>38.08</b></td> </tr> </tbody> </table>					TOTAL		Total Servicio Eléctrico (1)	38.08	Valores Pendientes (2):	0.00	Recaudación Terceros (3):		<b>TOTAL (1)+(2)+(3) Sector Eléctrico</b>	<b>38.08</b>																																										
TOTAL																																																								
Total Servicio Eléctrico (1)	38.08																																																							
Valores Pendientes (2):	0.00																																																							
Recaudación Terceros (3):																																																								
<b>TOTAL (1)+(2)+(3) Sector Eléctrico</b>	<b>38.08</b>																																																							

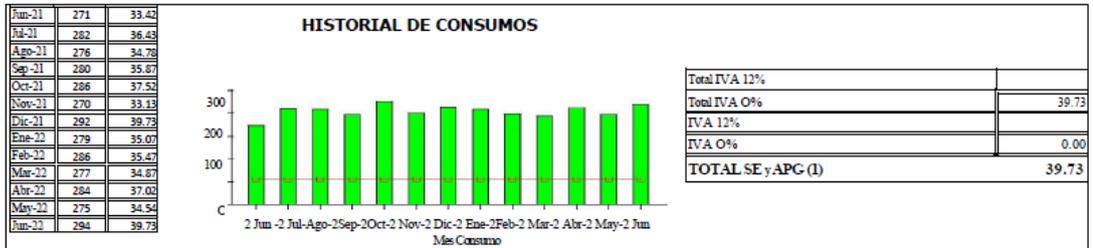


**Anexo 4** Planilla de consumo energetico antes de la implementacion mes de junio.

	<b>EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.</b> R.U.C. 1890001439001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995 Aut. del S.R.L: 010202201189000143900120010120198320181983201819 Fecha Aut: 2022-07-01 03:37:27-06:00 Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo Teléfono: 03-2998600		
	Factura Nro. <b>001012 - 0178332596</b>		Valor a Pagar: <b>39.73</b>
Fecha Emisión: 1-Jul-2022	Vencimiento: 10-Julio-2022	Mes Consumo: Junio-2022	Bloque Facturación: 1
<b>INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR</b>			
Nombre: ECHEVERRIA BENTEZ JUAN Dirección del Servicio: CASTILLO 02-20 Provincia / Cantón / Parroquia: TUNGURAHUA / AMBATO Tipo de Tarifa: RESIDENCIAL	CCRUC: 1801968494 Ruta: 1-11-1	Código Único Eléctrico Nacional: <b>0100004602</b>	
Medidor Número: 4602 Lectura Desde: 29-05-2022	Lectura Hasta: 29-06-2022	Días Facturados 30	

1 FACTURACION SERVICIO ELECTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO				
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und
Activa	21805	21511	294	kWh
<i>Usuario fuera de la frecuencia de consumo</i>				

Concepto	Valor USD
Valor Consumo	25.63
Valor Comercialización	1.41
Subsidio Cruzado	4.48
Interés Servicio Electrico	0.11
<b>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>31.63</b>
Interés Alumbrado Público	0.02
Alumbrado Público	8.08
<b>Subtotal Alumbrado Público (APC)</b>	<b>8.10</b>



◦ Límite Tarifa Dignidad Q kWh

TOTAL	
Total Servicio Eléctrico (1)	39.73
Valores Pendientes (2):	0.00
Recaudación Terceros (3):	
<b>TOTAL (1)+(2)+(3) Sector Eléctrico</b>	<b>39.73</b>



