



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD INGENIERÍA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Plataforma para la integración de asistentes de voz en dispositivos de  
intercomunicación para viviendas inteligentes.**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones**

**Autor:**

**Puga Abad, Josselyn Elizabeth**

**Tutor:**

**PhD. Santillán Haro Daniel Antonio**

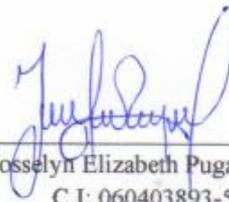
**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **JOSELYN ELIZABETH PUGA ABAD**, con cédula de ciudadanía **060403893-5**, autora del trabajo de investigación titulado: **“PLATAFORMA PARA LA INTEGRACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ EN DISPOSITIVOS DE INTERCOMUNICACIÓN PARA VIVIENDAS INTELIGENTES”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autora de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 24 de enero de 2025.



Josselyn Elizabeth Puga Abad  
C.I: 060403893-5

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación **PLATAFORMA PARA LA INTEGRACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ EN DISPOSITIVOS DE INTERCOMUNICACIÓN PARA VIVIENDAS INTELIGENTES**, presentado por **JOSSELYN ELIZABETH PUGA ABAD**, con cédula de identidad número **060403893-5**, emitimos el **DICTAMEN FAVORABLE**, conducente a la **APROBACIÓN** de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de enero de 2025.

PhD. Marlon Danilo Basantes Valverde  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

Msc. Edgar Giovanni Cuzco Silva  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro.  
**TUTOR**



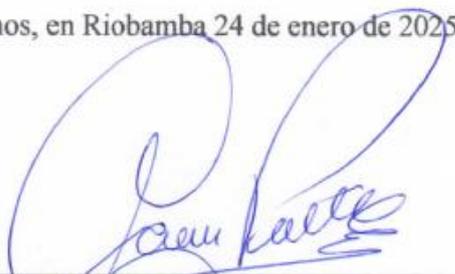
Firma

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **PLATAFORMA PARA LA INTEGRACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ EN DISPOSITIVOS DE INTERCOMUNICACIÓN PARA VIVIENDAS INTELIGENTES**, presentado por **Josselyn Elizabeth Puga Abad**, con cédula de identidad número **060403893-5**, bajo la tutoría de **PhD. Daniel Antonio Santillán Haro**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de enero de 2025.

Presidente del Tribunal de Grado  
PhD. Carlos Ramiro Peñafiel Ojeda



Firma

Miembro del Tribunal de Grado  
PhD. Marlon Danilo Basantes Valverde



Firma

Miembro del Tribunal de Grado  
Msc. Edgar Giovanni Cuzco Silva



Firma



# CERTIFICACIÓN

Que, **PUGA ABAD JOSSELYN ELIZABETH** con CC: **060403893-5**, estudiante de la Carrera **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **PLATAFORMA PARA LA INTEGRACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ EN DISPOSITIVOS DE INTERCOMUNICACIÓN PARA VIVIENDAS INTELIGENTES**", cumple con el 5 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de enero de 2025



Firmado electrónicamente por:  
DANIEL ANTONIO  
SANTILLAN HARO

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro  
**TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a mi madre Carmita Abad, por todo su sacrificio y esfuerzo que me brindo para que yo pueda culminar con mi carrera universitaria. Tu confianza y aliento hacia mí ha sido el motor para cada logro.

A mis hermanos Edy y David, por ser mis compañeros y cómplices a lo largo de este camino. Siendo mi apoyo incondicional, este logro no solo es mio es también de ustedes.

A mi otra madre Norma Calvache, por nunca dejarme sola y siempre tener palabras de aliento para motivarme día a día.

A mi tío Matías Abad, que me cuida desde el cielo, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, tú me enseñaste que no debo rendirme y siempre cumplir mis metas.

*Josselyn Elizabeth Puga Abad*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Carmita Abad por todo su apoyo que día a día me a brindado para poder lograr el objetivo planteado.

A mis hermanos Edy y David, por su fe en mí y por ser mi fuente de inspiración, sus palabras de aliento, sus mensajes y su compañía.

A JE, por su apoyo y palabras de aliento en todo momento.

A David, Verito, Wilson, Cristian, Marcelino, Jennifer y Gabriela por su amistad de toda la vida, por acompañarme en los buenos y malos momentos y estar conmigo siempre.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones por su acogida y su excelente educación.

*Josselyn Elizabeth Puga Abad*

# ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	

CAPÍTULO I. ....	15
1. INTRODUCCION. ....	15
1.1 ANTECEDENTES .....	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	16
1.3 ALCANCE.....	17
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 Objetivo General .....	18
1.4.2 Objetivos Específicos .....	18
CAPÍTULO II. ....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 ESTADO DEL ARTE .....	19
2.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	21
2.3 AMAZON ALEXA.....	21
2.3.1 Medidas de seguridad .....	22
2.4 DISPOSITIVO Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	22
2.4.1 ECHO Dot cuarta generación .....	22
2.4.2 ECHO cuarta generación .....	24
2.4.3 ECHO Show 5 y 8 .....	24
2.4.4 ECHO Show 10.....	24
2.4.5 ECHO Auto .....	25
2.5 AWS LAMBDA.....	25
2.6 ASISTENTES PERSONALES INTELIGENTES Y SUS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	26
2.7 Historia de la Raspberry Pi.....	26

2.7.1	Raspberry Pi 1 .....	27
2.7.2	Raspberry Pi 2 .....	27
2.7.3	Raspberry Pi 3 .....	27
2.7.4	Raspberry Pi 4 .....	28
2.8	SISTEMAS CONTROL DE ACCESO .....	28
2.8.1	Tipos de control de acceso .....	29
2.8.2	Problemas de control de acceso .....	30
2.9	PLATAFORMA DE DESARROLLO DE ALEXA .....	31
2.9.1	DynamoDB.....	32
2.9.2	Amazon Alexa App .....	33
CAPÍTULO III.....		34
3.	METODOLOGÍA.....	34
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.2.1	Implementación del usuario administrador .....	40
3.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.3.1	Investigación experimental .....	40
3.3.2	Investigación descriptiva .....	41
3.4	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	41
3.4.1	Fuentes de información.....	41
3.4.2	Instrumento de recolección de datos .....	41
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
3.5.1	Población.....	41
3.5.2	Muestra.....	42
3.6	OPERACIÓN DE VARIABLES.....	42
3.6.1	variable independiente .....	42
3.6.2	variable dependiente .....	42
3.7	HIPÓTESIS.....	42
3.7.1	Hipótesis Nula ( $H_0$ ) .....	42
3.7.2	Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ) .....	42
3.8	PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS.....	42
CAPÍTULO IV.....		44
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1	Resultados .....	44
4.1.1	Arquitectura del prototipo de reconocimiento de voz con Alexa .....	44
4.1.2	Análisis de la variable número de aciertos con respecto de la variable distancia .....	44

4.1.3	Análisis de la variable número de aciertos con respecto a la variable periodo de tiempo	48
4.1.4	Decisión de la hipótesis planteada	49
4.2	Discusión	50
CAPÍTULO V		51
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1	CONCLUSIONES	51
5.2	RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		53
ANEXOS		58
Anexo 1: Diseño de la placa de trabajo para Raspberry		58
Anexo 2: Diseño de la aplicación móvil		59
Anexo 3: datos recolectados		61

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Problemas de los sistemas de control de acceso .....	30
Tabla 2 Variable independiente .....	42
Tabla 3 Variable dependiente .....	42
Tabla 4 Número de aciertos en la variable distancia en la mañana .....	44
Tabla 5 Estadísticos de prueba chi-cuadrado .....	45
Tabla 6 Número de aciertos en la variable distancia en la tarde .....	45
Tabla 7 Estadísticos de prueba chi-cuadrado .....	46
Tabla 8 Número de aciertos en la variable distancia en la noche.....	47
Tabla 9 Estadísticos de prueba chi-cuadrado .....	47
Tabla 10 Número de aciertos en la variable periodo de tiempo.....	48
Tabla 11 Estadísticos de prueba chi-cuadrado .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Uso de asistentes de voz según informe de Microsoft [9].....	19
Figura 2 Uso de altavoces inteligentes según informe de Microsoft .....	20
Figura 3 Dispositivo Echo Dot [20].....	23
Figura 4 ECHO cuarta generación .....	24
Figura 5 ECHO show 5 y 8 .....	24
Figura 6 ECHO show 10.....	25
Figura 7 Echo Auto.....	25
Figura 8 Raspberry Pi.....	27
Figura 9 Raspberry Pi 4 Modelo b .....	28
Figura 10 Ejemplo de sistema de control .....	29
Figura 11 Control de acceso autónomo [37].....	30
Figura 12 Sistema de control de acceso de red [39].....	30
Figura 13 Alexa Developer Console.....	31
Figura 14 interfaz para programación de Skill .....	32
Figura 15 Diagrama de desarrollo del proyecto .....	34
Figura 16 kit de desarrollo de habilidades .....	35
Figura 17 Opciones de Alexa para el skill.....	36
Figura 18 Herramientas de node.js.....	36
Figura 19 Intents.....	37
Figura 20 Frases de PuertaIntent.....	37
Figura 21 Prototipo de casa terminado.....	39
Figura 22 Tabla voces .....	39
Figura 23 Función clave .....	40
Figura 24 Base de datos en Software IBM SPSS statistics .....	43
Figura 25 Arquitectura del sistema de reconocimiento de voz con Alexa .....	44
Figura 26 Diagrama de barras del número de aciertos obtenidos en la variable distancia por la mañana.....	45
Figura 27 Diagrama de barras del número de aciertos obtenidos en la variable distancia por la tarde.....	46
Figura 28 Diagrama de barras del número de aciertos obtenidos en la variable distancia por la noche .....	47
Figura 29 Pines de la placa Raspberry .....	58
Figura 30 Programación en Python .....	58
Figura 31 Pantalla principal Aplicación móvil.....	59
Figura 32 Vista ventana para abrir puertas .....	59
Figura 33 Ventana de encendido de luces .....	60
Figura 34 Configuración del componente WifiClient .....	60
Figura 35 datos recolectados de las pruebas realizadas .....	61

## RESUMEN

La seguridad en el hogar es una preocupación constante, ya que los métodos tradicionales de acceso, como cerraduras y llaves, presentan vulnerabilidades frente a robos y manipulaciones. Este proyecto aborda esta problemática mediante el desarrollo de un prototipo de sistema de acceso basado en reconocimiento de voz, utilizando el asistente virtual Alexa como herramienta principal para garantizar la seguridad de las viviendas.

El diseño del prototipo se enfocó en asegurar la precisión y la robustez del sistema, características esenciales en las tecnologías de reconocimiento de voz. Alexa fue seleccionada debido a su amplia disponibilidad en el mercado, así como por su capacidad de integración con dispositivos y servicios domésticos. Sus avanzadas capacidades de inteligencia artificial y aprendizaje automático destacan como elementos clave para optimizar la seguridad y la usabilidad del sistema, consolidándola como una opción ideal para este propósito.

Los resultados obtenidos en este trabajo representan un avance importante en el campo de la seguridad doméstica mediante el uso de tecnologías emergentes como el reconocimiento de voz y los asistentes virtuales. Este enfoque se proyecta como una contribución significativa al desarrollo de sistemas de seguridad más innovadores y accesibles, fortaleciendo la protección del hogar y mejorando la tranquilidad de sus habitantes en un contexto digitalizado y conectado.

**Palabras claves:** Reconocimiento de voz, Asistente virtual Alexa, Control de acceso, Raspberry Pi.

## ABSTRACT

Home security is a continual source of concern, as traditional access methods like locks and keys are prone to theft and tampering. This research addresses this issue by constructing a prototype access control system that uses voice recognition, utilizing Alexa virtual assistant as the primary tool to enhance home security.

The prototype was designed with a strong emphasis on ensuring the accuracy and robustness of the system, which are essential features in voice recognition technologies. Alexa was selected due to its widespread availability and seamless integration capabilities with various devices and home services. Its advanced artificial intelligence and machine learning infrastructure play a pivotal role in enhancing both the security and usability of the system, establishing it as an ideal solution for this application.

The outcomes of this research represent a significant advancement in the field of home security, leveraging emerging technologies such as voice recognition and virtual assistants. This approach is expected to contribute to the development of more innovative and accessible security systems, reinforcing home protection and enhancing the peace of mind of residents in an increasingly digital and connected environment.

**Keywords:** Artificial intelligence, Voice recognition, Alexa virtual assistant, Access control, Raspberry Pi.

Reviewed by:



El revisor autorizó la publicación por:  
**MISHELL GABRIELA  
SALAO ESPINOZA**

**Mg. Mishell Salao Espinoza**  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0650151566

# CAPÍTULO I.

## 1. INTRODUCCION.

En este apartado se examinan los precursores que instigaron la creación de este proyecto de titulación, se detalla la problemática junto con su correspondiente justificación, basada en la necesidad imperante de abordar el desafío en cuestión. Además, se enuncian el objetivo principal y los objetivos específicos que orientan la ejecución de este proyecto.

### 1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años, el reconocimiento de voz a logrado grandes avances y la comprensión del lenguaje natural se realiza cada vez más a través de las computadoras. La síntesis de texto a voz ha progresado de forma eficaz, lo que permite producir voces artificiales que suenan cada vez más parecidas a la voz humana.

La integración de las tecnologías de la información con los sistemas de control ha experimentado un avance notable, impulsando innovaciones significativas en el ámbito de la domótica. En particular, la incorporación de asistentes de voz como Alexa en los sistemas de intercomunicación constituye un desarrollo clave para la gestión de viviendas inteligentes. Estos sistemas integran disciplinas como la ingeniería eléctrica, la informática y las telecomunicaciones, con el fin de optimizar la seguridad, la eficiencia energética y la comodidad en el entorno doméstico.

