



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE RECONOCIMIENTO  
FACIAL DE MASCOTAS MEDIANTE INTERNET DE LAS COSAS.**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Telecomunicaciones**

**AUTORES: JOSÉ FRANCISCO PILLAJO QUIJIA  
KÉVIN GHISLAIN MORALES TAIPE**

**TUTOR: LUIS GERMÁN OÑATE CADENA**

**Quito – Ecuador**

**2024**

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

Nosotros, José Francisco Pillajo Quijia y Kévin Ghislain Morales Taípe, con documento de identificación N° 1721220844 y N° 1719370460 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de Agosto del año 2024.

Atentamente,

José Francisco Pillajo Quijia

1721220844

Kévin Ghislain Morales Taípe

1719370460

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

Nosotros, José Francisco Pillajo Quijia y Kévin Ghislain Morales Taipe , con documento de identificación N° 1721220844 y N° 1719370460, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autor del Proyecto Técnico: ” Desarrollo de un dispositivo de Reconocimiento Facial de mascotas mediante Internet de las Cosas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 5 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

José Francisco Pillajo Quijia

1721220844



---

Kévin Ghislain Morales Taipe

1719370460

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Germán Oñate Cadena con documento de identificación N° 1712157401, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE RECONOCIMIENTO FACIAL DE MASCOTAS MEDIANTE INTERNET DE LAS COSAS, realizado por Kévin Ghislain Morales Taípe con documento de identificación N° 1719370460 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 5 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Luis Germán Oñate Cadena, MSc.

1712157401

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi familia, quienes han sido mi pilar fundamental a lo largo de este arduo pero gratificante viaje académico. A mi papá, por su inquebrantable fe en mis capacidades y por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y el trabajo duro. A mi mamá, por su amor incondicional, su sabiduría y por ser mi guía en cada paso que doy, siempre dispuesta a escucharme y aconsejarme con el corazón. A mi hermana, por ser mi compañera y amiga incondicional, brindándome siempre su apoyo, su alegría y su motivación en los momentos en que más lo necesitaba. Gracias a ustedes, quienes han estado conmigo desde el inicio hasta el final de esta etapa, por sus sacrificios, su paciencia y su constante aliento. Les dedico este logro con todo mi cariño y gratitud, reconociendo que, sin su apoyo y amor incondicional, nada de esto hubiera sido posible.

**FRANCISCO PILLAJO**

Este trabajo va dedicado especialmente a mis padres, ya que ellos son mi guía, dieron siempre su máximo esfuerzo, bendición y sus consejos para lograr alcanzar mis metas, a mis hermanos que también estuvieron conmigo en el transcurso de mi carrera. A mi tía Ruth Morales que me hubiera encantado que me vea en el profesional que me convertiré en un futuro. A todos mis sobrinos, Madelayne, Jheremy, Elías, Victoria, Alejandra, Paco, Odalis para demostrarles que todo es posible cuando uno quiere lograrlo, a mi enamorada Valeria Arboleda que estuvo conmigo siempre en las buenas y en las malas y sentí siempre su apoyo.

**KÉVIN MORALES**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mi querida familia, quienes han sido el faro que ha guiado mi camino en este vasto océano de aprendizaje. A ustedes, que, con su amor y apoyo incondicional, han iluminado cada paso de mi travesía.

A mi papá, por creer en mis capacidades y enseñarme que, con esfuerzo y perseverancia, los sueños más altos pueden alcanzarse. A mi mamá, por ser mi refugio y guía, cuya sabiduría y amor infinito me han inspirado a superar cada desafío. A mi hermana, mi compañera de aventuras, cuyo apoyo y alegría han sido mi aliento en los días difíciles y mi motivación en los momentos de triunfo.

A mi tutor de tesis, Luis Oñate, por su paciencia, orientación y dedicación. Su guía ha sido fundamental para alcanzar este logro. Gracias por compartir su conocimiento y por su constante apoyo a lo largo de este proceso.

A mis docentes, por su compromiso y enseñanza, por abrirme las puertas al conocimiento y por sembrar en mí la curiosidad y el deseo de aprender. Sus lecciones han dejado una huella indeleble en mi formación académica y personal.

A ustedes, mi familia, les agradezco desde el fondo de mi corazón por cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de cariño. Esta tesis es tanto de ustedes como mía, pues sin su amor y apoyo, este logro no habría sido posible. Con inmensa gratitud y amor, les dedico este capítulo de mi vida.

**FRANCISCO PILLAJO**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la salud, vida y la sabiduría para salir adelante, por guiarme, ser mi apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Agradecer a mis padres César Morales y Susana Taipe por ser siempre los principales promotores de mis sueños, ya que siempre me brindan su apoyo incondicional para lograr cumplir todas mis metas y objetivos personales y académicos, ellos son los que con su cariño me han inspirado siempre a perseguir mis metas y nunca dejarlas frente a las adversidades de la vida.

Agradecer a mi mamá Susana que me apoyó en el transcurso de mi carrera y que nunca me abandonó a igual que mis hermanos Carolina, Belén, Mariela, Israel, Christian.

A mi enamorada Valeria Arboleda que me apoyó desde el principio hasta el final

A toda mi familia que siempre está conmigo incondicionalmente y que siempre estuvieron conmigo y que nunca me dejaron solo para poder culminar mi carrera.

Quiero también agradecer de una manera muy especial al Ingeniero Luis Oñate, por su ayuda y apoyo para desarrollar a cabo el presente proyecto, también agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana a toda la facultad de ingeniería en Telecomunicaciones, a los ingenieros quienes con sus enseñanzas y sus valiosos conocimientos lograron que pueda ir creciendo día a día como un profesional, mis sinceros agradecimientos a cada uno por su dedicación, paciencia, apoyo incondicional y amistad.

A todos mis compañeros y amigos que siempre estuvimos en las buenas y malas desde el comienzo hasta el final.