## Anexo 5 Script de reconocimiento de rostros

```
import pymysql
import threading
import datetime
import os
import paho.mqtt.client as mqtt
from telegram.ext.updater import Updater
from telegram.ext.update import Update
from telegram.ext.callbackcontext import CallbackContext
from telegram.ext.commandhandler import CommandHandler
from telegram.ext.messagehandler import MessageHandler
from telegram.ext.filters import Filters
#librerias para reconocimiento de rostros
import cv2
import imutils
import numpy as np
updater = Updater("5693536323: AAGIw9r8oBON-y_PyLZ1cWcxWOIWniBkvoI",
                 use_context=True)
def capturar_rostros(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text("Empezaste a capturar rostros.")
    nombre_persona = 'Ludving'
    direccion_data = '/home/pi/Desktop/TesisFinal/ReconocimientoVoz/data'
    direccion_persona = direccion_data + '/' + nombre_persona
    if not os.path.exists(direccion_persona):
        print('Carpeta creada', direccion_persona)
        os.makedirs(direccion_persona)

    captura = cv2.VideoCapture(0)
    faceClassif = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
    count = 0
    while True:
        ret, frame = captura.read()
        if ret == False: break
        frame = imutils.resize(frame, width=640)
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        auxFrame = frame.copy()
        faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)
        for (x,y,w,h) in faces:
            cv2.rectangle(frame, (x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
            rostro = auxFrame[y:y+h,x:x+w]
            rostro = cv2.resize(rostro,(150,150),interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
            cv2.imwrite(direccion_persona + '/rostro_{ }.jpg'.format(count),rostro)
            count = count + 1
        cv2.imshow('frame',frame)
        k = cv2.waitKey(1)
        if k == 27 or count >=300:
```

```

update.message.reply_text("Proceso de captura de rostros finalizada.")
update.message.reply_text("Se esta entrenando los rostros almacenados.")
dataPath = '/home/pi/Desktop/TesisFinal/ReconocimientoVoz/data'
peopleList = os.listdir(dataPath)
print('Lista de personas: ', peopleList)

labels = []
facesData = []
label = 0

for nameDir in peopleList:
    personPath = dataPath + '/' + nameDir
    print('Leyendo las imágenes')

    for fileName in os.listdir(personPath):
        print('Rostros: ', nameDir + '/' + fileName)
        labels.append(label)
        facesData.append(cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0))
        label = label + 1
    face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()

    # Entrenando el reconocedor de rostros
    print("Entrenando...")
    face_recognizer.train(facesData, np.array(labels))
    face_recognizer.write('modeloLBPHFace.xml')
    update.message.reply_text("Entrenamiento completo.")
    print("Modelo almacenado...")
    break

captura.release()
cv2.destroyAllWindows()
def reconocimiento_rostros(update: Update, context: CallbackContext):
    dataPath = '/home/pi/Desktop/TesisFinal/ReconocimientoVoz/data'
    imagePaths = os.listdir(dataPath)
    print('imagePaths=',imagePaths)

    face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
    # Leyendo el modelo
    face_recognizer.read('modeloLBPHFace.xml')
    cap = cv2.VideoCapture(0)
    faceClassif = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades+'haarcascade_frontalface_default.xml')
    count = 0
    while True:
        topic_publicador = 'asistente/actuadores'
        client = mqtt.Client()
        client.on_connect = on_connect
        client.on_message = on_message
        client.connect("localhost", 1883)
        ret,frame = cap.read()
        if ret == False: break
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        auxFrame = gray.copy()

        faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)

        for (x,y,w,h) in faces:
            rostro = auxFrame[y:y+h,x:x+w]
            rostro = cv2.resize(rostro,(150,150),interpolation= cv2.INTER_CUBIC)
            result = face_recognizer.predict(rostro)

```

```

id_camara = 'CAM01_ING'
# LBPHFace

if result[1] < 70:
    cv2.putText(frame, '{}'.format(imagePaths[result[0]]), (x, y-
25), 2, 1.1, (0, 255, 0), 1, cv2.LINE_AA)
    cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)
    persona = '{}'.format(imagePaths[result[0]])

    if '{}'.format(imagePaths[result[0]]) in persona:
        count += 1
        if count == 15:
            accion = 'abierto'
            update.message.reply_text(f"{persona} ingreso al domicilio.")
            client.publish(topic_publicador, 'puerta_ON')
            try:
                conexion =
pymysql.connect(host='localhost', user='ludving', password='1234', db='base_inteligente')
            try:
                with conexion.cursor() as cursor:
                    fecha_hora = datetime.datetime.now()
                    ingreso_actuadores = 'INSERT INTO
INGRESO(ID_CAMARA,NOMBRE_PERSONA,ACCION,HORA_ACCION) VALUES
(%s,%s,%s,%s);'
                    cursor.execute(ingreso_actuadores, (id_camara, persona, accion, fecha_hora))
                    conexion.commit()
                finally:
                    conexion.close()
            except (pymysql.err.OperationalError, pymysql.err.InternalError) as e:
                print('Ocurrio un error al conectar:', e)
                count = 0
            else:
                client.publish(topic_publicador, 'puerta_OFF')

    else:
        cv2.putText(frame, 'Desconocido', (x, y-20), 2, 0.8, (0, 0, 255), 1, cv2.LINE_AA)
        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 255), 2)

        persona = 'Desconocido'
        if 'Desconocido' in persona:
            count += 1
            if count == 15:
                update.message.reply_text("Usuario desconocido tratando de ingresar")
                client.publish(topic_publicador, 'puerta_OFF')
                accion = 'cerrado'
                try:
                    conexion =
pymysql.connect(host='localhost', user='ludving', password='1234', db='base_inteligente')
                try:
                    with conexion.cursor() as cursor:
                        fecha_hora = datetime.datetime.now()
                        ingreso_actuadores = 'INSERT INTO
INGRESO(ID_CAMARA,NOMBRE_PERSONA,ACCION,HOR
A_ACCION) VALUES (%s,%s,%s,%s);'
                        cursor.execute(ingreso_actuadores, (id_camara, persona, accion, fecha_hora))
                        conexion.commit()
                    finally:
                        conexion.close()
                except (pymysql.err.OperationalError, pymysql.err.InternalError) as e:

```

```

        print('Ocurrio un error al conectar:', e)
        count = 0
        cv2.imshow('frame',frame)
        k = cv2.waitKey(1)
        if k == 27:
            break
        cap.release()
        cv2.destroyAllWindows()
def unknown(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text(
        "Lo siento '%s' no es un comando valido" % update.message.text)
def unknown_text(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text(
        "Lo siento no pude reconocer tu solicitud, tu solicitaste '%s'" %
update.message.text)
def telebot():
    #inicializar bot de telegram
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('capturar_rostros', capturar_rostros))
    #updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('entrenar_rostros', entrenar_rostros))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('reconocimiento_rostros',
reconocimiento_rostros))
    updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.text, unknown))
    updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.command, unknown)) # Filters out
unknown commands
    # Filters out unknown messages.
    updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.text, unknown_text))
    updater.start_polling()
#conexion mqtt suscriptor
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    print("Connected with result code "+str(rc))
# conexion mqtt publicador
def on_message(client, userdata, msg):
    print(msg.topic+" "+str(msg.payload))
thread2=threading.Thread(target=telebot)
thread2.start()

```

## Anexo 6 Reconoeiciomiento de voz

```

import pyttsx3
import os
import speech_recognition as sr
import pywhatkit
import pyjokes
import webbrowser
import datetime
import wikipedia
import pymysql
import time
from gtts import gTTS
import paho.mqtt.client as mqtt
import threading
from telegram.ext.updater import Updater
from telegram.update import Update
from telegram.ext.callbackcontext import CallbackContext
from telegram.ext.commandhandler import CommandHandler
from telegram.ext.messagehandler import MessageHandler
from telegram.ext.filters import Filters

```

```

updater = Updater("5693536323:AAGIw9r8oBON-y_PyLZ1cWcxWOIWniBkvoI",
                 use_context=True)
#conexion mqtt suscriptor
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    #print("Connected with result code "+str(rc))

    # Subscribing in on_connect() means that if we lose the connection and
    # reconnect then subscriptions will be renewed.
    client.subscribe("asistente/sensores/corriente")
    client.subscribe("asistente/sensores/potencia")

# conexion mqtt publicador
def on_message(client, userdata, msg):
    #print(msg.topic+" "+str(msg.payload))
    if "asistente/sensores/corriente" in msg.topic:
        corriente = msg.payload.decode()
        #print(msg.payload.decode())
        id_sensor = "SCT013-30A"
        try:
            conexion =
pymysql.connect(host='localhost',user='ludving',password='1234',db='base_inteligente')
            try:
                with conexion.cursor() as cursor:
                    fecha_hora = datetime.datetime.now()
                    ingreso_actuadores = 'INSERT INTO CORRIENTE(ID_SENSOR,CORRIENTE,HORA)
VALUES (%s,%s,%s);'

#cursor.execute(ingreso_actuadores,(id_sensor,voltaje,corriente,potencia,factorpor,consumo,fecha_ho
ra))
                    cursor.execute(ingreso_actuadores,(id_sensor,corriente,fecha_hora))
                    #print('Escritura correcta')
                    conexion.commit()
            finally:
                conexion.close()
            #print('Conexion correcta')
        except (pymysql.err.OperationalError, pymysql.err.InternalError) as e:
            print('Ocurrio un error al conectar:', e)
    if "asistente/sensores/potencia" in msg.topic:
        potencia = msg.payload.decode()
        #print(msg.payload.decode())
        id_sensor = "SCT013-30A"
        try:
            conexion =
pymysql.connect(host='localhost',user='ludving',password='1234',db='base_inteligente')
            try:
                with conexion.cursor() as cursor:
                    fecha_hora = datetime.datetime.now()
                    ingreso_actuadores = 'INSERT INTO POTENCIA(ID_SENSOR,POTENCIA,HORA)
VALUES (%s,%s,%s);'

#cursor.execute(ingreso_actuadores,(id_sensor,voltaje,corriente,potencia,factorpor,consumo,fecha_ho
ra))
                    cursor.execute(ingreso_actuadores,(id_sensor,potencia,fecha_hora))
                    #print('Escritura correcta')
                    conexion.commit()
            finally:
                conexion.close()
            #print('Conexion correcta')