Además, los nuevos ordenadores son cada vez más potentes y asequibles para el público en general. La computadora Raspberry Pi, utilizada en proyectos de alta complejidad en todo el mundo, se destaca por su capacidad de llevar a cabo proyectos de alto nivel y sobresale por su precio y su versatilidad al momento de utilizarla.

En [1] se presentó un sistema de reconocimiento facial que controla todos los puntos cerrados de acceso del hogar solo de los usuarios autorizados y protege las pertenencias de los usuarios del hogar.

El prototipo presentado es capaz de abrir la cerradura de una puerta de acceso de una vivienda con la voz de los usuarios que son previamente registrados en la aplicación de Amazon Alexa, en la cuenta que se inició sesión en el Echo Don, se programó la Skill que se utilizara para proceder a abrir la cerradura de la vivienda, posteriormente se registró la voz de un usuario administrador en una base de datos de AWS mediante MQTT AWS IoT Core, para finalmente poder dar la orden de apertura de la cerradura y poder añadir a más usuarios a la aplicación creada.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente, muchas personas están cada vez más preocupadas por la seguridad de sus hogares. Los sistemas de seguridad tradicionales, como alarmas y cerraduras, son vulnerables a diversos tipos de ataques. Por ello, es crucial investigar e implementar nuevas tecnologías que fortalezcan la protección del acceso a las viviendas. [2].

Debido a la inseguridad que se vive en el país, existen diversos delitos que se cometen en contra de la integridad de las personas y sus objetos personales, los robos más efectuados son a las viviendas que generalmente tienen seguridad basada en métodos tradicionales [3], que representa una necesidad que tiene que ser cubierta para mejorar el estilo de vida de las personas; sin embargo, esto presenta algunos problemas en ciertos casos al adquirir los equipos estos suelen tener precios elevados, además que manejarlos resulta un problema aún más grave debido a que son equipos muy complejos y no todos lo pueden manejar [4].

Por lo que crear un sistema de seguridad de acceso a una vivienda más confiable y eficiente que los métodos convencionales es el tema de esta tesis. Se recomienda específicamente el uso del reconocimiento de voz del asistente virtual Alexa para proteger el acceso a la vivienda [5]. Esta investigación es importante debido a la creciente necesidad de mejorar la seguridad de acceso a las viviendas, ante los diversos riesgos y amenazas que enfrentan los propietarios. El uso del reconocimiento de voz del asistente virtual Alexa ofrece una solución innovadora y efectiva, al combinar la comodidad de la tecnología de asistentes virtuales con la seguridad del reconocimiento de voz [6].

Al explorar nuevas aplicaciones de la tecnología de reconocimiento de voz y su integración con asistentes virtuales [7], el desarrollo de este prototipo también puede contribuir al avance de la investigación en el campo de la seguridad doméstica. Los resultados de este estudio pueden ser útiles para investigadores, desarrolladores y proveedores de soluciones de seguridad para el hogar.

### **1.3 ALCANCE**

Este trabajo de titulación aborda las tecnologías y aplicaciones de domótica actuales relacionadas con la seguridad y la inteligencia en el hogar, las cuales permiten la automatización de electrodomésticos y dispositivos tecnológicos.

La implementación del proyecto posibilita la interacción con asistentes virtuales a través de una red WiFi, utilizando un Amazon Alexa (ECHO) de cuarta generación. Este dispositivo permitirá establecer protocolos de comunicación con los residentes mediante la aplicación móvil "Amazon Alexa" o mediante comandos de voz "AVS" (Alexa Voice Service) mientras se encuentren en el hogar [8].

El prototipo se realizará con respecto a una casa urbana no tan céntrica de la ciudad de Riobamba, para poder realizar las pruebas y verificaciones de seguridad. Verificar su funcionamiento y experiencia con el usuario para constatar su buen funcionamiento.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Desarrollar un prototipo que integre el sistema de reconocimiento de voz del asistente de voz Alexa como una medida de seguridad para el acceso de una vivienda ubicada en la ciudad de Riobamba.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Investigar y seleccionar las tecnologías innovadoras y económicas para integrar con el sistema Alexa.
- Identificar la programación necesaria para que Alexa interactúe eficazmente con el sistema de reconocimiento de voz, facilitando un proceso de autenticación seguro.
- Diseñar un prototipo funcional que simule los escenarios de uso reales, permitiendo la validación de la tecnología en un entorno controlado antes de su implementación final.
- Evaluar la efectividad del prototipo de seguridad en condiciones reales de uso, con enfoque en la confiabilidad y la experiencia del usuario.

## CAPÍTULO II.

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 ESTADO DEL ARTE

Los avances continuos en inteligencia artificial (IA) y en Internet de las Cosas (IoT) han impulsado el desarrollo de tecnologías emergentes, como los asistentes virtuales basados en procesamiento de lenguaje natural (PLN). Estos sistemas son capaces de interpretar y analizar el lenguaje humano a través de algoritmos de reconocimiento de voz y modelos de aprendizaje automático, generando respuestas automatizadas en función de los comandos vocales recibidos. Esto habilita la interacción hombre-máquina mediante comandos de voz, facilitando la automatización de procesos y la integración con otros dispositivos IoT interconectados a través de redes en la nube.

Se podría decir que los asistentes inteligentes están evolucionando para convertirse en asistentes digitales personales, ya que desempeñan un papel cada vez más activo en la vida de las personas. Siri, el asistente personal de Apple, es uno de los asistentes de voz más reconocidos a nivel mundial y encabeza la lista junto a Google Asistan, según un informe de Microsoft en 2019 [9] sobre el uso de asistentes de voz. Este informe también muestra el crecimiento en el uso de los asistentes de voz en los últimos años.

Según la Figura 1, 72% de los encuestados afirmo haber realizado búsquedas por voz utilizando un asistente virtual. Además, más de la mitad ha utilizado un altavoz inteligente, que es un altavoz con asistente virtual incorporado y con capacidad para interpretar comandos de voz, no solo para realizar búsquedas, sino también para realizar acciones.

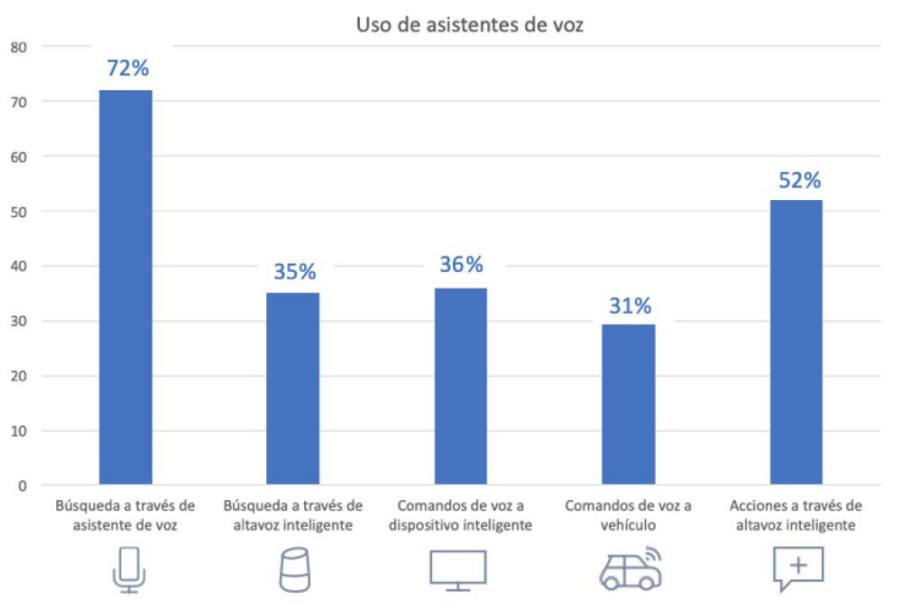


Figura 1 Uso de asistentes de voz según informe de Microsoft [9]

La creciente demanda de asistentes de voz ha generado un aumento en el uso de altavoces inteligentes. Informes de Strategy Analytics, revelan que las ventas globales de altavoces

inteligentes han aumentado significativamente en el último año, alcanzando casi 35 millones de unidades, lo que representa un incremento del 55% en comparación con el año anterior. En la actualidad, los altavoces más populares son Amazon Echo y Google Home, que cuentan con los asistentes virtuales de Alexa y Google Assistant respectivamente. Ambos han recibido numerosas valoraciones y ninguno destaca claramente sobre el otro. Sin embargo, Amazon lidera actualmente este sector gracias al impulso de ventas de sus altavoces Echo durante el último trimestre de 2019.

Así que, a pesar de que Siri y Google son populares como asistentes de voz en los teléfonos móviles, es Alexa quien se destaca como el asistente de voz preferido en los altavoces inteligentes. Por esta razón y debido al amplio apoyo que ofrece a los desarrolladores de software, se ha elegido a Alexa como el asistente de voz para este proyecto de tesis.

Por otro lado, una encuesta realizada en 2017 por Statista [10], un sitio web de estadísticas en línea, reveló que la principal función de los altavoces inteligentes era escuchar música. Sin embargo, entre los usos más comunes ya se encontraba, según el 33% de las respuestas, el control de otros dispositivos inteligentes a través del altavoz. En la actualidad, existen muchos dispositivos conectados que se pueden controlar mediante un altavoz inteligente, como termostatos, luces, interruptores, sistemas de seguridad, electrodomésticos, entre otros.

El gráfico de la Figura 2, basado en los resultados de las encuestas realizadas por Microsoft en 2019, muestran un aumento significativo del uso de altavoces inteligentes para controlar los dispositivos del hogar.



Figura 2 Uso de altavoces inteligentes según informe de Microsoft

La idea propuesta en este proyecto de tesis es controlar la puerta de entrada, a través de Wi-Fi con un altavoz inteligente, por lo que se utiliza el Echo Dot [11], que cuenta con el asistente de Alexa y la plataforma de servicios en la nube de Amazon Web Service [12], adicionalmente se utilizara una base de datos para almacenar los datos de las personas que ingresan a la vivienda y así llevar un registro de las personas ingresaron y en qué momento [13].

## **2.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ**

El reconocimiento de voz o también conocido como reconocimiento del habla, es una tecnología que permite a las computadoras y otros dispositivos electrónicos convertir el habla humana en texto o comandos reconocibles. Este proceso se basa en algoritmos y modelos de aprendizaje automático que analizan y procesan señales de audio para identificar palabras habladas.

El reconocimiento de voz se ha convertido en una herramienta importante en una gran variedad de aplicaciones, como asistentes virtuales, sistemas de navegación en vehículos, sistemas automatizados de servicio al cliente y transcripción de voz a texto [14]. Su desarrollo y mejora ha sido posible gracias a los avances de la inteligencia artificial, procesamiento de señales de audio y computación en la nube.

Actualmente, los sistemas de reconocimiento de voz han evolucionado significativamente y se denominan “sistemas de voz continua”. Estos sistemas tienen un vocabulario más amplio y pueden reconocer múltiples usuarios que las versiones anteriores. Los sistemas de reconocimiento de voz actuales ofrecen altos niveles de precisión que continúa mejorando a medida que la tecnología avanza.

Por lo tanto, si bien el reconocimiento de voz del usuario no es una imitación importante para el funcionamiento eficaz de estos sistemas, la principal limitación de su uso radica en la integración de la funcionalidad de voz en las aplicaciones.

## **2.3 AMAZON ALEXA**

Alexa es una interfaz de usuario controlada por voz desarrollada por el equipo de investigación Alexa Science and Machine Learning de Amazon [15]. Este equipo se especializa en diversos campos de la tecnología aplicada al lenguaje humano, incluyendo:

- Reconocimiento automático de Voz (ASR)
- Inteligencia artificial (IA)
- Comprensión de lenguaje natural (NLU)
- Respuesta a preguntas
- Gestión de diálogos
- Texto-a-Voz (TTS)

Estas áreas se combinan para crear una experiencia intuitiva para el usuario y que sea altamente funcional, permitiendo al usuario interactuar con Alexa a través de comandos de voz para realizar una variedad de tareas y obtener información.

Los usuarios pueden interactuar con Alexa utilizando comandos de voz para realizar un sin número de acciones, como reproducir música, establecer alarmas, obtener actualizaciones del clima, hacer compras en línea, controlar dispositivos inteligentes del hogar y poder acceder a información en tiempo real, entre otras diversas cosas [16]. Además, Alexa puede ser personalizada mediante la instalación de habilidades, que son aplicaciones específicas que añaden funcionalidades adicionales al asistente virtual.

Alexa utiliza su nombre de invocación para identificar las solicitudes, siendo “Alexa” su nombre de invocación más utilizado. Los usuarios deben incluir este nombre de forma obligatoria para poder realizar una solicitud. Por ejemplo, para ordenar una pizza se puede utilizar la frase de activación “Alexa, pizza lista” que consta de máximo tres palabras.

Agregando palabras para tener un comando completo sería: “Alexa, ordena una pizza grande de pepperoni desde pizza lista”. Al utilizar este comando, Alexa buscará la tarea específica y la ejecutará en función de las instrucciones proporcionadas [17].

### **2.3.1 Medidas de seguridad**

Para configurar este asistente, los usuarios deben tener una cuenta en Amazon. Esta cuenta requiere un nombre de usuario y una contraseña que el usuario debe definir con anterioridad. Con respecto a las peticiones realizadas a este asistente, tiene un proceso de detección de palabras claves. Esto significa que una palabra clave, como “Alexa”, deberá estar seguida de una petición. Esta palabra clave activa el asistente virtual y realiza el procesamiento de la petición. Además, este asistente virtual utiliza medidas de seguridad en el reconocimiento de voz para poder procesar peticiones y un mecanismo de seguridad dado por un PIN [4].