**KÉVIN MORALES**

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b><i>i</i></b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b><i>iv</i></b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b><i>vi</i></b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b><i>vii</i></b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 PROBLEMAS DE ESTUDIO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 OJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
1.3.1 <b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	13
1.3.2 <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	13
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>1.5 METODOLOGÍA</b> .....	<b>14</b>
1.5.1 <b>PARADIGMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	14
1.5.2 <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	15
1.5.3 <b>ALCANCE</b> .....	15
1.5.4 <b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 INTRODUCCIÓN AL RECONOCIMIENTO FACIAL</b> .....	<b>16</b>
2.1.1 <b>APLICACIONES Y CASOS DE USO EN LA ACTUALIDAD</b> .....	16
<b>2.2 SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO PARA MASCOTAS</b> .....	<b>16</b>
2.2.1 <b>NECESIDAD DE CONTROL Y SEGURIDAD EN ENTONOS DOMÉSTICOS</b> .....	16
<b>2.3 TECNOLOGÍA DE RASPBERRY Y PYTHON</b> .....	<b>17</b>
2.3.1 <b>RASPBERRY PI 3</b> .....	17
2.3.2 <b>RASPBIAN</b> .....	18
2.3.3 <b>ALMACENAMIENTO LOCAL EN DISPOSITIVO IOT</b> .....	18
2.3.4 <b>CÁMARA DE RASPBERRY</b> .....	19
2.3.5 <b>SERVOMOTORES</b> .....	20
2.3.6 <b>SENSOR DE MOVIMIENTO PIR</b> .....	21
<b>2.4 INTERNET DE LAS COSAS (IoT) Y RECONOCIMIENTO FACIAL</b> .....	<b>22</b>
2.4.1 <b>CONCEPTOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DE IOT</b> .....	22
2.4.2 <b>RECONOCIMIENTO FACIAL</b> .....	22
2.4.3 <b>INTEGRACIÓN DE IOT CON EL RECONOCIMIENTO FACIAL</b> .....	23
<b>2.5 FIREBASE</b> .....	<b>24</b>
2.5.1 <b>INTEGRACIÓN COMO BASE DE DATOS EN LA NUBE</b> .....	24

<b>2.6</b>	<b>VNC VIEWER</b> .....	<b>25</b>
2.6.1	MONITOREO Y ACCESO REMOTO.....	25
<b>2.7</b>	<b>OPENCV</b> .....	<b>25</b>
2.7.1	FUNCIONALIDADES DEL CLASIFICADOR HAAR.....	25
<b>CAPÍTULO 3</b> .....		<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA</b> .....	<b>27</b>
3.1.1	SUBSISTEMA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES.....	28
3.1.2	SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.....	28
3.1.3	SUBSISTEMA DE CONTROL DE PUERTA.....	29
<b>3.2</b>	<b>CONFIGURACIÓN DE HARDWARE</b> .....	<b>30</b>
3.2.1	RASPBERRY PI.....	30
3.2.2	CONFIGURACIÓN DE SERVOMOTORES.....	30
3.2.3	CALIBRACIÓN DE SENSOR DE MOVIMIENTO.....	31
<b>3.3</b>	<b>DESARROLLO DE SOFTWARE</b> .....	<b>32</b>
3.3.1	INSTALACIÓN DE OPENCV.....	33
3.3.2	CONFIGURACIÓN DE FIREBASE.....	33
<b>3.4</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE RECONOCIMIENTO FACIAL</b> .....	<b>33</b>
3.4.1	Captura y carga de imágenes.....	33
3.4.2	COMPARACIÓN.....	35
3.4.3	INTEGRACIÓN DE COMPONENTES.....	36
<b>CAPÍTULO 4</b> .....		<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>PRUEBAS Y VALIDACIÓN</b> .....	<b>39</b>
4.1.1	PRUEBAS DE IMÁGENES DE REFERENCIA.....	39
4.1.2	PRUEBA DE CAPTURA DE IMÁGENES EN TIEMPO REAL.....	39
4.1.3	PRUEBA DE CONTROL DE SERVOMOTOR Y ÁNGULOS DE MOVIMIENTO.....	40
4.1.4	PRUEBAS DE SENSOR DE MOVIMIENTO PIR.....	41
<b>4.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE ROSTROS</b> .....	<b>41</b>
4.2.1	REGISTRO DE ACTIVIDAD EN FIREBASE.....	42
<b>4.3</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA</b> .....	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>PRUEBAS DE USABILIDAD</b> .....	<b>45</b>
<b>4.5</b>	<b>EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO</b> .....	<b>46</b>
4.5.1	Encuesta.....	47
<b>4.6</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 5</b> .....		<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO 6</b> .....		<b>54</b>
<b>6.1</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Raspberry Pi 3 B+</i> .....	18
<i>Figura 2. Cámara Raspberry Pi</i> .....	20
<i>Figura 3. Servomotor</i> .....	21
<i>Figura 4. Sensor de movimiento PIR</i> .....	21
<i>Figura 5. Patrones específicos de mascotas</i> .....	23
<i>Figura 6. Software VNC Viewer</i> .....	25
<i>Figura 7. Diseño del sistema</i> .....	27
<i>Figura 8. Configuración de servomotores</i> .....	31
<i>Figura 9. Configuración de sensor PIR</i> .....	32
<i>Figura 10. Captura de imágenes</i> .....	34
<i>Figura 11. Comparación de rostros</i> .....	36
<i>Figura 12. Reconocimiento y control de acceso</i> .....	38
<i>Figura 13. Imágenes de referencia guardadas de manera local</i> .....	39
<i>Figura 14. Captura de imagen en tiempo real</i> .....	40
<i>Figura 15. Calibración de servomotores</i> .....	40
<i>Figura 16. Calibración de sensor de movimiento PIR</i> .....	41
<i>Figura 17. Registro de actividad en tiempo real</i> .....	42
<i>Figura 18. Registro de actividad en la nube</i> .....	43
<i>Figura 19. Implementación del dispositivo</i> .....	44
<i>Figura 20. Imágenes subidas a la base de dato</i> .....	44
<i>Figura 21. Imágenes capturadas y subidas con éxito</i> .....	44
<i>Figura 22. Alertas y detección de rostro</i> .....	45
<i>Figura 23. Frame capturado en video</i> .....	45
<i>Figura 24. Diagrama del sistema de reconocimiento facial</i> .....	47
<i>Figura 25. Diagrama de seguridad y bienestar</i> .....	48
<i>Figura 26. Diagrama de la apertura de la puerta</i> .....	49
<i>Figura 27. Diagrama de precisión del sistema</i> .....	49
<i>Figura 28. Diagrama de recomendaciones</i> .....	50
<i>Figura 29. Observaciones de los dueños de las mascotas</i> .....	50
<i>Figura 28. Recopilación de resultados generales</i> .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Comparación de imágenes .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 2. Usabilidad del dispositivo.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 3. Resultado del sistema de reconocimiento facial.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 4. Resultado de seguridad y bienestar .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 5. Resultado de la apertura de la puerta.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 6. Resultado de precisión del sistema de reconocimiento facial.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 7. Resultado de recomendaciones .....</b>	<b>50</b>