```

```

        except (pymysql.err.OperationalError, pymysql.err.InternalError) as e:
            print('Ocurrio un error al conectar:', e)
def suscripcion():
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    client.loop_forever()

def start(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text(
        "Hola, soy Moana. Por favor escribe /ayuda para ver los comandos disponibles.")

def ayuda(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text("""Comandos disponibles:
/on_cocina - Encender luz de la cocina
/on_sala - Encender luz de la sala
/on_cuarto - Encender luz del cuarto ludving
/on_todo - Enciende todas las luces
Coloca la palabra off en lugar de on para apagar.""")

def encender_luz_cocina(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Encendiste la luz de cocina.")
    conexion_sql_actuadores('cocina_01','encendido')
    client.publish(topic_publicador, 'cocina_ON')

def apagar_luz_cocina(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Apagaste la luz de cocina.")
    conexion_sql_actuadores('cocina_01','apagado')
    client.publish(topic_publicador, 'cocina_OFF')

def encender_luz_sala(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Encendiste la luz de cocina.")
    conexion_sql_actuadores('sala_01','encendido')
    client.publish(topic_publicador, 'sala_ON')

def apagar_luz_sala(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Apagaste la luz de cocina.")
    conexion_sql_actuadores('sala_01','apagado')

```

```

client.publish(topic_publicador, 'sala_OFF')

def encender_luz_todo(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Encendiste todas las luces.")
    conexion_sql_actuadores('cocina_01','encendido')
    conexion_sql_actuadores('sala_01','encendido')
    conexion_sql_actuadores('cuarto_01','encendido')
    client.publish(topic_publicador, 'cuarto_ON')
    client.publish(topic_publicador, 'cocina_ON')
    client.publish(topic_publicador, 'sala_ON')

def apagar_luz_todo(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Apagaste todas las luces.")
    conexion_sql_actuadores('cocina_01','apagado')
    conexion_sql_actuadores('sala_01','apagado')
    conexion_sql_actuadores('cuarto_01','apagado')
    client.publish(topic_publicador, 'cuarto_OFF')
    client.publish(topic_publicador, 'sala_OFF')
    client.publish(topic_publicador, 'cocina_OFF')

def encender_luz_cuarto1(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Encendiste la luz del cuarto de ludving.")
    conexion_sql_actuadores('cuarto_01','encendido')
    client.publish(topic_publicador, 'cuarto_ON')

def apagar_luz_cuarto1(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Apagaste la luz del cuarto de ludving.")
    conexion_sql_actuadores('cuarto_01','apagado')
    client.publish(topic_publicador, 'cuarto_OFF')
def bloquear_casa(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("En un minuto la casa se bloqueara.")
    time.sleep(60)
    update.message.reply_text("Casa bloqueada.")