## **2.4 DISPOSITIVO Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

### **2.4.1 ECHO Dot cuarta generación**

El Echo Dot de Amazon es un altavoz inteligente que es controlado por voz que utiliza Alexa Voice Service como su asistente de voz. Permite reproducir música, configurar alarmas, consultar el tiempo y mucho más gracias a las skill de Alexa, similares a las aplicaciones móviles. Hay muchos skill creados por otros y disponibles en la sección de skill de Alexa, y también se puede crear y publicar funcionalidades propias [18].

Como puede observarse en la Figura 1, el dispositivo Echo Dot mide 43 x 99 x 99 milímetros y pesa aproximadamente 300 gramos. Incluye un conector de alimentación, una salida de audio de 3,5 mm para utilizarlo como altavoz externo, un anillo luminoso y cuatro botones: dos para controlar el volumen, uno denominado “Botón de acción” y otro para silenciar los micrófonos. El anillo luminoso cambia de color según el estado del dispositivo:

- Azul con luces cian giratorias: indica que el dispositivo se está poniendo en marcha.
- Azul con puntas cian: indica que Alexa está procesando la petición del usuario.
- Alternando azul y cian; el dispositivo está respondiendo.
- Púrpura intermitente: significa que se ha producido un error durante la configuración Wi-Fi.
- Luz púrpura intermitente al intentar interactuar con el dispositivo: significa que el modo no molestar está activado.
- Rojo: indica que los micrófonos del dispositivo están apagados.
- Naranja giratorio en sentido de las guajas del reloj: indica que el dispositivo se está conectando a la red Wi-Fi.
- Amarillo intermitente: indica que Alexa tiene un mensaje o una notificación.
- Verde intermitente: indica que se está recibiendo una llamada o que alguien está entrando en el dispositivo mediante “Drop In”, que es una función para llamadas instantáneas a través de los altavoces inteligentes de Amazon.
- Verde giratorio en sentido contrario a las agujas del reloj: indica que hay una llamada activa o “Drop In” activo.
- Blanco: se activa al ajustar el volumen.
- Blanco girando continuamente: indica que “Alexa Guard” está en modo ausente.

Si se encuentra apagado, significa que Alexa está en modo de espera. Además, el dispositivo Echo Dot cuenta con conectividad Wi-fi de doble banda compatibles con redes 802.11 a/b/g/n (2,4 y 5 GHz) y conectividad Bluetooth [19].



### Echo Dot

*Figura 3 Dispositivo Echo Dot [20]*

Se elegio este dispositivo principalmente porque es más económico en comparación a otros dispositivos Echo de Amazon, pero todos integran a Alexa como asistente de voz, por lo tanto, cualquiera de ellos es válido para cumplir los objetivos de este proyecto.

Para la configuración del dispositivo Echo Dot, simplemente se conecta a una fuente de energía para luego conectarse a internet con la aplicación. A partir de este momento, es posible escuchar música, saber de información meteorológica, noticias, etc. Para utilizar funciones adicionales, simplemente se agregan desde Alexa Skills y se activan con el comando de voz correspondiente.

### 2.4.2 ECHO cuarta generación

El nuevo modelo ECHO, con un diseño esférico mostrado en la figura 4, mejora sus capacidades de conexión a la red y rendimiento acústico, colocándose como una opción destacada en relación calidad-precio dentro de la línea de productos de Amazon. Aunque es más voluminoso que el modelo Dot, tiene una gama más limitada de accesorios [21].



Figura 4 ECHO cuarta generación

### 2.4.3 ECHO Show 5 y 8

Su interfaz gráfica y pantalla con altavoces lo convierten en un dispositivo versátil. Con un precio medio, está alineado con sus características y especificaciones. Como se muestra en la figura 5, tiene un diseño más compacto que el modelo 8, ya que incluye una pantalla de 5,5" frente a la de 8" del otro modelo, y viene con accesorios para facilitar su instalación [22].



Figura 5 ECHO show 5 y 8

### 2.4.4 ECHO Show 10

Pertenece al último lanzamiento de Amazon y tiene la particularidad de que incluye un soporte giratorio el cual su principal propósito es seguir al usuario y que mientras el usuario se encuentre en su rango de alcance este se encuentre direccionado hacia él, debido a esta característica es necesario proteger la pantalla [23].



Figura 6 ECHO show 10

### 2.4.5 ECHO Auto

Es un dispositivo que debe ser seleccionado en función del modelo de vehículo ya que no es compatible con todos debido a que necesita de conexión Bluetooth, este dispositivo se convierte en copiloto del usuario, puede ser vinculado a través de la aplicación de Alexa [24] para usar sus funcionalidades, el dispositivo se visualiza en la figura 7.



Figura 7 Echo Auto

## 2.5 AWS LAMBDA

AWS lambda es una herramienta que permite ejecutar un código sin tener que preocuparse por la gestión de servidores, se paga solo por el tiempo de cómputo que se consume. Con Lambda, es posible ejecutar código para una infinidad de aplicaciones o servicios de backend sin lidiar con tareas administrativas. Basta con solo cargar el código y Lambda se encarga de todo, desde la ejecución del código hasta la escalabilidad de forma productiva y con buena disponibilidad. Se puede configurar el código para que se active automáticamente desde otros dispositivos de AWS o llamarlo desde aplicaciones web o móviles [25].

En resumen, las ventajas claves son [26]:

- No hay necesidad de administrar servidores: Lambda ejecuta automáticamente el código que se carga sin requerir provisión o gestión de servidores.
- Lambda escala automáticamente la aplicación ejecutando código en respuesta a cada desencadenador, gestionando la carga de trabajo de manera eficiente.

- Los cargos se basan en la cantidad de tiempo de ejecución del código y en la frecuencia de activación del mismo, lo que significa que solo se paga por el tiempo de cómputo utilizado.
- Se puede optimizar el tiempo de ejecución del código ajustando la memoria asignada a la función y habilitando la simultaneidad provisionada para una respuesta ultrarrápida.
- Al combinar Lambda con otros servicios de AWS, es posible construir aplicaciones altamente escalables y de alta disponibilidad sin preocuparse por tareas administrativas como escalabilidad, copias de seguridad o redundancia entre centros de datos.
- Lambda permite construir backends sin servidores para gestionar diversos tipos de solicitudes, desde web hasta IoT y API de terceros.
- Facilita la creación de experiencias de aplicaciones personalizadas al integrar Lambda con Amazon API y conectar fácilmente con frontends de diversas plataformas [27].

## **2.6 ASISTENTES PERSONALES INTELIGENTES Y SUS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE**

Un agente inteligente es un software que asiste a las personas y realiza tareas específicas en su nombre. Los agentes inteligentes funcionan permitiendo a los usuarios facilitar su trabajo poniendo a cargo al propio agente inteligente. Estos agentes pueden automatizar tareas repetitivas recordar cosas, buscar y filtrar información, e incluso hacer recomendaciones [28]. Algunas características de los agentes inteligentes son las siguientes:

- Autónomo: un agente tiene control sobre sus propias acciones. Cuando se delega una tarea en el agente, éste tiene independencia para trabajar en la tarea solicitada.
- Orientado a objetos: los agentes tienen un propósito y actúan en consecuencia.
- Reactivo: un agente observa cambios en su entorno y actúa rápidamente a los cambios ejecutados.
- Adaptable: los agentes pueden aprender a cambiar su comportamiento basándose en diferentes experiencias anteriores [28].

Como ya se dijo, un agente inteligente puede ser útil para una persona ya que ayuda a realizar determinadas tareas, como funcionar como un asistente personal inteligente en el que se delegan diversas actividades o peticiones [29].

## **2.7 Historia de la Raspberry Pi**

El Raspberry Pi es una serie de computadoras de placa única (SBC, por sus siglas en inglés) desarrollada por la Fundación Raspberry Pi, una organización sin fines de lucro con sede en el Reino Unido. La historia del Raspberry Pi se remonta a la primera mitad de la década de 2010, y ha sido una contribución significativa al campo de la informática de bajo costo y la educación tecnológica [30].

Inicialmente, Raspberry Pi se lanzó con dos modelos, conocidos como el Modelo A y el Modelo B. Poco tiempo después de su lanzamiento, se formó una comunidad activa compuesta por miles de entusiastas tecnológicos. Estos entusiastas adquirieron una Raspberry Pi con la intención de llevar a cabo experimentos y proyectos variados [31].



*Figura 8 Raspberry Pi*

### **2.7.1 Raspberry Pi 1**

La Raspberry Pi 1, también conocida como Raspberry Pi Model B, fue el primer modelo de la serie de computadoras de placa única Raspberry Pi. Fue lanzada en febrero de 2012 y marcó el inicio de esta exitosa línea de dispositivos. La Raspberry Pi 1 se destacó por su bajo costo y su enfoque en la educación y la promoción de la informática. A pesar de sus modestas especificaciones, se convirtió en un éxito instantáneo y atrajo a una comunidad activa de entusiastas y desarrolladores que crearon una amplia variedad de proyectos y aplicaciones para este dispositivo [32].

### **2.7.2 Raspberry Pi 2**

En 2014, se lanzó la segunda iteración de la Raspberry Pi. Aunque se denominó inicialmente Raspberry Pi 1 Modelo B+, presentaba mejoras significativas, como la adición de 4 puertos USB y una tarjeta MicroSD. Aunque conservaba la misma GPU que su predecesora, su procesador fue actualizado al BCM2836, un chip de 4 núcleos con una velocidad de funcionamiento de 900 MHz, lo que mejoró notablemente su rendimiento. Además, la capacidad de RAM se duplicó, pasando de 1 GB a 2 GB [33].

### **2.7.3 Raspberry Pi 3**

En esa época, la principal limitación de este microordenador residía en su conectividad inalámbrica. Sin embargo, con la llegada de la Raspberry Pi 3 en 2016, esta limitación se superó. Esta nueva iteración del microordenador mantiene la memoria RAM de 1 GB, pero introduce una revisión del procesador: el BCM2837 ARMv8, que, aunque conserva los 4 núcleos, aumenta su velocidad de funcionamiento a 1,2 GHz. Este modelo marca el debut de las instrucciones de 64 bits en la serie. La novedad más destacada es la incorporación nativa de Wi-Fi y Bluetooth 4.1, eliminando la necesidad de adaptadores externos, lo que amplía significativamente sus posibilidades de uso.

#### 2.7.4 Raspberry Pi 4

Es una placa equipada con un potente procesador ARM Broadcom BCM2711 de 64 bits, que funciona a una velocidad impresionante de 1,5 GHz. Además, cuenta con una memoria RAM de 8 GB a 2400 MHz, lo que ofrece un rendimiento sólido. En términos de conectividad, incluye Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11ac dual a 2,4 y 5 GHz, así como conexión Gigabit Ethernet para una excelente conectividad a la red. Dispone de una variedad de puertos, incluyendo 2 USB 2.0 y 2 USB 3.0, junto con un cabezal GPIO de 40 pines para una conectividad versátil.



*Figura 9 Raspberry Pi 4 Modelo b*

También ofrece 2 puertos micro HDMI y un puerto USB-C para carga. Además, cuenta con puertos especializados como el MIPI CSI de 2 carriles para cámara, el MIPI DSI de 2 carriles para visualización, gráficos OpenGL ES 3.0 y una ranura microSD para el sistema operativo y almacenamiento de datos [33].

### 2.8 SISTEMAS CONTROL DE ACCESO

El sistema de control de acceso tiene la capacidad de autorizar el acceso de una o más personas a un área específica utilizando diversas formas de identificación. Además, sirve como sistema de seguridad ya que nos permite saber quién hizo que, donde y nos permite controlar quien pueda hacer algo y el momento en el que lo hará [34].

Para el funcionamiento de un sistema de control, se necesitan varias tecnologías integradas como tarjetas inteligentes con chip, sensores, biometría, métodos de autenticación o incluso puertas automáticas como se puede observar en la Figura 10. Todos estos elementos están controlados por software que se ejecuta en una computadora o placa de desarrollo.

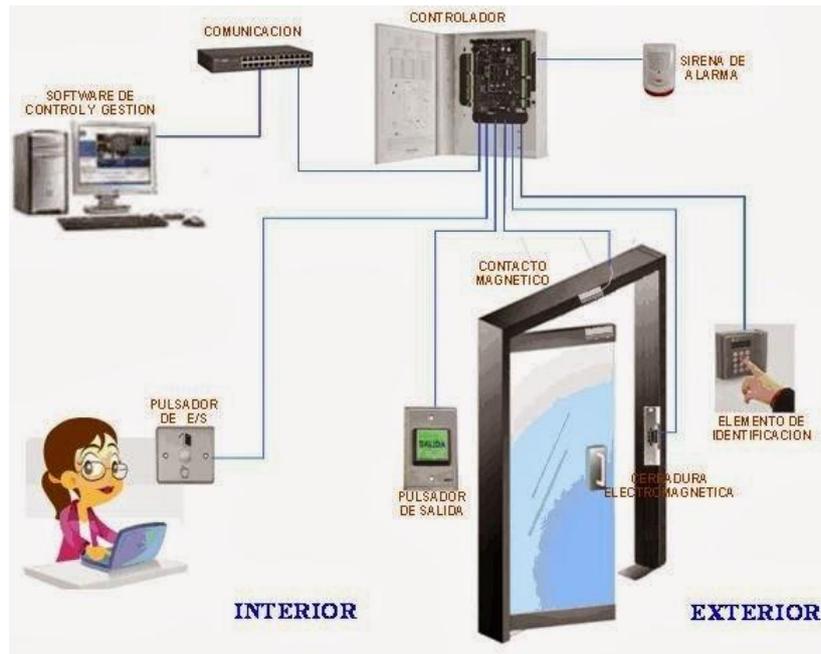


Figura 10 Ejemplo de sistema de control

Fuente: [35]

Un sistema de control de acceso tiene como objetivo:

- Controlar quien tiene acceso a departamentos o partes específicas de una propiedad.
- Controlar el acceso a base de datos, sistemas y otros servicios de información.
- Impedir el acceso no autorizado de activos físicos y datos de la empresa por parte de terceros.
- Detectar accesos que no sean de confianza y establecer medidas de seguridad para detenerlos.
- Realizar un seguimiento y revisar acciones importantes realizadas por los usuarios del sistema.
- Facilitar la gestión de los empleados y la organización de la propiedad.