## RESUMEN

El proyecto titulado "Desarrollo de un dispositivo de reconocimiento facial de mascotas mediante Internet de las Cosas" presenta un sistema automatizado para controlar el acceso de mascotas utilizando tecnología de reconocimiento facial. La implementación emplea una Raspberry Pi 3 B+ y una PiCamera para capturar imágenes en tiempo real, mientras que la biblioteca Pygame permite una vista previa en vivo. Para identificar y reconocer rostros, se utiliza el algoritmo Haar Cascade Classifier de OpenCV. Las imágenes de referencia de las mascotas autorizadas se almacenan en Firebase Storage, y Firebase Firestore se utiliza para registrar las actividades de entrada y salida. Al reconocer una mascota, se activan servomotores que abren una puerta automatizada. Un sensor de movimiento PIR detecta la salida de las mascotas y registra esta actividad en Firebase. El sistema ha sido sometido a pruebas rigurosas para asegurar su precisión y funcionalidad, demostrando la viabilidad de utilizar el reconocimiento facial para el control del acceso de mascotas. La incorporación de tecnologías avanzadas, como la Raspberry Pi, OpenCV y Firebase permite una solución eficiente y confiable, mejorando la seguridad y comodidad en los hogares modernos.

**Palabras clave:** reconocimiento facial, mascotas, Internet de las Cosas, Raspberry Pi, Firebase, visión por computadora, automatización.

## ABSTRACT

The project titled "Development of a Pet Facial Recognition Device Using the Internet of Things" introduces an automated system to control pet access using facial recognition technology. The implementation employs a Raspberry Pi 3 B+ and a PiCamera to capture real-time images, with Pygame providing a live preview. For face detection and recognition, the Haar Cascade Classifier algorithm from OpenCV is used. Reference images of authorized pets are stored in Firebase Storage, and Firebase Firestore is used to log entry and exit activities. When a pet is recognized, servomotors are activated to open an automated door. A PIR motion sensor detects the pets' departure and records this activity in Firebase. The system has undergone rigorous testing to ensure its accuracy and functionality, demonstrating the feasibility of using facial recognition for pet access control. The inclusion of sophisticated technologies like the Raspberry Pi, OpenCV, and Firebase provides an efficient and reliable solution, enhancing security and convenience in modern homes.

**Keywords:** facial recognition, pets, Internet of Things, Raspberry Pi, Firebase, computer vision, automation.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología está en constante evolución, y con ella, nuestras vidas cotidianas se vuelven cada vez más conectadas e inteligentes. En este contexto, el desarrollo de dispositivos de reconocimiento facial ha abierto nuevas posibilidades para la automatización y la seguridad en el hogar. Este proyecto, titulado "Desarrollo de un Dispositivo de Reconocimiento Facial de Mascotas Mediante Internet de las Cosas," se centra en la creación de una solución innovadora para gestionar el acceso de las mascotas al hogar utilizando tecnología de reconocimiento facial y la plataforma de (IoT).

Las mascotas, para muchos, son miembros de la familia, y garantizar su bienestar y seguridad es una prioridad. Tradicionalmente, los dueños de mascotas han dependido de puertas para mascotas que se abren manualmente o mediante collares especiales. Sin embargo, estos métodos tienen sus limitaciones, como la pérdida de collares o el acceso no autorizado de otros animales. Este proyecto busca superar esas limitaciones al desarrollar un sistema que permita a las mascotas entrar y salir del hogar de manera segura y autónoma, utilizando su rostro como llave.

El corazón de este proyecto es un dispositivo basado en Raspberry Pi 3 B+, equipado con una cámara PiCamera. Este dispositivo captura imágenes en tiempo real y utiliza algoritmos avanzados de visión por computadora, específicamente el clasificador de Haar Cascade de OpenCV, para detectar y reconocer los rostros de las mascotas. Las imágenes de referencia de las mascotas autorizadas se almacenan en Firebase Storage, y todas las actividades de entrada y salida se registran en Firebase Firestore, creando un registro detallado de los movimientos de las mascotas.

La integración de servomotores permite la apertura automática de una puerta cuando se reconoce a una mascota autorizada. Además, un sensor de movimiento PIR detecta la salida de las mascotas, garantizando que la puerta se abra únicamente cuando sea necesario. Este sistema no solo mejora la seguridad al prevenir el acceso de animales no autorizados, sino que también ofrece comodidad a los dueños de mascotas, eliminando la necesidad de intervenir manualmente.