```

```

conexion_sql_actuadores('bloqueo_casa','bloqueado')
client.publish(topic_publicador, 'bloqueo_ON')

def desbloquear_casa(update: Update, context: CallbackContext):
    topic_publicador = 'asistente/actuadores'
    client = mqtt.Client()
    client.on_connect = on_connect
    client.on_message = on_message
    client.connect("localhost", 1883)
    update.message.reply_text("Casa desbloqueada.")
    conexion_sql_actuadores('bloqueo_casa','desbloqueo')
    client.publish(topic_publicador, 'bloqueo_OFF')

def unknown(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text(
        "Lo siento '%s' no es un comando valido" % update.message.text)

def unknown_text(update: Update, context: CallbackContext):
    update.message.reply_text(
        "Lo siento no pude reconocer tu solicitud, tu solicitaste '%s'" %
update.message.text)
def telebot():
    #inicializar bot de telegram
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('start', start))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('ayuda', ayuda))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('on_cocina', encender_luz_cocina))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('on_sala', encender_luz_sala))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('on_cuarto', encender_luz_cuarto1))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('on_todo', encender_luz_todo))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('off_cocina', apagar_luz_cocina))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('off_sala', apagar_luz_sala))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('off_cuarto', apagar_luz_cuarto1))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('off_todo', apagar_luz_todo))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('on_bloqueo', bloquear_casa))
    updater.dispatcher.add_handler(CommandHandler('off_bloqueo_1995', desbloquear_casa))
    updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.text, unknown))
    updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(
        Filters.command, unknown)) # Filters out unknown commands

    # Filters out unknown messages.
    updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.text, unknown_text))

    updater.start_polling()

#escuchar nuestro microfono y devolver el audio como texto
def transformar_audio_en_texto():
    #almacenar reconocimiento de voz en variable
    r = sr.Recognizer()
    #configurar microfono
    with sr.Microphone() as origen:
        # tiempo de espera
        r.pause_threshold = 0.6
        r.adjust_for_ambient_noise(origen)
        # informar que comenzo la grabacion
        print("Ya puedes hablar")
        #guardar lo que escuche como audio
        audio = r.listen(origen)
    try:

```

```

#buscar en google
pedido = r.recognize_google(audio,language='es-ec')
#prueba de que pudo ingresar
print("Dijiste:" + pedido)
#devolver a pedido
return pedido
#en caso de que no lo pueda hacer
except sr.UnknownValueError:
    #prueba de que no comprendio el audio
    print("Ups, no entendi")
    #devolver error
    return "sigo esperando"
#en caso de no resolver el pedido
except sr.RequestError:
    #prueba de que no comprendio el audio
    print("Ups, no hay servicio")
    #devolver error
    return "sigo esperando"
#error inesperado
except:
    #prueba de que no comprendio el audio
    print("Ups, algo a salido mal")
    #devolver error
    return "sigo esperando"
#funcion para hablar
def hablar(mensaje):
    myobj = gTTS(text=mensaje, lang= 'es', slow=False)

    #mensaje_reproducido = 'espeak -a 100 -v mb-es1 -s 140 -p 80 ' + "" + mensaje + ""
    #print(mensaje_reproducido)
    myobj.save("mensaje.mp3")
    os.system("cvlc --play-and-exit mensaje.mp3")
# informar el dia de la semana
def pedir_dia():
    dia = datetime.date.today()
    #print(dia)
    # crear una variable para el dia de semana
    dia_semana = dia.weekday()
    #print(dia_semana)
    #diccionario con nombres de dias
    calendario = {0:'Lunes',
                  1:'Martes',
                  2:'Miercoles',
                  3:'Jueves',
                  4:'Viernes',
                  5:'Sabado',
                  6:'Domingo'}
    #decir el dia de la semana
    hablar(f'Hoy es {calendario[dia_semana]}')
#informar que hora es
def pedir_hora():
    #crear una variable con datos de la hora
    hora = datetime.datetime.now()
    #print(hora)
    #decir la hora
    hablar(f'En este momento son las {hora.hour} horas con {hora.minute} minutos y {hora.second}
segundos')
#funcion saludo inicial
def saludo_inicial():