Un sistema de control de acceso funciona en tres pasos: identificación, autenticación y autorización.

- **Identificación:** Es el proceso mediante el cual se reconoce el usuario, existen varios medios de identificación entre ellos tenemos: huellas dactilares, cédulas de identidad. Reconocimiento de voz, entre otros.
- **Autenticación:** es el proceso de que se encarga de verificar si el usuario se encuentra o no registrado en la base de datos y si tiene permiso de acceso.
- **Autorización:** es el último paso que permite a un usuario estar autorizado a ingresar a una ubicación o revisar cierta información, siempre que el usuario haya realizado la autenticación e identificación correctamente.

### 2.8.1 Tipos de control de acceso

Los controles de acceso se pueden clasificar de diferentes maneras, esto depende del lugar que va a controlar o el método de la recopilación de información para permitir el acceso, entre los cuales tenemos:

### 2.8.1.1 Sistema de control de acceso autónomo

Un sistema de control autónomo o independiente es cuando no se requiere ningún tipo de dispositivo que permita el control de uno o más de dichos sistemas y no limite el acceso por programación u otros métodos. Un ejemplo muy común son las cerraduras electrónicas como se puede observar en la Figura 11, las cuales son muy sencillas ya que identifican únicamente a la persona y permiten la entrada o salida de un lugar [36].



Figura 11 Control de acceso autónomo [37]

### 2.8.1.2 Sistema de control de acceso de red

Un sistema de control de acceso de red es aquel que está conectado a una red inalámbrica a través de un dispositivo o control remoto como se puede observar en la figura 12, que utiliza un software de control que registra todas las operaciones que se realizan en el sistema con fecha, día, autorización etc. Un ejemplo muy conocido son los sistemas biométricos [38].



Figura 12 Sistema de control de acceso de red [39]

## 2.8.2 Problemas de control de acceso

Es un proceso que controla lo que se hace desde gestionar el acceso a las computadoras hasta determinar quién tiene acceso a un recurso. Muchas vulnerabilidades de seguridad se generan mediante el uso de controles de acceso. Casi todos los controles de acceso y prácticas de seguridad se pueden omitir si el atacante tiene acceso físico a los objetivos. Por ejemplo, ya sea que se haya definido o no en un archivo, el sistema operativo no puede omitir y leer datos directamente desde el disco [35].

Para proteger el equipo y los datos que contiene se debe restringir el acceso y utilizar técnicas de encriptación para proteger los datos contra robo o daño [40], para ello se hace un resumen de problemas que existen en los sistemas de control como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1 Problemas de los sistemas de control de acceso

Método	Problema
Candado	Perdida de la llave Deterioro del candado Manipulación del candado Falsificación de la llave
Dispositivos autónomos por teclado	Fallos en la fuente de alimentación Olvidar contraseña Fallo en la lectura del código
Dispositivos autónomos por tarjeta	Perdida de la tarjeta Clonación de la tarjeta Problemas en la lectura de la tarjeta
Dispositivos autónomos por huella dactilar	Perdida de huella Suciedad en las manos

## 2.9 PLATAFORMA DE DESARROLLO DE ALEXA

Amazon Alexa proporciona una serie de herramientas, soluciones de referencia, API y documentación conocidas como Alexa Skills Kit (ASK) que facilitan el desarrollo de nuevas habilidades. Por eso se eligió Alexa como asistente de voz para la plataforma propuesta en este trabajo.

El ASK contiene la plataforma de desarrollo de habilidades conocidas como Alexa Developer Console. Esta consola es donde se recopilan las habilidades desarrolladas o en proceso. Utilizando la consola del desarrollador de Alexa basada en la web, los usuarios pueden desarrollar, compilar y cargar código. La Figura 13 muestra una parte del entorno de desarrollo después de crear una habilidad la pestaña “Your Skills”, en la esquina superior izquierda, permite a los usuarios acceder a al menú de skills que han se han desarrollado [41].

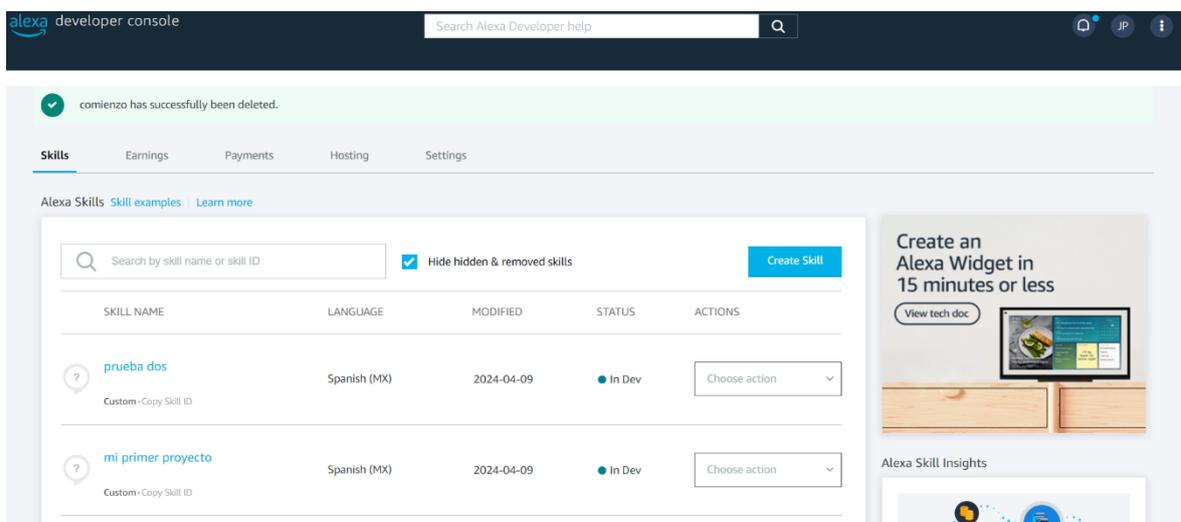


Figura 13 Alexa Developer Console

A continuación, se verá el nombre de la Skill que se está editando, seguido del resto de las siguientes pestañas:

- **Build:** en esta sección se crea el modelo de la interacción de la habilidad, también conocido como frontend.
- **Code:** en esta pestaña se edita el código de la skill, siempre que se trate de una skill alojada en Alexa-Hosted [42].
- **Test:** esta sección contiene el simulador que permite probar la skill desarrollada sin necesidad de un dispositivo Echo Dot.
- **Distribution:** esta es el área donde se introduce información que aparecerá en la tienda de skill de Alexa una vez que sea publicada la skill.
- **Certification:** en esta sección se realiza una validación a través de un conjunto de pruebas previas a la certificación de la skill. Estas pruebas proporcionan resultados inmediatos con fallos comunes y, una vez superadas, es posible enviar la skill para su revisión. Para hacer pública una habilidad, debe pasar por el proceso de revisión de la certificación.
- **Analytics:** esta sección recoge las métricas asociadas al uso de la skill.

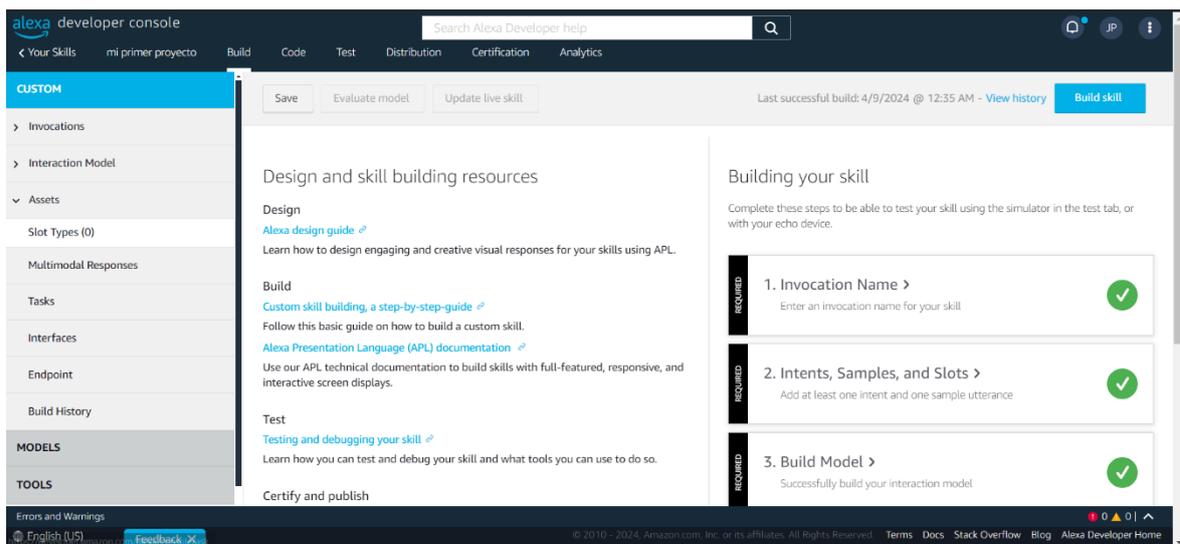


Figura 14 interfaz para programación de Skill

Los dispositivos Echo pueden programarse utilizando Node.js, Java, Python, C#, o Go. Sin embargo, Node.js es el lenguaje más utilizado. El paso inicial para desarrollar una nueva skill es determinar que se quiere hacer, ya que la funcionalidad deseada determinara como se integra la skill con el servicio Alexa y que se debe construir [43].

### 2.9.1 DynamoDB

DynamoDB es un servicio de base de datos NoSQL totalmente administrado con tecnología de Amazon Web Services (AWS) y está diseñado para ofrecer un rendimiento rápido y predecible con escalabilidad automática. Está diseñado y desarrollado para aplicaciones que

requieren alta disponibilidad, baja latencia y alta escalabilidad. DynamoDB se basa en el modelo de datos de archivo-clave-valor y se usa ampliamente en entornos que requieren flexibilidad arquitectónica y grandes operaciones de lectura/escritura [44].

DynamoDB está inspirado en Dynamo, un sistema de base de datos distribuida desarrollado internamente por Amazon para abordar problemas de escalabilidad, disponibilidad y tolerancia a fallas. DynamoDB se anunció oficialmente en 2012 y se basa en los principios básicos de la arquitectura Dynamo, pero con mejoras en términos de rendimiento y facilidad de uso. Su diseño básico se centra en proporcionar un sistema de base de datos que pueda escalarse horizontalmente a medida que crecen los volúmenes de datos sin perder rendimiento [45].

### **2.9.1.1 Modelo de datos**

El modelo de datos de DynamoDB es simple y flexible, y se basa principalmente en dos conceptos principales: Tablas: Son contenedores que almacenan datos, al igual que las bases de datos tradicionales. Cada tabla tiene una clave principal que define cómo se almacenan y administran los datos. Índices: DynamoDB ofrece varios tipos de índices, como índices globales y locales, para permitir consultas eficientes de datos en función de diferentes propiedades. Estos índices ayudan a mejorar el rendimiento de las consultas y permiten búsquedas basadas en campos distintos de la clave principal [44].

### **2.9.2 Amazon Alexa App**

La aplicación Amazon Alexa, disponible en Google Play [46] y App Store, permite a los usuarios configurar y gestionar los dispositivos Echo. Los usuarios pueden personalizar los dispositivos dándoles nombres, estableciendo sus zonas horarias y eligiendo las unidades preferidas para medir la temperatura y la distancia, entre otras cosas. En la aplicación también pueden buscar y activar distintas habilidades de Alexa [47].

Además, la app puede utilizarse para configurar y gestionar otros dispositivos que tengan integración con Alexa, como luces, cerraduras, termostatos inteligentes. Otra característica destacable es la posibilidad de crear rutinas, que permiten a los usuarios automatizar varias acciones con un simple comando de voz. Por ejemplo, diciendo “Alexa, buenas noches” se puede apagar el televisor y cerrar las persianas inteligentes [48].

## CAPÍTULO III.

### 3. METODOLOGÍA.

Este capítulo describe todos los aspectos metodológicos que rigen la realización de la investigación, tomando en cuenta el tipo de métodos de investigación, procedimientos, análisis, estudios y tamaño de las muestras, así como métodos de análisis y procesamiento de datos.

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se trata de una plataforma para la integración de asistentes de voz en dispositivos de intercomunicación para mejorar la accesibilidad en viviendas inteligentes. Esta plataforma intenta demostrar las capacidades de integración del asistente de voz Alexa y el sistema de reconocimiento de voz, mediante el desarrollo de una plataforma que permita identificar a las personas que tienen acceso a una vivienda. Se reciben comando de voz y se interpreta su ejecución, logrando adicionalmente un equilibrio entre los costos y beneficios del uso de tecnología apropiadas del proyecto, así como elementos integrados para la obtención de datos de la casa y sus habitantes.