Este proyecto no solo se centra en la implementación técnica, sino que también considera la usabilidad y el rendimiento del sistema. La evaluación de rendimiento se ha llevado a cabo para determinar la eficiencia del sistema

La metodología, presentada en el tercer capítulo, se detalla el diseño y la implementación del sistema. Cubriendo tanto los componentes físicos como los programas informáticos, incluyendo la implementación del algoritmo de reconocimiento facial mediante clasificadores Haar. Se detalla la integración de componentes clave como la interfaz con Firebase para almacenamiento de datos y VNC Viewer para monitoreo remoto. Las pruebas y validaciones realizadas aseguran la funcionalidad y precisión del sistema, evaluando su desempeño bajo diversas condiciones. En el cuarto capítulo, se exponen los efectos y se analizan en detalle. Evaluando la eficacia del reconocimiento de imagen y la identificación de rostros en mascotas, destacando la implementación práctica del sistema. Las pruebas de usabilidad revelan la facilidad de interacción del usuario con el dispositivo, mientras que la evaluación de rendimiento evidencia la precisión y eficiencia del sistema en la detección y respuesta ante eventos de acceso. Por último, se lleva a cabo un estudio crítico de los resultados, identificando áreas para mejorar y posibles aplicaciones futuras para el sistema de reconocimiento facial de mascotas.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 PROBLEMAS DE ESTUDIO

El creciente número de hogares con mascotas plantea desafíos en términos de seguridad y control de acceso. Muchos propietarios enfrentan la preocupación constante de que sus mascotas puedan escapar o ingresar a lugares no deseados, lo que puede resultar en pérdida, daños a la propiedad o incluso riesgos para la seguridad de las mascotas [1]. Además, la falta de métodos efectivos para monitorear y controlar el movimiento de las mascotas puede generar estrés adicional en los propietarios y limitar su libertad para dejar a las mascotas solas en casa [2].

La necesidad de desarrollar un dispositivo de reconocimiento facial para permitir la entrada de mascotas a su hogar conlleva el desafío de desarrollar un sistema preciso y confiable que pueda identificar de manera efectiva a las mascotas autorizadas y diferenciarlas de otras mascotas o intrusos. Esta pregunta cubre cuestiones técnicas, así como consideraciones prácticas, como integrar dispositivos en la infraestructura doméstica existente y garantizar una experiencia fluida y segura al garantizar la protección de la confidencialidad y la seguridad para resguardar la información personal del propietario [3].

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Según el planteamiento del problema, este trabajo se centrará en crear un sistema de reconocimiento facial de IoT para mascotas, dirigido principalmente para dueños de mascotas que necesitan una solución de control de acceso inteligente para sus animales de compañía, por medio de este dispositivo se permita el acceso autorizado de las mascotas a diferentes partes del hogar, de esta manera se puede restringir algunas áreas a los animales, así el dispositivo asegura y limita el acceso a estas áreas, ya que algunos lugares pueden ser peligrosos para las mascotas y evitar accidentes, como en la cocina e impedir lesiones a las mascotas [2]. El dispositivo registra el acceso de los animales, lo que implica identificar patrones de actividad y cambios de comportamiento [4].

Para planear estos desafíos, se propone implementar un sistema integral de seguridad y

supervisión de acceso para mascotas empleando la tecnología de Raspberry Pi y la programación con lenguaje de Python [5]. Dicho sistema innovador aprovechará las capacidades de la Raspberry Pi como una plataforma de computación versátil y de bajo costo, junto con la flexibilidad y potencia de Python como un lenguaje de programación fácil de aprender y altamente compatible [6].

El desafío es lograr una alta precisión en el reconocimiento facial debido a varios factores como la raza, la edad, el pelaje, las expresiones faciales, los efectos de iluminación y los ángulos inusuales del animal [7]. El dispositivo debe reconocer de forma fiable diferentes tipos de mascotas. El almacenamiento de fotografías de mascotas es un desafío puesto que los animales necesitan moverse para mantenerse saludables y tener una circulación adecuada, ya que de no ser el caso pueden volverse ansiosos o estresados si permanecen inmóviles durante largos períodos de tiempo, lo que también provocará cambios en sus expresiones faciales y posturas, dando como resultado desenfoques, fondos ruidosos o distracciones visuales que pueden afectar la exactitud del reconocimiento facial [8]. El dispositivo debe poder hacer frente a este comportamiento impredecible.

## **1.3 OJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de reconocimiento facial basado en Internet de las Cosas (IoT) para la identificación de mascotas, con el fin de permitir el acceso seguro y controlado a diferentes áreas del hogar, mejorando la seguridad y bienestar de las mascotas y brindando tranquilidad a sus propietarios.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Examinar y especificar los requisitos técnicos necesarios para desarrollar un sistema de reconocimiento facial de mascotas, considerando factores como la diversidad de razas, condiciones de iluminación y comportamientos impredecibles.
- Diseñar y desarrollar un prototipo funcional del dispositivo de reconocimiento facial utilizando Raspberry Pi y Python, integrando sensores y cámaras para capturar y procesar imágenes de las mascotas.
- Realizar pruebas exhaustivas del prototipo en diferentes entornos domésticos para

evaluar su precisión y fiabilidad, y ajustar el diseño según los resultados obtenidos para asegurar su viabilidad técnica y económica.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La implementación de un sistema de reconocimiento facial para mascotas a través de la Internet de las Cosas (IoT) se justifica por la creciente necesidad de mejorar la protección y el control de acceso en hogares con animales de compañía. En la actualidad, los dueños enfrentan desafíos significativos al intentar proteger a sus mascotas de posibles accidentes o pérdidas al escapar o acceder a áreas peligrosas dentro del hogar. Un sistema de reconocimiento facial específicamente diseñado para mascotas permitiría a los propietarios gestionar de manera precisa y segura los accesos, restringiendo áreas como cocinas o habitaciones con productos químicos.

Además, este sistema aborda la inquietud por el bienestar emocional de las mascotas al permitir un control de acceso basado en identificación facial, evitando el estrés asociado con métodos tradicionales más restrictivos como puertas cerradas o limitaciones físicas. Esto no solo beneficia la calidad de vida de los animales al disminuir la ansiedad y aumentar su libertad controlada en el hogar, sino que también proporciona tranquilidad a los propietarios que pueden estar ausentes temporalmente, sabiendo que sus mascotas están seguras y protegidas.

Desde el punto de vista técnico, la creación de este sistema se beneficia de avances en la visión artificial y la inteligencia artificial, haciendo uso de plataformas como Raspberry Pi y lenguajes de programación como Python para desarrollar una solución robusta y adaptable. La combinación de hardware versátil y software flexible no solo facilita la captura y el procesamiento eficiente de imágenes, sino que también permite integrar el sistema fácilmente en la infraestructura doméstica existente, asegurando una implementación accesible y sencilla para los usuarios finales.