```

```

#crear variable con datos de hora
hora = datetime.datetime.now()
if hora.hour < 6 or hora.hour >= 18:
    momento = 'Buenas noches'
elif hora.hour >=6 or hora.hour < 13:
    momento = 'Buenos dias'
elif hora.hour >= 13 or hora.hour < 18:
    momento = 'Buenas tardes'
#decir el saludo
hablar(f'{momento}, soy Moana, tu asistente personal. Dime en qué te puedo ayudar.')
#funcion para escritura en base de datos
def conexion_sql_actuadores(id_actuador,accion):
    try:
        conexion =
pymysql.connect(host='localhost',user='ludving',password='1234',db='base_inteligente')
        try:
            with conexion.cursor() as cursor:
                fecha_hora = datetime.datetime.now()
                ingreso_actuadores = 'INSERT INTO ACTUADORES(ID_ACTUADOR,ACCION,HORA)
VALUES (%s,%s,%s);'
                cursor.execute(ingreso_actuadores,(id_actuador,accion,fecha_hora))
                #print('Escritura correcta')
                conexion.commit()
            finally:
                conexion.close()
            #print('Conexion correcta')
        except (pymysql.err.OperationalError, pymysql.err.InternalError) as e:
            print('Ocurrio un error al conectar:', e)
#funcion para consultas en base de datos

def consulta_sql_actuadores():
    try:
        conexion =
pymysql.connect(host='localhost',user='ludving',password='1234',db='base_inteligente')
        try:
            with conexion.cursor() as cursor:

                consulta_actuadores = "SELECT ACCION FROM ACTUADORES WHERE
ID_ACTUADOR = 'cocina_01' ORDER BY HORA DESC LIMIT 1;"
                cursor.execute(consulta_actuadores)
                estado_cocina= cursor.fetchall()
                #print(f'Esta fue tu consulta:{estado_cocina[0]}')

                consulta_actuadores = "SELECT ACCION FROM ACTUADORES WHERE
ID_ACTUADOR = 'sala_01' ORDER BY HORA DESC LIMIT 1;"
                cursor.execute(consulta_actuadores)
                estado_sala= cursor.fetchall()
                #print(f'Esta fue tu consulta:{estado_sala[0]}')

                consulta_actuadores = "SELECT ACCION FROM ACTUADORES WHERE
ID_ACTUADOR = 'cuarto_01' ORDER BY HORA DESC LIMIT 1;"
                cursor.execute(consulta_actuadores)
                estado_cuarto= cursor.fetchall()
                #print(f'Esta fue tu consulta:{estado_cuarto[0]}')
                return list(estado_cocina[0]), list(estado_sala[0]), list(estado_cuarto[0])
            conexion.commit()
        finally:
            conexion.close()
        #print('Conexion correcta')