#### 3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la presenten investigación se siguió el siguiente esquema que se representa en la Figura 15, donde se puede observar el procedimiento para el desarrollo del proyecto, el cual se llevará a cabo mediante 4 fases:

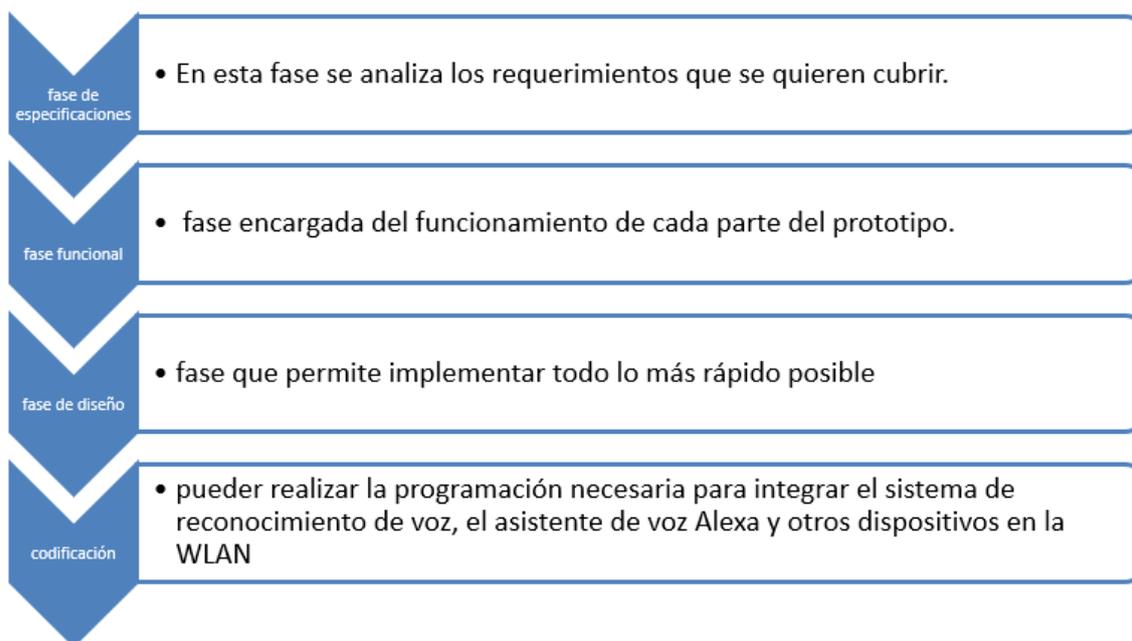


Figura 15 Diagrama de desarrollo del proyecto

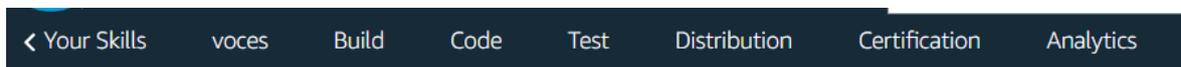
#### **Primera fase: fase de especificaciones**

Es de mucha importancia ya que se encarga de la identificación de todos los requerimientos y necesidades que se va a suplir la creación de la plataforma luego de reconocer todos los

requerimientos, se analiza las especificaciones y los requerimientos que se tienen en la propuesta planteada con finalidad de cubrir todos los objetivos propuestos.

- Los comandos deben poder enviarse verbalmente para que el asistente de voz de Alexa los interprete y ejecute inmediatamente:
  - “Abrir puerta”
  - “registra nuevo usuario”
  - “enciende luces”
- Se debe poder tomar una captura de voz de la persona, para poder registrarla en la base de datos.
- Si la comparación de la voz con el archivo almacenado en la base de datos es correcta, se debe indicar mediante Alexa que se ejecutó correctamente el comando y por qué persona se ejecutó.
- Si al momento de ejecutar un comando, no se reconoce la voz, se debe indicar mediante Alexa al usuario que no está registrado y proceder a registrar al usuario mediante el comando.
  - “registra [nombre] como nombre para la aplicación”
- Posteriormente a la identificación ya el usuario podrá realizar las diferentes acciones como, abrir la puerta de entrada, abrir la puerta interior, encender luces y abrir la puerta del garaje.

Para eso se utilizó el kit de desarrollo de habilidades, en donde se encontró una serie de herramientas para elaborar una skill.



*Figura 16 kit de desarrollo de habilidades*

Posteriormente se seleccionó el modelo de interacción, el cual es el esquema de la skill, el nombre de la invocación el cual es el nombre con el cual Alexa va a abrir el skill y también está el diseño que se va a utilizar.

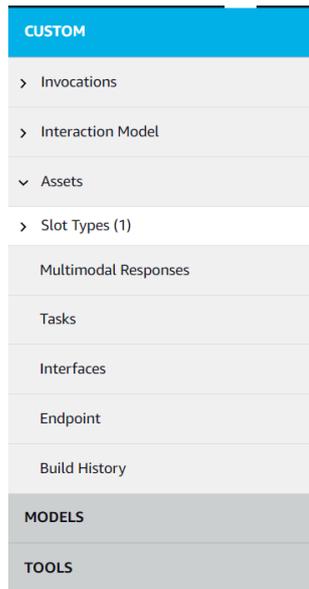


Figura 17 Opciones de Alexa para el skill

La herramienta de Code ofrece un entorno de desarrollo de programación donde se puede utilizar node.js, un entorno de ejecución de JavaScript orientado a eventos asíncronos. Su estructura permite crear aplicaciones de red escalables y, durante su ejecución, cada aplicación puede tener múltiples accesos. Además, se activa la devolución de llamada o callback por cada conexión.

Además, node.js ofrece múltiples opciones de programación, como un editor de texto.

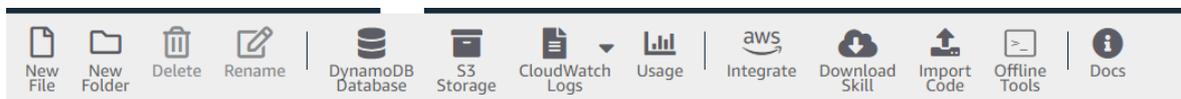


Figura 18 Herramientas de node.js

### Segunda fase: fase funcional

Esta fase se encarga del funcionamiento detallado de cada parte del prototipo, de modo que una vez identificadas las necesidades y requerimientos sea posible integrar cada proceso y confirmar el cumplimiento de metas asumidas. Un análisis adecuado requiere considerar que características están directa o indirectamente expuestas al usuario final. El sistema permite propuesto permite definir en detalle las funciones que los clientes necesitan conocer.

- La apertura de la puerta se activa mediante un mecanismo entre la chapa eléctrica más el asistente de voz Alexa, cuando es enviada una orden que indica el usuario a través de un comando y la ejecución que realiza Alexa, traduciendo esta acción a la chapa eléctrica a fin de dar la posibilidad de ingreso a la persona que se encuentra tocando a la puerta.
- Al final de cada proceso los campos en la base de datos de DynamonDB se borran hasta que se invoque de nuevo la skill.

Alexa tiene varios "intentos", algunos de los cuales incluyen el nombre de las llamadas a funciones específicas que realizará durante toda la habilidad. Como ejemplo, podríamos invocar la habilidad, Alexa abriría el proyecto de identificación, luego le daríamos la bienvenida y le preguntaríamos qué hacer. Todo esto se conoce como llamada. Ahora, la parte en que Alexa responde lo que desea hacer es esperar a que se diga el "intento", que llamará a la función. Por ejemplo, saludar al jurado es un "intento" que llamará a una función en la skill, o reconocer a quien llama es otro "intento". Los "intentos" pueden llamarse de varias formas, y las frases que llaman a esos .

PuertaIntent	9	1	Custom	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
RegistroIntent	5	1	Custom	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
BorrarIntent	8	-	Custom	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
PrenderIntent	3	1	Custom	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
ApagarIntent	3	1	Custom	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>

Figura 19 Intents

En cada intento se tiene diferentes frases que realizan diferentes acciones, en el caso de Intent de nombre PuertaIntent se crearon varias frases para poder ejecutar un comando y que se realice de forma correcta, en la figura se puede observar las diferentes frases creadas para este intent.

### Intents / PuertaIntent

#### Sample Utterances (9)

What might a user say to invoke this intent?

---

abrir la puerta del {tipo}

---

acceso {tipo}

---

puerta {tipo}

---

cerradura {tipo}

---

abrir la cerradura {tipo}

Figura 20 Frases de PuertaIntent

Para completar la frase existe un Intent Slot que diferencia la acción que se quiere realizar, en este caso que puerta se quiere abrir, se utiliza este tipo de slot para en la programación poder diferenciar y que el comando se ejecute de forma correcta, además de que así se puede

utilizar la misma frase para poder abrir diferentes puertas y así no volver a crear otro Intent diferente.

### **Tercera fase: fase de diseño**

Tras completar la fase funcional, en la que se analiza el comportamiento de cada opción relacionada, directa o indirectamente visible para el usuario final, pasamos a la fase que permite implementar todo lo más rápido posible. Diseño del prototipo para saber qué tipo de circuito tendrá nuestra propuesta, con ilustraciones visuales que nos permitan entender mejor los objetivos y alcances, sin olvidar que el diseño debe realizarse tanto a nivel de software a través de simulaciones como en entornos físicos del prototipo que permita demostrar que los modelos computacionales implementen plenamente sus funciones.



*Figura 21 Prototipo de casa y elementos electrónicos utilizados*

En la figura 21, se puede observar el diseño terminado del prototipo para poder probar y analizar su correcto funcionamiento.



Figura 22 Prototipo de casa terminado

### Creación de la base de datos

Para la creación de datos, se inició con la vinculación de la clave de acceso a la skill de Alexa que se creó para así poder vincularla y se pueda analizar los archivos de voz a medida que se van solicitando.

La base de datos esta creada en DynamoDB [49], donde se creó una tabla llamada *voces* que contiene diferentes campos entre ellos el *idVoz* que es lo que permite registrar y llevar un registro omas seguro en la base de datos, en la figura 15, se muestra la tabla antes mencionada en DynamoDB.

<input type="checkbox"/>	id (Número)	<input type="checkbox"/>	idVoz	<input type="checkbox"/>	nombre
<input type="checkbox"/>	<u>3</u>		amzn1.ask...		david
<input type="checkbox"/>	<u>2</u>		amzn1.ask...		joselyn
<input type="checkbox"/>	<u>1</u>		amzn1.ask...		sebastián

Figura 23 Tabla voces

### Cuarta fase: Fase de codificación

Para comenzar el proceso de codificación, se debe completar el registro de herramientas de desarrollo requerido; A continuación, se puede realizar la programación necesaria para

integrar el sistema de reconocimiento de voz, el asistente de voz Alexa y otros dispositivos en la WLAN, dando forma así el prototipo.

### 3.2.1 Implementación del usuario administrador

Durante el desarrollo del presente trabajo de titulación, se evaluó la posibilidad de añadir un método de seguridad adicional para la apertura de la puerta a través de Alexa, definiéndose finalmente otorgar esta opción al usuario. Se optó por implementar un código CLAVE, que el usuario debe decir al momento de querer registrar un nuevo usuario en la aplicación.

Por lo tanto, se necesita un nuevo método que no está disponible en la API: uno para poder solicitar la clave que esta previamente configurada en la API. Teniendo esto en cuenta, para desarrollar el código asociado a la CLAVE se utilizó el archivo de voz del usuario administrador, el mismo que solo funcionara si el usuario dice la clave correctamente.

En la figura 16 se puede observar el código asociado a la función clave al que se accede para generar el permiso para agregar un nuevo usuario.

```
def handle(self, handler_input):
    global permiso
    # type: (HandlerInput) -> Response
    slots = handler_input.request_envelope.request.intent.slots
    clave = slots["clave"].value

    logger.info("la clave es: " + clave)
    if(clave.lower()=="alexa 24"):
        permiso = True
        speak_output = "La clave es correcta, ahora puedes registrar el nuevo usuario"
    else:
        permiso = False
        speak_output = "Error, la clave es incorrecta, se notificará este fallo de seguridad"

    return (
        handler_input.response_builder
            .speak(speak_output)
            .ask("Repite la clave para proceder ")
            .response
    )
```

Figura 24 Función clave

Se debe tener en cuenta que para poder acceder a la aplicación y registrarse se debe registrar el perfil de voz de la persona que se quiera registrar en la aplicación para así poder continuar a la utilización de la aplicación reconocimiento de voz creada.

Como una opción adicional para el acceso de la vivienda, dado el caso de que no se pueda ingresar por el reconocimiento de voz, se ha realizado una aplicación móvil con la que se puede abrir la puerta y realizar las diferentes acciones que se desean, ese proceso se podrá observar en el Anexo 2 .

## 3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

### 3.3.1 Investigación experimental

La investigación experimental se conforma de una serie de métodos y procedimientos meticulosos destinados a obtener datos fundamentales sobre el tema de análisis y proponer

soluciones viables. Este enfoque se centra en la manipulación de variables no verificados, permitiendo al investigador deliberar sobre su utilización y observación de los fenómenos que surgen posterior al experimento. El propósito de esta indagación es intrínsecamente ligado a las decisiones tomadas por el investigador en relación a las variables establecidas [50].

En este proyecto se implementará la investigación experimental para poder observar los resultados que se dan a través de manipular la variable independiente con respecto a la variable dependiente

### **3.3.2 Investigación descriptiva**

Este tipo de investigación se lleva a cabo cuando es necesario describir la realidad en todos sus componentes principales. Con este tipo de investigación, utilizando el método analítico, es posible describir las características del objeto de investigación o de una situación específica, y en señalar sus características y propiedades. Combinando con criterios de clasificación específicos, permite organizar, o agrupar o sin sistematizar los objetivos del trabajo de investigación [50].

Con base en la investigación descriptiva este proyecto ayudará a conocer si los datos obtenidos del dispositivo de reconocimiento de voz son favorables en la mejoría de la seguridad de las personas de una vivienda.

## **3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.4.1 Fuentes de información**

Una revisión completa de la literatura se produjo durante la creación de este proyecto. Se obtuvieron datos de diversas bases de datos científicas y bibliotecas virtuales, como Springer, Proquest, IEEE Xplorer y Scopus. Se completaron y examinaron muchos trabajos relacionados con el reconocimiento y procesamiento de voz con Alexa. Dicha búsqueda fue necesaria y útil para desarrollar esta investigación.

### **3.4.2 Instrumento de recolección de datos**

Una vez que se implementó la aplicación, se utilizó la técnica de observación experimental para obtener datos sobre el funcionamiento del sistema que correspondían a los aciertos del modelo en las predicciones debido a las modificaciones de las variables de distancia entre la persona y el echo dot. Estos datos se analizaron para proporcionar una descripción estadística de los aciertos de la aplicación.