## **1.5 METODOLOGÍA**

### **1.5.1 PARADIGMA DE INVESTIGACIÓN**

El enfoque metodológico elegido para este proyecto es positivista, caracterizado por su enfoque en la objetividad, la verificabilidad de los fenómenos estudiados. Este enfoque permite abordar el desarrollo del sistema de reconocimiento facial para mascotas A través de una metodología experimental, se busca generar conocimiento mediante la observación sistemática y

experimentación controlada. Este enfoque permite aplicar métodos cuantitativos para analizar los resultados de las pruebas del prototipo, garantizando la validez y fiabilidad de las conclusiones sobre la viabilidad técnica y funcional del sistema propuesto.

### 1.5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación utilizado para el desarrollo del sistema de reconocimiento facial de mascotas mediante IoT es experimental. Este método implica la manipulación controlada de variables para investigar causas y efectos, utilizando pruebas y análisis cuantitativos para validar la efectividad y viabilidad del prototipo desarrollado. Mediante la aplicación de un diseño experimental, se busca obtener conocimiento empírico sobre la precisión del reconocimiento facial en diferentes condiciones y entornos domésticos, proporcionando una base firme para las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

### 1.5.3 ALCANCE

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar e implementar un sistema de reconocimiento facial basado en Internet de las Cosas (IoT) para mascotas. Se abordarán aspectos técnicos y prácticos necesarios para asegurar la identificación precisa de las mascotas autorizadas, permitiendo su acceso controlado a diferentes áreas del hogar. El proyecto incluirá la investigación, diseño y construcción de un prototipo funcional utilizando tecnologías como Raspberry Pi y Python. Además, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para estimar la precisión y fiabilidad del sistema en diversas condiciones domésticas, con el objetivo de validar su viabilidad técnica y potencial aplicación en entornos reales.

### 1.5.4 UNIDAD DE ANÁLISIS.

Los rasgos faciales únicos de perros y gatos como mascotas.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 INTRODUCCIÓN AL RECONOCIMIENTO FACIAL

#### 2.1.1 APLICACIONES Y CASOS DE USO EN LA ACTUALIDAD

El reconocimiento facial ha sobresalido como una tecnología transformadora con una amplia gama de aplicaciones prácticas en diversos sectores. Esta innovación cuyos algoritmos son avanzados para identificar y verificar individuos mediante características faciales únicas, ofreciendo un nivel sin precedentes de seguridad, conveniencia y eficiencia en numerosos escenarios.

- **Aplicaciones en Seguridad y Control de Acceso:** En cuanto a la seguridad, el reconocimiento facial se ha convertido en un mecanismo fundamental para el control de accesos en instalaciones críticas como aeropuertos, edificios gubernamentales y empresas. La capacidad de identificar de manera precisa a personas autorizadas o sospechosas en tiempo real permite mejorar la vigilancia y responder de manera rápida ante amenazas potenciales [10].

### 2.2 SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO PARA MASCOTAS

El acceso y la seguridad de las mascotas en entornos domésticos presentan desafíos únicos que requieren soluciones efectivas para garantizar su bienestar y protección dentro y fuera del hogar. En este contexto, es crucial abordar problemáticas específicas que afectan el control de acceso y la seguridad de las mascotas.

Las mascotas, como perros y gatos, tienen patrones de comportamiento distintivos que a menudo pueden desafiar los métodos tradicionales sobre control de acceso diseñados para humanos. Las preocupaciones principales incluyen la capacidad de las mascotas para abrir puertas o portones diseñados para humanos, escapar accidentalmente a través de áreas abiertas y el riesgo de interactuar con extraños no autorizados.

#### 2.2.1 NECESIDAD DE CONTROL Y SEGURIDAD EN ENTORNOS DOMÉSTICOS

La seguridad y el control de acceso de las mascotas en entornos domésticos son aspectos

fundamentales para garantizar su bienestar y protección. En el contexto actual, donde las mascotas son consideradas parte integral de la familia, es crucial implementar soluciones que aborden de manera efectiva los desafíos específicos que enfrentan.

En primer lugar, las mascotas pueden enfrentarse a riesgos como la posibilidad de escapar inadvertidamente del hogar, lo cual puede llevar a situaciones peligrosas como accidentes de tráfico o pérdidas. Además, su curiosidad natural y su capacidad para explorar entornos pueden exponerlas a peligros externos, como la interacción con animales agresivos o la exposición a sustancias tóxicas [11].

La tecnología desempeña un papel crucial en la mitigación de estos riesgos al permitir la implementación de sistemas avanzados de control de acceso. Estos sistemas no solo facilitan la identificación y autenticación de mascotas autorizadas mediante métodos como el reconocimiento facial, sino que también ofrecen la capacidad de monitorear y registrar actividades en tiempo real. Esto no solo ayuda a prevenir escapadas no deseadas, sino que también permite una respuesta rápida ante cualquier incidencia.

Además, es fundamental considerar el bienestar psicológico de las mascotas al implementar medidas de seguridad. Es importante que cualquier solución tecnológica adoptada no restrinja de manera excesiva su movimiento ni interfiera con su comodidad en el hogar. Por ello, los sistemas deben diseñarse de manera que promuevan un entorno seguro sin comprometer la libertad de movimiento y exploración natural de las mascotas.

## **2.3 TECNOLOGÍA DE RASPBERRY Y PYTHON**

### **2.3.1 RASPBERRY PI 3**

La Raspberry Pi 3 es una versión avanzada de las computadoras, diseñada para ser accesible y fácil de usar. Equipada con un procesador ARM Cortex-A53 de 64 bits y cuatro núcleos, 1 GB de RAM, y conectividad integrada Wi-Fi y Bluetooth, esta placa es ideal para aplicaciones IoT. Su capacidad de procesamiento mejorada y la presencia de interfaces GPIO (General Purpose Input/Output) permiten la conexión y control de una variedad de dispositivos periféricos, convirtiendo a la Raspberry Pi 3 en una plataforma flexible y poderosa.