```

```
except (pymysql.err.OperationalError, pymysql.err.InternalError) as e:
    print('Ocurrió un error al conectar:', e)
```

```
# funcion central del asistente
def pedir_cosas():
    #activar saludo inicial
    saludo_inicial()
    #variable de corte
    comenzar = True
    #loop central
    while comenzar:
        #conexion mqtt
        topic_publicador = 'asistente/actuadores'
        client = mqtt.Client()
        client.on_connect = on_connect
        client.on_message = on_message
        client.connect("localhost", 1883)
        #activar el micro y guardar el pedido en un string
        pedido = transformar_audio_en_texto().lower()
        if 'moana' in pedido and 'abre youtube' in pedido:
            hablar('Con gusto, estoy abriendo YouTube')
            webbrowser.open('https://www.youtube.com')
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'abre el navegador' in pedido:
            hablar('Claro, estoy en eso')
            webbrowser.open('https://www.google.com')
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'qué día es hoy' in pedido:
            pedir_dia()
            continue
        elif 'qué hora es' in pedido:
            pedir_hora()
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'busca en wikipedia' in pedido:
            hablar('Buscando eso en wikipedia')
            pedido = pedido.replace('busca en wikipedia,')
            wikipedia.set_lang('es')
            resultado = wikipedia.summary(pedido, sentences = 1)
            hablar('Wikipedia dice lo siguiente: ')
            hablar(resultado)
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'busca en internet' in pedido:
            hablar('Ya mismo estoy en eso')
            pedido = pedido.replace('busca en internet,')
            pywhatkit.search(pedido)
            hablar('Esto es lo que he encontrado')
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'reproducir' in pedido or 'reproduce' in pedido or 'pon' in pedido:
            hablar('Buena idea, ya comienzo a reproducirlo')
            pywhatkit.playonyt(pedido)
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'broma' in pedido:
            hablar(f'{pyjokes.get_joke("es")}')
            continue
        elif 'moana' in pedido and 'adiós' in pedido:
            hablar('Me voy a descansar, cualquier cosa me avisas')
            continue
```

```

elif 'hola moana' in pedido:
    saludo_inicial()
    continue
elif 'moana' in pedido and 'enciende' in pedido:
    if 'cocina' in pedido:
        #cocina
        hablar('Muy bien, encendiendo la luz de la cocina')
        conexion_sql_actuadores('cocina_01','encendido')
        client.publish(topic_publicador, 'cocina_ON')
        continue
    elif 'sala' in pedido:
        #sala
        hablar('Muy bien, encendiendo la luz de la sala')
        conexion_sql_actuadores('sala_01','encendido')
        client.publish(topic_publicador, 'sala_ON')
        continue
    elif 'cuarto' in pedido:
        #cuato
        hablar('Muy bien, encendiendo la luz del cuarto')
        conexion_sql_actuadores('cuarto_01','encendido')
        client.publish(topic_publicador, 'cuarto_ON')
        continue
    elif 'todo' in pedido or 'todas' in pedido:
        hablar('Muy bien, encendiendo todas las luces')
        conexion_sql_actuadores('cocina_01','encendido')
        conexion_sql_actuadores('sala_01','encendido')
        conexion_sql_actuadores('cuarto_01','encendido')
        client.publish(topic_publicador, 'cuarto_ON')
        client.publish(topic_publicador, 'cocina_ON')
        client.publish(topic_publicador, 'sala_ON')
        continue
elif 'moana' in pedido and 'apaga' in pedido:
    if 'cocina' in pedido:
        #cocina
        hablar('Muy bien, apagando la luz de la cocina')
        conexion_sql_actuadores('cocina_01','apagado')
        client.publish(topic_publicador, 'cocina_OFF')
        continue
    elif 'sala' in pedido:
        #sala
        hablar('Muy bien, apagando la luz de la sala')
        conexion_sql_actuadores('sala_01','apagado')
        client.publish(topic_publicador, 'sala_OFF')
        continue
    elif 'cuarto' in pedido:
        #cuato
        hablar('Muy bien, apagando la luz del cuarto')
        conexion_sql_actuadores('cuarto_01','apagado')
        client.publish(topic_publicador, 'cuarto_OFF')
        continue
    elif 'todo' in pedido or 'todas' in pedido:
        hablar('Muy bien, apagando todas las luces')
        conexion_sql_actuadores('cocina_01','apagado')
        conexion_sql_actuadores('sala_01','apagado')
        conexion_sql_actuadores('cuarto_01','apagado')
        client.publish(topic_publicador, 'cuarto_OFF')
        client.publish(topic_publicador, 'sala_OFF')
        client.publish(topic_publicador, 'cocina_OFF')
        continue

```

```

elif 'moana' in pedido and 'estado de las luces' in pedido:
    estado_cocina, estado_sala, estado_cuarto = consulta_sql_actuadores()
    hablar(f'La luz de la cocina se encuentra {estado_cocina}, la luz de la sala {estado_sala} y la
luz del cuarto {estado_cuarto}')
    continue
elif 'moana' in pedido and 'asegurate' or 'bloqueeate' in pedido:
    hablar('Muy bien tienes un minuto para salir y bloquearme.')
    conexion_sql_actuadores('bloqueo_casa','bloqueado')
    #update.message.reply_text("La casa esta siendo bloqueada.")
    time.sleep(60)
    while True:
        client.publish(topic_publicador, 'bloqueo_ON')
        pedido = transformar_audio_en_texto().lower()
        if 'moana' in pedido and 'desbloquear' in pedido and 'contraseña' in pedido or 'desbloquéate'
in pedido:
            client.publish(topic_publicador, 'bloqueo_OFF')
            conexion_sql_actuadores('bloqueo_casa','desbloque')
            hablar('Bienvenido a casa')
            #update.message.reply_text("La casa fue desbloqueada.")
            break
        continue
thread1=threading.Thread(target=pedir_cosas)
thread1.start()
thread2=threading.Thread(target=telebot)
thread2.start()
thread3=threading.Thread(target=suscripcion)
thread3.start()