## **3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.5.1 Población**

La población de estudio corresponde a todos los datos obtenidos de los aciertos en el experimento de la variable distancia. La variable se midió en tres puntos: 0.5 m, 0.75 m y 1 m.

### 3.5.2 Muestra

Para el análisis de esta investigación, se utiliza una selección aleatoria de datos de la experimentación de las variables.

## 3.6 OPERACIÓN DE VARIABLES

### 3.6.1 variable independiente

*Tabla 2 Variable independiente*

Variable	Descripción	Indicador
Distancia	Espacio medido entre la persona y el echo dot.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metros.</li></ul>

### 3.6.2 variable dependiente

*Tabla 3 Variable dependiente*

Variable	Descripción	Indicador
Aciertos del prototipo con respecto al reconocimiento de voz	Aciertos en la predicción de la persona reconocida por el sistema.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aciertos de la predicción.</li><li>• Desaciertos de la predicción.</li></ul>

## 3.7 HIPÓTESIS

Como hipótesis de esta investigación, se llevó a cabo un estudio para determinar si existe una diferencia significativa entre las distancias de interés en la implementación del sistema y el porcentaje de aciertos obtenido.

### 3.7.1 Hipótesis Nula ( $H_0$ )

Las variables distancia y numero de aciertos son estadísticamente dependientes.

### 3.7.2 Hipótesis Alternativa ( $H_1$ )

Las variables distancia y numero de aciertos son estadísticamente independientes.

## 3.8 PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

Una vez recolectados los datos de la experimentación se utilizó el software IBM SPSS STATISTICS, donde se codificaron de tal manera que para tener un acierto se representó con un 1 y para un error con un 0.

D1	D2	D3	dia1
2,96	,78	,11	1,00
1,12	,92	,28	1,00
2,63	,45	,30	1,00
2,10	,53	,57	1,00
1,30	,83	,64	1,00
3,58	,24	2,49	1,00
,84	1,98	2,05	1,00
1,83	,18	,68	1,00
2,57	1,19	2,43	1,00
3,79	1,72	1,64	1,00
1,58	1,45	1,92	1,00
1,58	1,09	1,31	1,00
1,33	,29	,20	1,00
3,40	1,37	,37	1,00
3,91	,79	1,92	1,00
2,43	1,16	1,35	1,00
2,90	,58	,89	1,00
1,81	,27	,17	1,00
1,33	1,43	1,87	1,00
3,51	1,63	,93	1,00
3,63	,26	,79	1,00
3,70	,61	1,26	1,00
,75	,59	1,59	1,00
2,92	,08	2,00	1,00
,48	,01	,08	1,00
1,09	1,45	,51	1,00
3,34	1,91	1,40	1,00

Figura 25 Base de datos en Software IBM SPSS statistics

Primero, se utilizó la técnica de investigación descriptiva, posteriormente para investigar los porcentajes de acierto se utilizó SPSS para encontrar las frecuencias y los porcentajes de acierto para cada variación de la variable independiente mencionadas anteriormente.

# CAPÍTULO IV.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Arquitectura del prototipo de reconocimiento de voz con Alexa

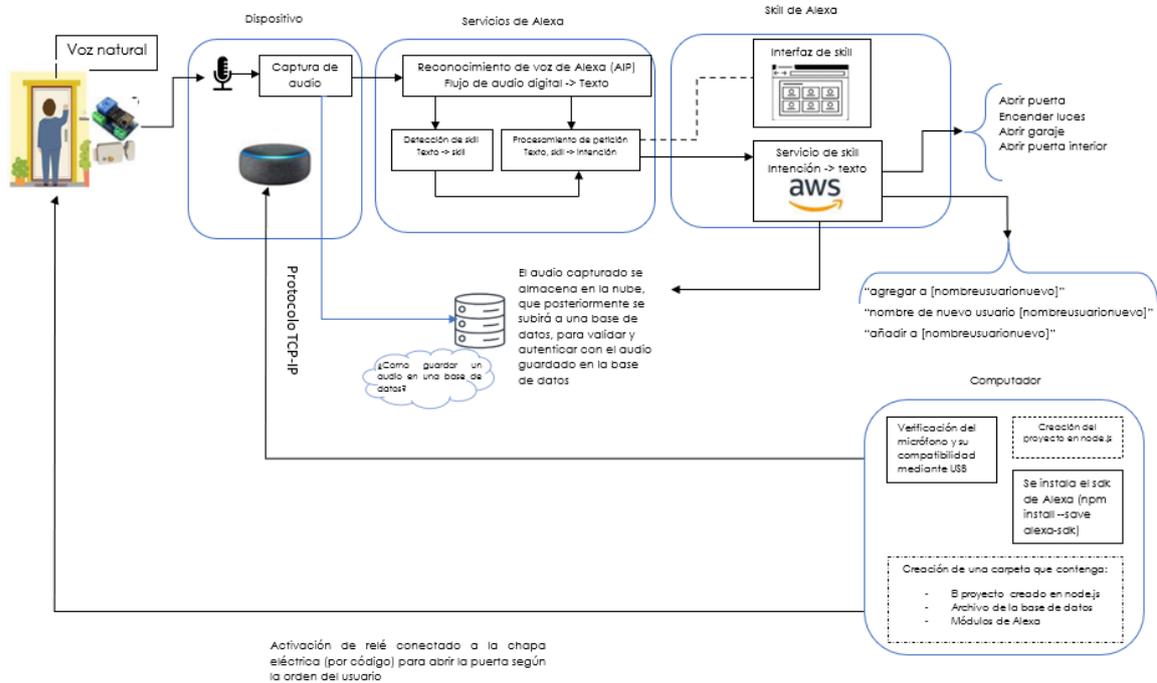


Figura 26 Arquitectura del sistema de reconocimiento de voz con Alexa

Lo descrito en el capítulo anterior se muestra en resumen en la figura 15. Adicionalmente se modificó el código para obtener un usuario administrador el mismo que autorizara el registro de usuarios para que puedan acceder a la aplicación como también poder eliminar los usuarios que se deseen. El prototipo se probó a diferentes distancias, el primero la ubicación de Alexa estuvo a 0.75 m, el segundo a 1 m y el tercero a 1.5m de distancia con respecto al usuario.

#### 4.1.2 Análisis de la variable número de aciertos con respecto de la variable distancia

A continuación, se analizan los resultados de los diferentes valores de la variable independiente distancia:

##### 4.1.2.1 Periodo por la mañana

Tabla 4 Número de aciertos en la variable distancia en la mañana

		Mañana			Total
		Distancia			
Acierto	No acierta	0.75m	1m	1.25m	99
		Acierta	41	40	
		359	360	382	1101
		32.6%	32.7%	34.7%	

Total	400	400	400	1200
-------	-----	-----	-----	------

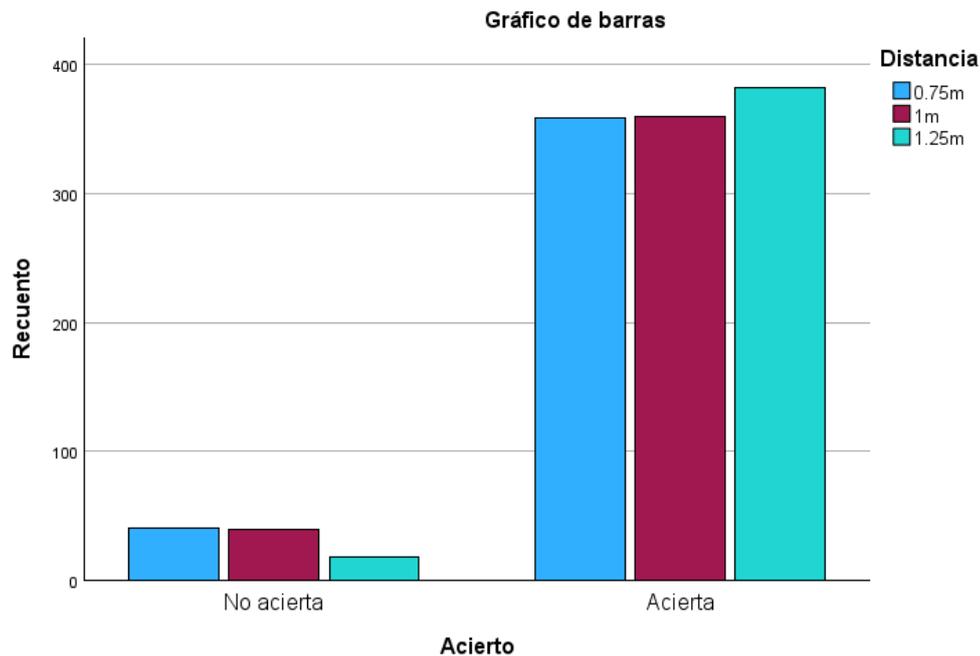


Figura 27 Diagrama de barras del número de aciertos obtenidos en la variable distancia por la mañana

Con un total de 1200 datos recogidos a una distancia de 1.25 metros se obtuvo un total de 34.7% de aciertos siendo el mayor porcentaje de acierto en la mañana.

### Prueba de hipótesis

Tabla 5 Estadísticos de prueba chi-cuadrado

#### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	11.163 <sup>a</sup>	2	.004
Razón de verosimilitud	12.283	2	.002
Asociación lineal por lineal	8.729	1	.003
N de casos válidos	1200		

a. 0 casillas (0.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 33.00.

Como el p-valor = 0.004 obtenido en la prueba de chi-cuadrado. Este valor es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo que según esta prueba se sugiere que la distancia y el número de aciertos son estadísticamente independientes. Lo que quiere decir que no depende de la distancia el número de aciertos que se obtengan.

#### 4.1.2.2 Periodo por la tarde

Tabla 6 Número de aciertos en la variable distancia en la tarde

## Tarde

		Distancia			Total
		0.75 m	1 m	1.25 m	
Acierto	No acertó	102	76	98	276
	Aciórtó	298	324	302	924
		32.3%	35.1%	32.7%	100%
Total		400	400	400	1200

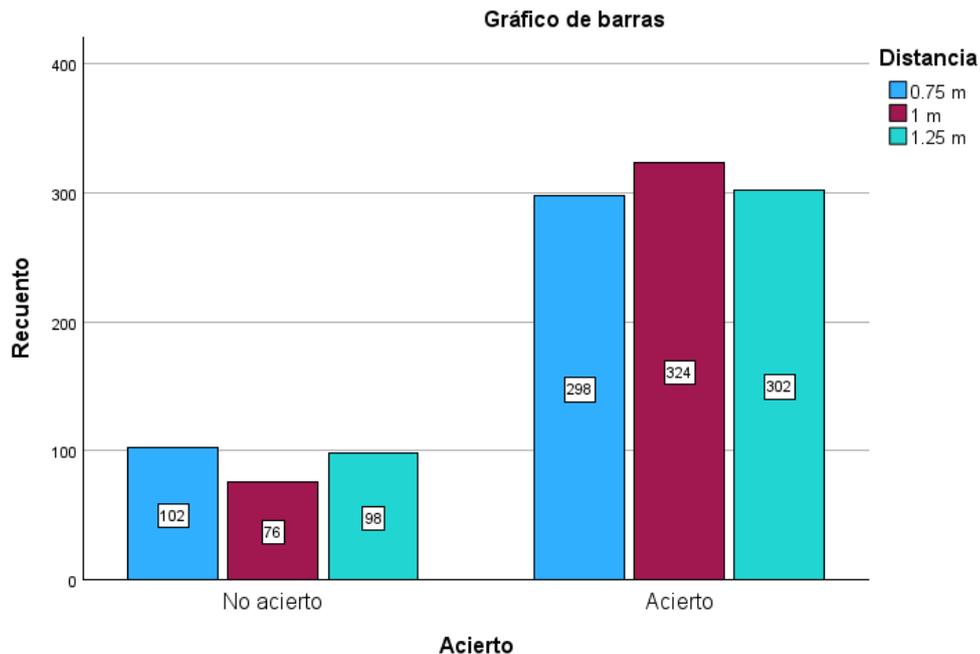


Figura 28 Diagrama de barras del número de aciertos obtenidos en la variable distancia por la tarde

En la tarde a una distancia de 1 metro se obtuvieron 324 aciertos de manera segura a la vivienda, se puede observar que a esta distancia se tiene un porcentaje aceptable de aciertos.

## Prueba de hipótesis

Tabla 7 Estadísticos de prueba chi-cuadrado

### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	5.534 <sup>a</sup>	2	.063
Razón de verosimilitud	5.655	2	.059
Asociación lineal por lineal	.113	1	.737
N de casos válidos	1200		

a. 0 casillas (0.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 92.00.

Como el p-valor = 0.063 obtenido en la prueba de chi-cuadrado. Este valor es mayor que el nivel de significancia de 0.05, por lo que según esta prueba se sugiere que la distancia y el número de aciertos son estadísticamente dependientes. Lo que quiere decir que si depende de la distancia el número de aciertos que se obtengan.