En el contexto de un dispositivo de reconocimiento facial para mascotas, la Raspberry Pi 3 proporciona el hardware necesario para capturar y procesar imágenes, ejecutar algoritmos de reconocimiento facial, y gestionar la comunicación con varios dispositivos en la red. Esto garantiza una operación eficiente y en tiempo real. La capacidad de interactuar con cámaras de

alta resolución permite capturar imágenes detalladas, crucial para un reconocimiento facial preciso. Además, su conectividad Wi-Fi y Bluetooth facilita la integración del dispositivo en un sistema IoT más amplio, permitiendo la transmisión de datos al igual que la de recepción de comandos de manera fluida [12].



Figura 1. Raspberry Pi 3 B+

### 2.3.2 RASPBIAN

Raspbian es el sistema operativo recomendado para el uso en dispositivos Raspberry Pi, y en el contexto de nuestro proyecto, juega un papel fundamental en el desarrollo del dispositivo de reconocimiento facial para mascotas mediante Internet de las Cosas (IoT). Este sistema operativo, basado en Debian, es altamente funcional para el hardware de Raspberry Pi, ofreciendo un entorno ligero y eficiente que facilita la implementación de diversas aplicaciones. En nuestro caso, Raspbian proporciona la base sobre la cual se ejecutan los algoritmos de detección y reconocimiento facial desarrollados en Python. Además, su amplia compatibilidad con bibliotecas y herramientas específicas para visión artificial y procesamiento de imágenes, como OpenCV, permite abordar los desafíos técnicos inherentes a la variabilidad en las características faciales de las mascotas, tales como las diferencias en pelaje y expresiones faciales. La estabilidad y flexibilidad de Raspbian aseguran que el sistema se pueda ejecutar de manera continua y confiable, garantizando un control de acceso seguro y eficiente en el hogar, mejorando así la seguridad y el bienestar de las mascotas. [13].

### 2.3.3 ALMACENAMIENTO LOCAL EN DISPOSITIVO IOT

El almacenamiento local en dispositivos IoT, como la Raspberry Pi 3 B+, se presenta como una estrategia robusta para gestionar datos críticos en entornos donde la conectividad a la nube puede ser limitada o no deseada. En el contexto del proyecto de reconocimiento facial para mascotas, el enfoque en el almacenamiento local permite mantener la autonomía operativa y la seguridad de los datos dentro del ecosistema de IoT.

La capacidad de almacenar datos directamente en el dispositivo IoT proporciona autonomía para operar sin depender de una conexión a Internet constante. Esto asegura que el sistema de reconocimiento facial para mascotas permita el funcionamiento de manera continua incluso en condiciones de red intermitentes o ausentes.

#### 2.3.4 CÁMARA DE RASPBERRY

La cámara de Raspberry Pi es un componente esencial en el desarrollo de un dispositivo de reconocimiento facial para mascotas utilizando IoT. Esta cámara se integra directamente con la placa Raspberry Pi, permitiendo capturar imágenes y videos de alta calidad necesarios para el análisis facial. La facilidad de uso y la compatibilidad con las bibliotecas de Python hacen de esta cámara una herramienta ideal para proyectos de visión por computadora. Su capacidad para funcionar en diversas condiciones de iluminación y su diseño compacto facilitan su incorporación en sistemas de seguridad doméstica, asegurando que las imágenes capturadas sean adecuadas para la identificación precisa de las mascotas. Además, la cámara de Raspberry Pi es altamente configurable, lo que permite ajustes en la resolución y la tasa de fotogramas para optimizar el procesamiento y almacenamiento de datos en el sistema IoT [14]. Asimismo, la capacidad de la cámara para integrarse con otros sensores y dispositivos IoT amplía su funcionalidad, permitiendo la creación de un sistema más robusto y completo que no solo identifica a las mascotas, sino que también monitorea su comportamiento y envía alertas en tiempo real a los propietarios, mejorando así la seguridad y el bienestar de las mascotas en el hogar.

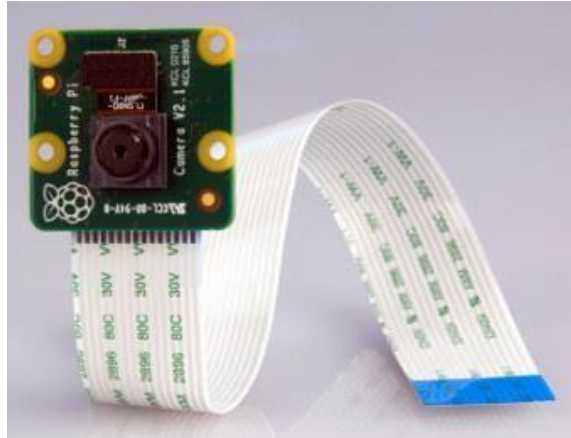


Figura 2. Cámara Raspberry Pi

### 2.3.5 SERVOMOTORES

Los servomotores son dispositivos electromecánicos utilizados para controlar el movimiento preciso en aplicaciones donde se requiere posicionamiento exacto, como en sistemas robóticos y mecanismos automatizados. Funcionan mediante la retroalimentación de posición, lo que les permite mantener y ajustar su posición angular de manera precisa. Este tipo de motor consta de un motor eléctrico, un conjunto de engranajes para reducción de velocidad, y un sistema de control que incluye un circuito de retroalimentación (como un potenciómetro) para medir y ajustar la posición angular del eje de salida. La señal de control enviada al servomotor determina la posición deseada, y el motor ajusta su posición hasta alcanzarla, ofreciendo así un control preciso sobre el movimiento. Esta precisión en el movimiento es esencial para garantizar que las cámaras puedan ajustar su ángulo de visión en respuesta a la detección de movimiento, asegurando una cobertura completa del área monitoreada [15]. Además, la capacidad de los servomotores para realizar movimientos rápidos y precisos permite que el sistema responda eficazmente a los cambios en el entorno, mejorando la eficiencia y efectividad del sistema de reconocimiento facial.