```

## Anexo 7 Fragmento de metodología de reconocimiento facial haardcascade

```

<?xml version="1.0"?>
<!--
  Stump-based 24x24 discrete(?) adaboost frontal face detector.
  Created by Rainer Lienhart.
<opencv_storage>
<cascade type_id="opencv-cascade-classifier"><stageType>BOOST</stageType>
  <featureType>HAAR</featureType>
  <height>24</height>
  <width>24</width>
  <stageParams>
    <maxWeakCount>211</maxWeakCount></stageParams>
  <featureParams>
    <maxCatCount>0</maxCatCount></featureParams>
  <stageNum>25</stageNum>
  <stages>
    <_>
      <maxWeakCount>9</maxWeakCount>
      <stageThreshold>-5.0425500869750977e+00</stageThreshold>
      <weakClassifiers>
        <_>
          <internalNodes>
            0 -1 0 -3.1511999666690826e-02</internalNodes>
          <leafValues>
            2.0875380039215088e+00 -2.2172100543975830e+00</leafValues></_>
        <_>
          <internalNodes>
            0 -1 1 1.2396000325679779e-02</internalNodes>

```

```

<leafValues>
-1.8633940219879150e+00 1.3272049427032471e+00</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 2 2.1927999332547188e-02</internalNodes>
<leafValues>
-1.5105249881744385e+00 1.0625729560852051e+00</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 3 5.7529998011887074e-03</internalNodes>
<leafValues>
-8.7463897466659546e-01 1.1760339736938477e+00</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 4 1.5014000236988068e-02</internalNodes>
<leafValues>
-7.7945697307586670e-01 1.2608419656753540e+00</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 5 9.9371001124382019e-02</internalNodes>
<leafValues>
5.5751299858093262e-01 -1.8743000030517578e+00</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 6 2.7340000960975885e-03</internalNodes>
<leafValues>
-1.6911929845809937e+00 4.4009700417518616e-01</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 7 -1.8859000876545906e-02</internalNodes>
<leafValues>
-1.4769539833068848e+00 4.4350099563598633e-01</leafValues></_>
<_>
<internalNodes>
0 -1 8 5.9739998541772366e-03</internalNodes>
<leafValues>
-8.5909199714660645e-01 8.5255599021911621e-
01</leafValues></_></weakClassifiers></_>
<_>
<maxWeakCount>16</maxWeakCount>
<stageThreshold>-4.9842400550842285e+00</stageThreshold>
<weakClassifiers>
<_>
<internalNodes>
0 -1 9 -2.1110000088810921e-02</internalNodes>
<leafValues>
1.2435649633407593e+00 -1.5713009834289551e+00</leafValues></_>
<_>
<i

```

## Anexo 8 Fragmento de script de metodología de reconocimiento facial

### Haardcascade FrontalFaces

```

<?xml version="1.0"?>
<opencv_storage>
<opencv_lbphfaces>

```

```
<threshold>1.7976931348623157e+308</threshold>
<radius>1</radius>
<neighbors>8</neighbors>
<grid_x>8</grid_x>
<grid_y>8</grid_y>
<histograms>
  <_ type_id="opencv-matrix">
    <rows>1</rows>
    <cols>16384</cols>
    <dt>f</dt>
    <data>
      3.70370373e-02 1.54320989e-02 0. 0. 3.08641978e-03
      3.08641978e-03 3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 6.17283955e-03 0.
      3.08641978e-03 0. 2.16049384e-02 6.17283955e-03 0. 0. 0. 0.
      3.08641978e-03 0. 3.08641978e-03 3.08641978e-03 0. 0.
      1.23456791e-02 3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 0. 3.08641978e-03
      0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 3.08641978e-03 0. 0. 0. 0.
      0. 0. 0. 0. 0. 1.29629627e-01 3.08641978e-03 3.08641978e-03
      0. 1.23456791e-02 3.08641978e-03 0. 0. 3.08641978e-03 0. 0. 0.
      0. 0. 0. 0. 0. 0. 9.25925933e-03 3.08641978e-03
      3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 3.08641978e-03 0. 0. 0.
      6.17283955e-03 0. 3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 3.08641978e-03
      3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 2.77777780e-02
      3.08641978e-03 0. 0. 9.25925933e-03 0. 0. 0. 9.25925933e-03 0.
      0. 0. 4.93827164e-02 3.08641978e-03 9.25925933e-03
```