#### 4.1.2.3 Periodo por la noche

##### Análisis descriptivo

Tabla 8 Número de aciertos en la variable distancia en la noche

		Distancia			Total
		0.75 m	1 m	1.25 m	
Aciertos	No acierto	21	11	28	60
	Acierto	379	389	372	1140
		33.2%	34.1%	32.6%	100%
Total		400	400	400	1200

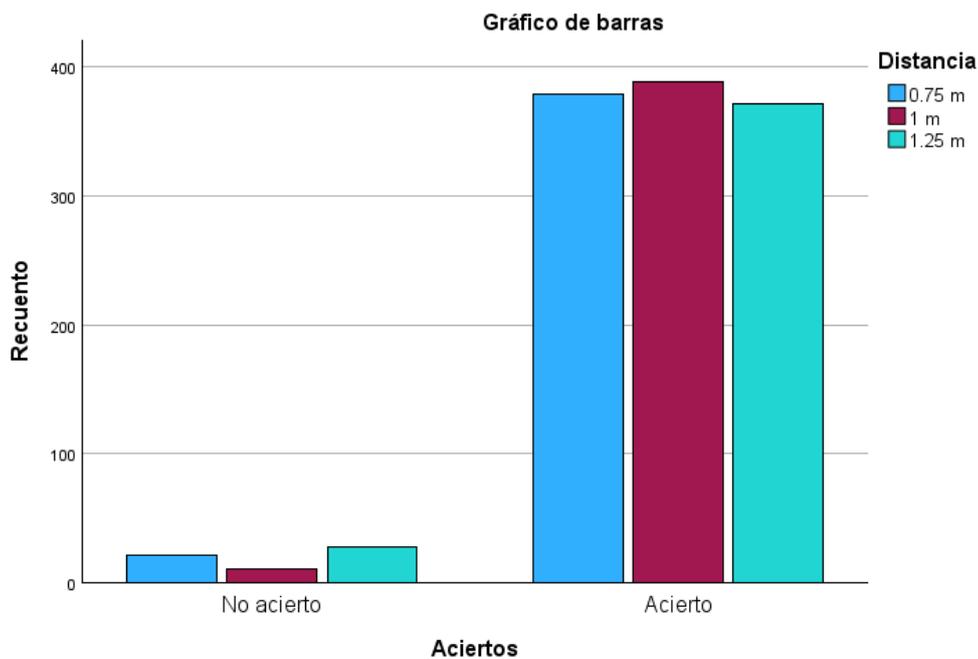


Figura 29 Diagrama de barras del número de aciertos obtenidos en la variable distancia por la noche

En la noche el mayor número de aciertos es a 1 metro de distancia teniendo 389 aciertos de acceso seguro a la vivienda.

##### Prueba de hipótesis

Tabla 9 Estadísticos de prueba chi-cuadrado

## Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	7.684 <sup>a</sup>	2	.021
Razón de verosimilitud	8.123	2	.017
Asociación lineal por lineal	1.288	1	.256
N de casos válidos	1200		

a. 0 casillas (0.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 20.00.

Como el p-valor = 0.021 obtenido en la prueba de chi-cuadrado. Este valor es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo que según esta prueba se sugiere que la distancia y el número de aciertos son estadísticamente independientes. Lo que quiere decir que si depende de la distancia el número de aciertos que se obtengan.

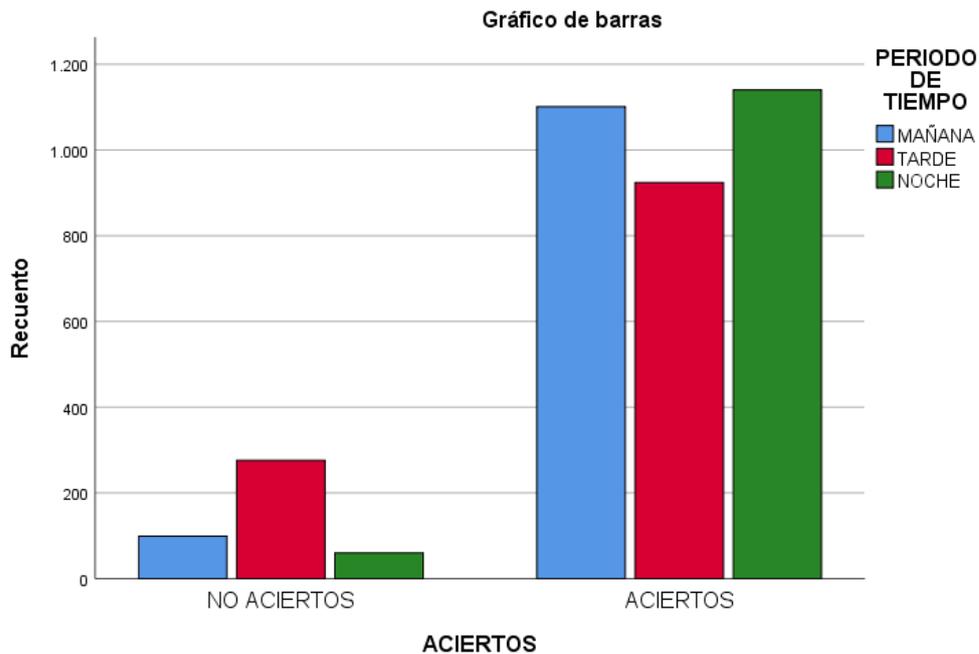
### 4.1.3 Análisis de la variable número de aciertos con respecto a la variable periodo de tiempo

*Tabla 10 Número de aciertos en la variable periodo de tiempo*

#### Tabla cruzada ACIERTOS\*PERIODO DE TIEMPO

			PERIODO DE TIEMPO			
			MAÑAN A	TARDE	NOCHE	Total
ACIERTOS	NO ACIERTOS	Recuento	99	276	60	435
		% dentro de ACIERTOS	22.8%	63.4%	13.8%	100.0%
	ACIERTOS	Recuento	1101	924	1140	3165
		% dentro de ACIERTOS	34.8%	29.2%	36.0%	100.0%
Total		Recuento	1200	1200	1200	3600
		% dentro de ACIERTOS	33.3%	33.3%	33.3%	100.0%

La comparación de los 3 escenarios dejó como evidencia que mientras mayor es la distancia a la que se ejecutó el comando mejor son los resultados visualizados en la simulación. Además de observar que por el ruido externo el número de aciertos es mucho mayor en la noche con un porcentaje de 36.0%.



## Prueba de hipótesis

Tabla 11 Estadísticos de prueba chi-cuadrado

### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	207.893 <sup>a</sup>	2	<.001
Razón de verosimilitud	199.491	2	<.001
Asociación lineal por lineal	5.964	1	.015
N de casos válidos	3600		

a. 0 casillas (0.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 145.00.

Como el p-valor = 0.001 obtenido en la prueba de chi-cuadrado. Este valor es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo que según esta prueba se sugiere que la distancia y el número de aciertos son estadísticamente independientes. Lo que quiere decir que si depende de la distancia el número de aciertos que se obtengan.

#### 4.1.4 Decisión de la hipótesis planteada

H<sub>0</sub>: las variables distancias y numero de aciertos son estadísticamente dependientes.

H<sub>1</sub>: las variables distancias y numero de aciertos son estadísticamente independientes.

El p\_valor = 0.001 obtenido por la prueba chi cuadrado al ser menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Es decir, las variables distancias y numero de aciertos son estadísticamente

independientes a las distancias de 0.75 metros, 1 metros y 1.25 metros, con un nivel de confianza de 95%.

## **4.2 Discusión**

En una primera investigación descriptiva del sistema se obtuvo porcentajes de acierto de 34.8%, 29.2% y 36.0% para las distancias de 0.75 metros, 1 metros y 1.25 metros respectivamente, por lo que se podría intuir que la mejor distancia para la implementación del sistema sería a 1.25 metros. Sin embargo, con la prueba chi-cuadrado se puede demostrar que los aciertos no varían significativamente según las distancias implementadas, con un 80% de confianza, por lo que no se puede afirmar que en alguna de las tres distancias el sistema funciona mejor, pues los valores de porcentaje de aciertos variarían alrededor de los valores obtenidos.

## CAPÍTULO V.

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

La investigación ha permitido identificar soluciones accesibles y efectivas que pueden integrarse sin inconvenientes con Alexa. Se ha comprobado que, a través del uso de dispositivos y plataformas de bajo costo, como microcontroladores y módulos de comunicación como el Wi-Fi o Bluetooth, es posible mantener un alto nivel de seguridad sin exceder el presupuesto, haciendo viable el proyecto para usuarios finales.

La programación necesaria para integrar Alexa con un sistema de reconocimiento de voz ha demostrado ser un reto, pero al mismo tiempo, ha subrayado la flexibilidad de Alexa al permitir la creación de skills personalizadas. Gracias al uso de plataformas como Amazon Web Services (AWS), se logró una integración fluida que posibilita la autenticación segura mediante comandos de voz, cumpliendo con los estándares de seguridad requeridos.

El prototipo diseñado ha permitido simular de manera efectiva los escenarios de uso real. A través de pruebas controladas, se validaron tanto la capacidad de respuesta del sistema de seguridad como la precisión del reconocimiento de voz en diferentes condiciones ambientales, lo que demostró que el diseño es robusto y adecuado para su implementación en entornos residenciales.

La evaluación del prototipo en un entorno real de uso, específicamente en una vivienda, reveló que el sistema es confiable y fácil de usar, ofreciendo una experiencia positiva para los usuarios. La precisión en el reconocimiento de voz fue consistente en diversas situaciones, lo que contribuye a la confianza en el sistema como una medida de seguridad efectiva.

#### 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la investigación sobre nuevas tecnologías de reconocimiento de voz, como sistemas basados en inteligencia artificial, que puedan mejorar la precisión y la seguridad del sistema. Además, explorar soluciones que puedan reducir aún más los costos de implementación manteniendo la eficacia.

Aunque el sistema actual funciona bien, es recomendable optimizar los algoritmos de autenticación para reducir el tiempo de respuesta y minimizar el riesgo de falsos negativos. Además, se debería simplificar la experiencia del usuario mediante el desarrollo de interfaces más intuitivas.

Para garantizar una implementación exitosa a gran escala, se recomienda diseñar prototipos más completos que incluyan diferentes escenarios de prueba, como condiciones de ruido ambiental o variaciones en la pronunciación de los usuarios. Esto permitirá identificar posibles puntos débiles en el sistema.

Para mejorar la experiencia del usuario, sería beneficioso incorporar un mecanismo de retroalimentación en tiempo real, que permita a los usuarios recibir información clara sobre el estado de autenticación (autorizado, denegado, error en la autenticación, etc.), lo que contribuiría a aumentar la confianza y la eficiencia del sistema.

Finalmente, se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo para el prototipo, con el fin de evaluar su desempeño de manera constante. Esto también permitirá implementar actualizaciones periódicas basadas en la retroalimentación de los usuarios y el avance de la tecnología, lo que garantizaría su efectividad a largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cantero, Jorge Ariel Corvalán and Giménez, Richard Eduardo Gómez and Ginés, Jorge Luis Arrúa, «Automatización del hogar mediante asistente virtual en placa computadora simple,» *FPUNE Scientific*, n° 16, 2022.
- [2] Y. S. Pascuas-Rengifo, J. A. García-Quintero, and M. A. Mercado-Varela, «Dispositivos móviles en la educación: tendencias e impacto para la innovación,» *Revista politécnica*, vol. 16, n° 31, p. 97–109, 2016.
- [3] V. Rabassa, O. Sabri, and C. Spaletta, «Conversational commerce: Do biased choices offered by voice assistants' technology constrain its appropriation?,» *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 174, p. 121292, 2022.
- [4] R. Q. C. García, L. J. C. Organista, J. V. Galarce, and R. G. Noguera, «Tecnologías de seguridad aplicadas al hogar (domótica),» *Revista Innova ingeniería*, vol. 1, n° 3, p. 5–5, 2018.
- [5] Díaz Astete, Carlos Alberto and Noa Ramírez, Luis Alberto and Solís Vega, Helberth Adolfo, «Propuesta de implementación de un sistema integrado de gestión en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente para la empresa Transportes Alexa,» *Revista Global de Negocios*, 2018.
- [6] De León, Alicia De la Peña and Núñez, Juan Bernardo Amezcua and Soto, Juana María Saucedo and Estrada, Victoria Sofía García, «ALEXA: NECESITO PRIVACIDAD,» *Revista Global de Negocios*, vol. 9, n° 1, pp. 83–93, 2021.
- [7] C. E. R. BUITRON, *Sistemas integrados y hogar digital*, Ediciones Paraninfo, SA, 2020.
- [8] Ford, Marcia and Palmer, William, «Alexa, are you listening to me? An analysis of Alexa voice service network traffic,» *Personal and ubiquitous computing*, vol. 23, pp. 67 -- 79, 2019.
- [9] Olson, Christie and Kemery, Kelli, «Voice report: Consumer adoption of voice technology and digital assistants,» *Seattle: Microsoft*, 2019.
- [10] G. Moreno, «Statista,» 15 enero 2018. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/grafico/12515/casi-el-70-de-los-estadounidenses-usa-los-altavoces-inteligentes-para-escuchar-musica/>. [Último acceso: 2024 marzo 30].
- [11] «Echo Dot (3.a generación) - Altavoz inteligente con Alexa.,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/4snjv>. [Último acceso: 14 abril 2023].
- [12] «AWS | Cloud Computing - Servicios de informática en la nube,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/4sw71>. [Último acceso: 14 abril 2023].