Figura 3. Servomotor

### 2.3.6 SENSOR DE MOVIMIENTO PIR

El sensor PIR es un componente crucial en el sistema de detección de movimiento que funciona detectando objetos en su campo de visión. En el proyecto de desarrollo de un dispositivo de reconocimiento facial para mascotas, el sensor PIR desempeña un papel crucial al activar el sistema de captura de imágenes cuando detecta movimiento, permitiendo así la recopilación de datos específicos para el reconocimiento facial de mascotas de manera eficiente y precisa. Además de activar la captura de imágenes, el sensor PIR puede integrarse con otros componentes del sistema, como los servomotores, para dirigir la cámara hacia el área de detección de movimiento. Esto asegura que las imágenes capturadas sean de alta calidad y relevancia para el análisis facial. La incorporación del sensor PIR en el dispositivo no solo optimiza el uso de recursos al evitar la captura continua de imágenes, sino que también mejora la precisión y rapidez del sistema al responder de manera inmediata a la presencia de la mascota [15].



Figura 4. Sensor de movimiento PIR

## **2.4 INTERNET DE LAS COSAS (IoT) Y RECONOCIMIENTO FACIAL**

### **2.4.1 CONCEPTOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DE IOT**

El Internet de las Cosas (IoT) en el contexto del proyecto de reconocimiento facial para mascotas se vincula a la red interconectada de dispositivos físicos equipados con sensores y actuadores, que utilizan la conectividad de internet para capturar, procesar y transmitir datos. Estos dispositivos, como la Raspberry Pi y cámaras conectadas, permiten el reconocimiento facial de mascotas mediante la adquisición de imágenes y la comparación con bases de datos almacenadas en la nube [9].

La seguridad al igual que la privacidad son aspectos críticos del Internet de las Cosas debido a la gran cantidad de datos sensibles que se generan y comparten entre dispositivos y plataformas. El IoT tiene aplicaciones en una amplia variedad que incluye la domótica (hogar inteligente), ciudades inteligentes, salud digital, agricultura inteligente, industria 4.0, transporte inteligente, entre otros. Estas aplicaciones mejoran la eficiencia operativa, optimizan el uso de recursos, mejoran la calidad de vida y permiten tomar decisiones más informada.

### **2.4.2 RECONOCIMIENTO FACIAL**

El reconocimiento facial es una tecnología avanzada que permite determinar y comprobar la identidad de un individuo mediante el análisis de singularidades faciales únicas. En el proyecto de desarrollo de un dispositivo de reconocimiento facial para mascotas utilizando IoT, esta tecnología se adapta para detectar y reconocer patrones faciales específicos en animales domésticos. Utilizando algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales, el sistema puede identificar a las mascotas basándose en rasgos como la forma de la nariz, y geometría de los ojos y la distribución de las marcas faciales, facilitando así la seguridad y el acceso controlado a áreas restringidas [16].

Además, el uso de redes neuronales profundas permite mejorar continuamente la precisión del reconocimiento a través de la retroalimentación y el aprendizaje continuo, adaptándose a cambios en la apariencia de las mascotas a lo largo del tiempo. Este enfoque también posibilita la integración de funciones adicionales como el monitoreo del bienestar de las mascotas mediante la detección de expresiones faciales anómalas o comportamientos inusuales, ofreciendo así a los propietarios una herramienta avanzada para el cuidado de sus animales. [17].

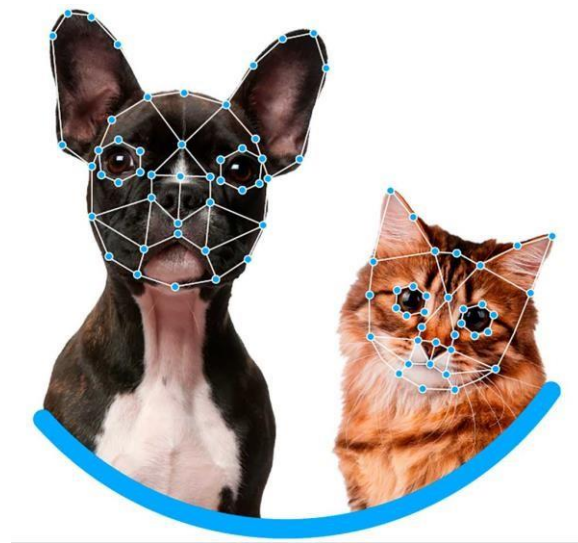


Figura 5. Patrones específicos de mascotas

### 2.4.3 INTEGRACIÓN DE IOT CON EL RECONOCIMIENTO FACIAL

La integración de Internet de las Cosas (IoT) con el reconocimiento facial representa un avance significativo en la convergencia de tecnologías para aplicaciones diversas, desde la seguridad hasta la automatización del hogar. Este apartado explora cómo la combinación de estas tecnologías puede ser aplicada específicamente en un contexto de puerta automatizada para mascotas utilizando una Raspberry Pi 3 como plataforma central [3].

En el contexto de este proyecto, la Raspberry Pi 3 actúa como un nodo central que controla y gestiona los dispositivos periféricos, como cámaras, sensores y actuadores. Facilita la integración y coordinación de estas tecnologías para crear un sistema automatizado y conectado.

#### **Componentes y Funcionamiento**

- **Captura de Imagen:** Por medio de la cámara capturar imágenes de las mascotas que se aproximan a la puerta. Estas imágenes se utilizan como datos de entrada para el proceso de reconocimiento facial.
- **Procedimiento de Datos:** Utilizando bibliotecas de software como OpenCV, las imágenes capturadas se procesan para hallar y extraer características faciales relevantes. Esto incluye la afinidad de puntos clave como los ojos, la geometría de la nariz al igual que la boca, así como la comparación de estas características con imágenes

de referencia almacenadas en la nube y de manera local.

- **Base de Datos y Gestión de Perfiles:** Una base de datos, como Firebase, almacena imágenes de referencia de mascotas autorizadas. Permite la gestión eficiente de perfiles de mascotas, facilitando la adición y eliminación de perfiles según sea necesario para el acceso autorizado.
- **Control de Acceso y Automatización:** Cuando una mascota reconocida se acerca a la puerta, los datos de reconocimiento facial validan su identidad. Si coincide con un perfil autorizado, dos servomotores sincronizados controlan la apertura de la puerta. Un sensor de movimiento adicional detecta la salida de la mascota.