- [13] Tomás, Jesús and Carbonell, Vicente and Bataller, Jordi and Lloret, Jaime, *Firestore: trabajar en la nube*, Alpha Editorial, 2019.
- [14] «Reconocimiento Digital de Señales de Voz en Colombia,» *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, vol. 10, nº 2, pp. 65-72, 2019.
- [15] A. Roman, *Amazon Echo y Alexa*, Ra-Ma Editorial, 2019.
- [16] Tomalá, Daniel Gregorio Flores and Espinoza, David Sánchez, «Sistema domótico por comando de voz basado en Arduino para personas con dificultades motrices,» *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 9, nº 1, pp. 101-109, 2022.
- [17] Cantero, Jorge Ariel Corvalán and Giménez, Richard Eduardo Gómez and Ginés, Jorge Luis Arrúa, «Automatización del hogar mediante asistente virtual en placa computadora simple,» *FPNUE Scientific*, nº 16, 2022.
- [18] Chung, Hyunji and Iorga, Michaela and Voas, Jeffrey and Lee, Sangjin, «Alexa, can I trust you?,» *Computer*, vol. 50, nº 9, pp. 100 -- 104, 2018.
- [19] Villarreal, Albert M and Verma, Robin Kumar and Upton, Oren and Beebe, Nicole Lang, «Nondestructive Data Acquisition Methodology for IoT Devices: A Case Study on Amazon Echo Dot Version 2,» *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, nº 5, pp. 4375--4387, 2022.
- [20] Amazon, «Echo Dot (3ra Gen) - Parlante inteligente con Alexa - Carbón,» [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/Echo-Dot-3ra-Gen-inteligente/dp/B07FZ8S74R>. [Último acceso: 20 enero 2024].
- [21] Pogré, Paula and Lombardi, Graciela, *Escuelas Que Enseñan a Pensar. Enseñanza Para La Comprension. Un Marco Teorico Para La Accion.*, P. editores, Ed., España: Papers editores, 2004.
- [22] Helisto, P and Tittonen, I and Lippmaa, M and Katila, T, «Gamma echo,» *Physical review letters*, vol. 66, nº 15, p. 2037, 1991.
- [23] J. a. P. G. Crasselt, «Started Off Local, Now We're in the Cloud: Forensic Examination of the Amazon Echo Show 15 Smart Display,» *Journal "arXiv preprint arXiv:2408.15768"*, 2024.
- [24] Casebeer, Jonah and Bryan, Nicholas J and Smaragdís, Paris, «Auto-DSP: Learning to optimize acoustic echo cancellers,» de *2021 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA)*, IEEE, 2021, pp. 291 -- 295.
- [25] Chapin, John and Roberts, Mike, *Programming AWS Lambda: build and deploy serverless applications with Java*, O'Reilly Media, 2020.

- [26] Rodríguez, Nelson and Murazzo, María and Gómez, Martín, «Buenas Prácticas en el Desarrollo y la Programación de funciones Serverless: Artículos Científicos.» *ReTEC-Revista Electrónica de Tecnología, Educación y Ciencia*, vol. 1, nº 1, pp. 15-22, 2023.
- [27] I. Amazon Web Services, «Amazon Web Services, Inc.» [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/lambda/>. [Último acceso: 4 Agosto 2023].
- [28] Cadena, Omar Ayala and Juárez, Irene Aguilar, «La enseñanza de la programación mediante software educativo especializado y los agentes conversacionales.» *Interfases*, nº 017, pp. 170 - 186, 2023.
- [29] Roldán, Xavier Alamán and Salas, Rosa María Carro and Pérez, Ruth Cobos and Escribano, Javier Gómez and Monroy, Francisco Jurado and Molins-Ruano, Pablo and Manrique, Germán Montoro and Moreno, Jaime and Ortigosa, Álvaro and R, «GHIA: Modelado de Estudiantes, Analítica de Aprendizaje, Atención a la Diversidad y e-Learning.» *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, nº 30, pp. 78 - 89, 2019.
- [30] F. Ferran, *Aprender Raspberry Pi 4 con 100 ejercicios prácticos*, H. Tarancón, Ed., Mexico: Marcombo, 2020.
- [31] Carrillo, Marisela Vital y otros, «Placa Raspberry Pi.» *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, vol. 9, nº 18, pp. 45-46, 2021.
- [32] Wallace, Shawn and Richardson, Matt and Donat, Wolfram, *Getting started with raspberry pi*, 4 ed., M. L. Patrick DiJusto, Ed., Maker Media, Inc., 2021.
- [33] Papakyriakou, Dimitrios and Barbounakis, Ioannis S, «Benchmarking and review of raspberry pi (rpi) 2b vs rpi 3b vs rpi 3b+ vs rpi 4b (8gb).» *International Journal of Computer Applications*, vol. 975, nº 3, p. 8887, 2023.
- [34] López, Purificación Aguilera, *Introducción a la seguridad informática (Seguridad informática)*, Editex, Ed., Editex, SA, 2011.
- [35] I. González, «CCTV y SEGURIDAD ELECTRONICA.» Blogger, junio 2008. [En línea]. Available: <https://cctvyse.blogspot.com/p/un-sistema-de-control-de-accesos-un.html>. [Último acceso: marzo 20024].
- [36] Pedraza-Gutiérrez, Sergio Iván and Romero-González, Juan Felipe and Guiza-Rodríguez, Juan Carlos and Giraldo-Henao, Ever William, «Diseño centrado en el usuario y experiencia de usuario en el sistema de control de acceso de la Universidad Libre.» *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 3, nº 1, pp. e426–e426, 2023.
- [37] ELECTROLUZ.EC, «ElectroLuz excelencia en iluminación.» KAPALIA, 2024. [En línea]. Available: <https://electroluz.ec/cerradura-electrica-c-pulsador/23497>. [Último acceso: 5 Marzo 2024].

- [38] Ibarra-Estévez, José and Paredes, Kimberly, «Redes neuronales artificiales para el control de acceso basado en reconocimiento facial,» *Revista PUCE*, 2018.
- [39] Sistemas, Control de accesos y, «Control de accesos y sistemas,» 2022. [En línea]. Available: <https://controlaccesosistemas.com/contacto/>. [Último acceso: 4 MARZO 2024].
- [40] SPORTRICK, «Control de Acceso - Problemas Frecuentes,» 25 Marzo 2024. [En línea]. Available: <https://sportrickhelp.freshdesk.com/es/support/solutions/articles/1000286142-control-de-acceso-problemas-frecuentes>. [Último acceso: 5 Abril 2024].
- [41] Vicente-Samper, José María and Campos, Irene and Sanz Worrel, Benjamín and Rodríguez, Adrián and Oñate Tevar, Juan Miguel and Sabater-Navarro, José María, «XL Jornadas de Automática,» de *XL Jornadas de Automática*, Coruña, Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións, 2019, pp. 360 - 365.
- [42] «Build a Skill End-to-end Using an Alexa-hosted Skill | Alexa Skills Kit,» [En línea]. Available: <https://developer.amazon.com/es-ES/docs/alexa/hosted-skills/build-a-skill-end-to-end-using-an-alexa-hosted-skill.html>. [Último acceso: 2024 Marzo 29].
- [43] Martínez Melero, Álvaro, «Ejecución automática de scripts en sistemas de área local mediante la integración por voz con un dispositivo Alexa y manejo de peticiones con un servidor alojado en una Raspberry Pi,» *PhD Tesis, Universitat Politècnica de València, Valencia, 2023*.
- [44] Sivasubramanian, Swaminathan, Book: Amazon dynamoDB: a seamlessly scalable non-relational database service, 2012, pp. 729--730.
- [45] Remala, Rajesh and Mudunuru, Krishnamurthy Raju and Gami, Sandip J and Nagarajan, Sevinthi Kali Sankar, «Optimizing Data Management Strategies: Analyzing Snowflake and DynamoDB for SQL and NoSQL,» *Journal Homepage: http://www.ijmra.us*, vol. 14, nº 8, pp. 46 - 56, 2024.
- [46] Quimbaya Aristizábal, Angélica María and otros, «Caracterización de las aplicaciones de Google Play y APP Store que conlleven a desarrollar prácticas de mercadeo digital para teléfonos móviles y tabletas en Colombia,» (*B.S.) Tesis, Universidad Autónoma de Occidente, Colombia, 2018*.
- [47] Lopatovska, Irene and Rink, Katrina and Knight, Ian and Raines, Kieran and Cosenza, Kevin and Williams, Harriet and Sorsche, Perachya and Hirsch, David and Li, Qi and Martinez, Adrianna, «Talk to me: Exploring user interactions with the Amazon Alexa,» *Journal of Librarianship and Information Science*, vol. 51, nº 4, pp. 984 - 997, 2019.
- [48] Major, David and Huang, Danny Yuxing and Chetty, Marshini and Feamster, Nick, «Alexa, who am I speaking to?: Understanding users' ability to identify third-party apps

on Amazon Alexa,» *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, vol. 22, nº 1, pp. 1 - 22, 2021.

[49] Amazon, «DynamoDB,» Amazon Web Services, Inc. o sus filiales., [En línea]. Available: <https://us-east-1.console.aws.amazon.com/dynamodbv2/home?region=us-east-1#>.

[50] C. A. Ramos-Galarza, «Los alcances de una investigación,» *CienciAmérica*, vol. 9, nº 3, pp. 1-6, 2020.

[51] M. I. o. Technology, «MIT APP INVENTOR,» MIT App Inventor, 2012. [En línea]. Available: <https://appinventor.mit.edu/>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Diseño de la placa de trabajo para Raspberry

En primer lugar, se revisó los pines de la placa Raspberry para proceder a seleccionar los pines que se iban a utilizar.

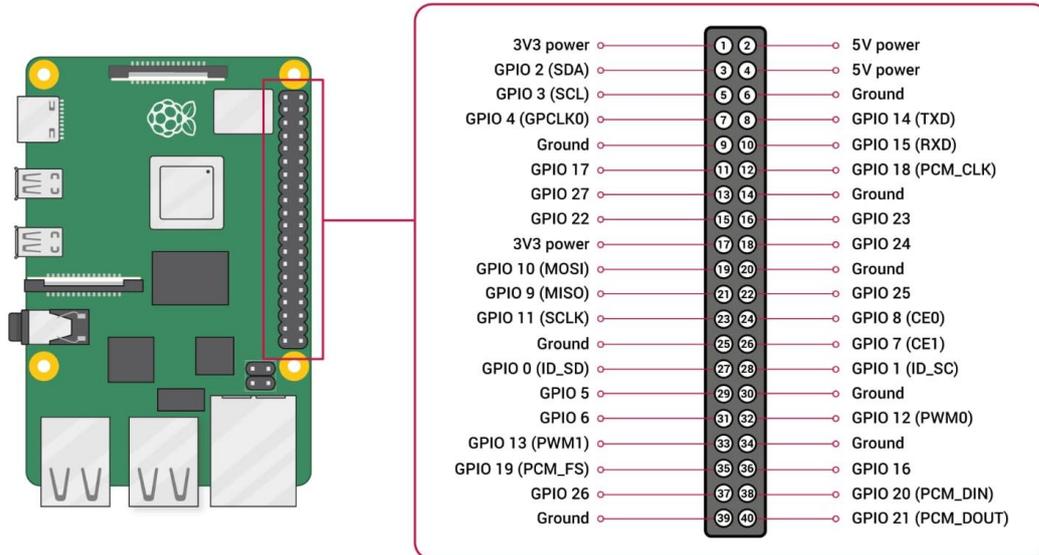


Figura 30 Pines de la placa Raspberry

Una vez seleccionados los pines se realizó la programación en Python para poder controlar los diferentes dispositivos.

```
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

servoPIN1 = 17 #puerta garaje
servoPIN2 = 27 #puerta interior

GPIO.setup(23,GPIO.OUT) #BUZZER
GPIO.setup(24,GPIO.OUT) #RELES

GPIO.setup(12,GPIO.OUT) #COCINA
GPIO.setup(16,GPIO.OUT) #SALA
GPIO.setup(20,GPIO.OUT) #HABITACION 1
GPIO.setup(21,GPIO.OUT) #HABITACION 2

GPIO.setup(servoPIN1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(servoPIN2, GPIO.OUT)

p1 = GPIO.PWM(servoPIN1, 50) # GPIO 17 for PWM with 50Hz
p1.start(5) # Initialization
p2 = GPIO.PWM(servoPIN2, 50) # GPIO 17 for PWM with 50Hz
p2.start(5) # Initialization
time.sleep(0.2)
p1.ChangeDutyCycle(7) #abrir con 2 y cerrar ccon 7
p2.ChangeDutyCycle(7) #abrir con 2 y cerrar ccon 7
time.sleep(0.2)
p1.ChangeDutyCycle(0) #aaabrir con 2 y cerrar ccon 7
p2.ChangeDutyCycle(0) #aaabrir con 2 y cerrar ccon 7
```

Figura 31 Programación en Python

## Anexo 2: Diseño de la aplicación móvil

Para la creación de la aplicación móvil se realizó un proyecto en App Inventor [51].

La pantalla principal tiene el diseño de un logo que se creó para que la aplicación sea diferente, posteriormente se creó dos botones para proceder a realizar la apertura de las puertas y al encendido de luces, como se puede observar en la figura 27.



Figura 32 Pantalla principal Aplicación móvil

Para la activación de los botones se configuro la lógica de programación mediante bloques, al presionar el botón puertas se establece conexión y se abrirá la siguiente ventana, como se puede observar en la figura 28.



Figura 33 Vista ventana para abrir puertas

En el caso de que se activara el botón de luces se abriría la ventana donde se encuentran los botones para poder encender las diferentes luminarias de la casa, como se muestra en la figura 29.

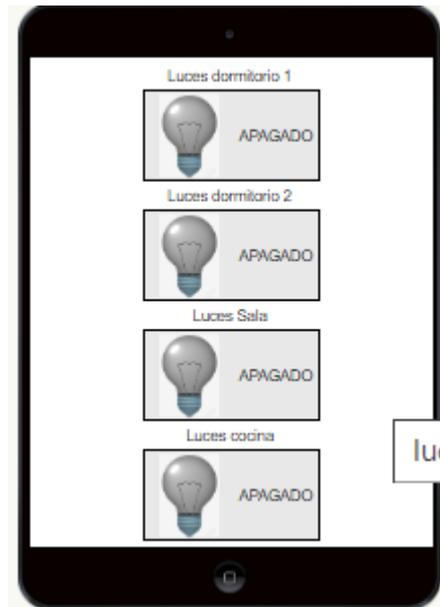


Figura 34 Ventana de encendido de luces

Para crear la conexión con los diferentes componentes mediante la Raspberry se estableció mediante WifiClient, en este caso con un servidor local y mediante el protocolo MQTT como se puede observar en la figura

```
set UrsPahoMqttClient1 . Broker to 192.168.101.80  
call UrsPahoMqttClient1 .Connect  
CleanSession true
```

Figura 35 Configuración del componente WifiClient