## 2.5 FIREBASE

Firebase se presenta para la gestión de datos en proyectos de IoT, proporcionando capacidades de almacenamiento y gestión eficientes en la nube. Esta plataforma de desarrollo móvil y web de Google ofrece herramientas integrales que pueden ser especialmente útiles en contextos donde se requiere una base de datos escalable y accesible desde dispositivos IoT como la Raspberry Pi [18].

### 2.5.1 INTEGRACIÓN COMO BASE DE DATOS EN LA NUBE

Firebase facilita la sincronización en tiempo real, una característica esencial para aplicaciones de monitoreo y control de acceso basadas en reconocimiento facial. Esta capacidad asegura que cualquier cambio en los datos, como la detección de una mascota autorizada o un evento de salida, se refleje instantáneamente en todos los dispositivos conectados y en la interfaz de administración. Además, ofrece APIs robustas y SDKs adaptados que simplifican la integración con dispositivos IoT, permitiendo una configuración rápida y eficiente del entorno de base de datos en la nube [19].

Además de su función como almacenamiento centralizado, Firebase ofrece herramientas integradas para el análisis de datos y el monitoreo del rendimiento del sistema. Esto permite a los desarrolladores obtener insights valiosos sobre el comportamiento de las mascotas, patrones de acceso y eficiencia operativa, facilitando decisiones informadas y mejoras continuas en el diseño y la funcionalidad del sistema de reconocimiento facial.

## 2.6 VNC VIEWER

### 2.6.1 MONITOREO Y ACCESO REMOTO

El monitoreo y acceso remoto son aspectos fundamentales en proyectos de IoT como el reconocimiento facial para mascotas con Raspberry Pi 3 B+. Permite a los usuarios supervisar y gestionar el sistema desde cualquier ubicación, mejorando la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante eventos críticos. El VNC Viewer facilita este proceso al proporcionar una conexión segura y una interfaz gráfica intuitiva que permite visualizar y controlar la Raspberry Pi en tiempo real. Esto asegura que los operadores puedan realizar ajustes, verificar el estado del sistema y responder rápidamente a eventos como la detección de mascotas autorizadas o incidencias en el acceso [20].

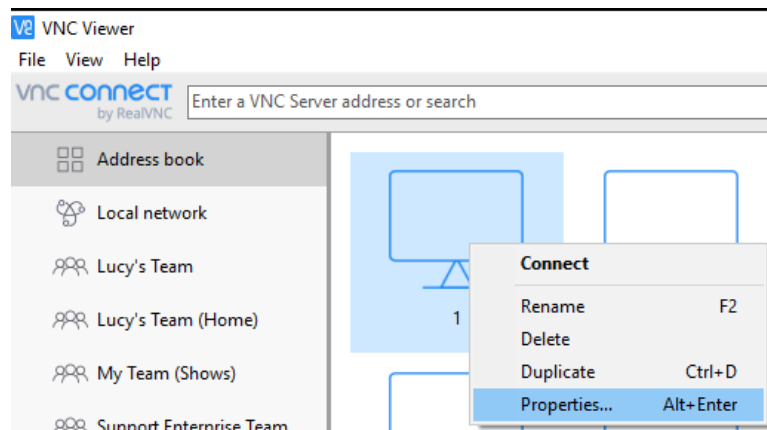


Figura 6. Software VNC Viewer

## 2.7 OPENCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) representa una piedra angular en el desarrollo de sistemas de visión por computadora, ofreciendo herramientas robustas y eficientes para el proceso de imágenes al igual que la detección de objetos. En el ámbito del reconocimiento facial para mascotas, el uso del Clasificador Haar se destaca por su capacidad para identificar patrones visuales característicos, como los rostros de perros y gatos, a través de un análisis detallado de características locales en múltiples escalas y posiciones [21].

### 2.7.1 FUNCIONALIDADES DEL CLASIFICADOR HAAR

El Clasificador Haar es una especialidad considerablemente utilizada en la detección de objetos, incluidos los rostros de humanos y animales, mediante el análisis de características visuales distintivas en una imagen. En el contexto del reconocimiento facial para mascotas en proyectos de IoT como el tuyo, el Clasificador Haar desempeña un papel crucial al permitir la identificación precisa y automática de rostros de perros y gatos [21].

- **Análisis de Características Locales:** El Clasificador Haar evalúa características locales de una imagen mediante el uso de patrones de características rectangulares simples, como bordes claros y oscuros, que son característicos de la región del objeto que se está buscando.
- **Entrenamiento y Aprendizaje:** Antes de la implementación, el Clasificador Haar debe ser entrenado con un conjunto que contienen ejemplos positivos (imágenes con rostros de mascotas) y negativos (imágenes sin rostros de mascotas). Durante el entrenamiento, el algoritmo aprende a distinguir patrones específicos que identifican los rostros de mascotas en las imágenes.
- **Detección Multiescala:** Una de las características distintivas del Clasificador Haar es su capacidad para detectar objetos en diferentes escalas y ubicaciones dentro de una imagen. Esto permite que el sistema sea robusto frente a variaciones en el tamaño y la posición de los rostros de las mascotas dentro del radio de visión de la cámara.
- **Eficiencia Computacional:** Aunque el Clasificador Haar puede ser intensivo en términos computacionales durante el entrenamiento, es altamente eficiente durante la fase de detección en tiempo real. Esto se debe a su capacidad para descartar regiones de la imagen que no contienen características relevantes, optimizando así el proceso de detección.

## CAPÍTULO 3

### 3.1 DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño del sistema incluye la integración de diversos componentes de hardware y software para crear una puerta de reconocimiento facial para mascotas (perros y gatos). El objetivo es permitir el acceso automático de mascotas a través de una puerta controlada por servomotores cuando se reconozca su rostro mediante una cámara. El sistema también debe registrar la actividad en una base de datos Firebase.

Estos subsistemas aseguran el funcionamiento de manera coordinada y eficiente, proporcionando una solución completa para el reconocimiento facial de mascotas y el control automatizado de la puerta, cada componente ha sido seleccionado de manera cuidadosa y configurado para garantizar una operación confiable y precisa, mejorando la seguridad tanto para las mascotas como para el propietario.

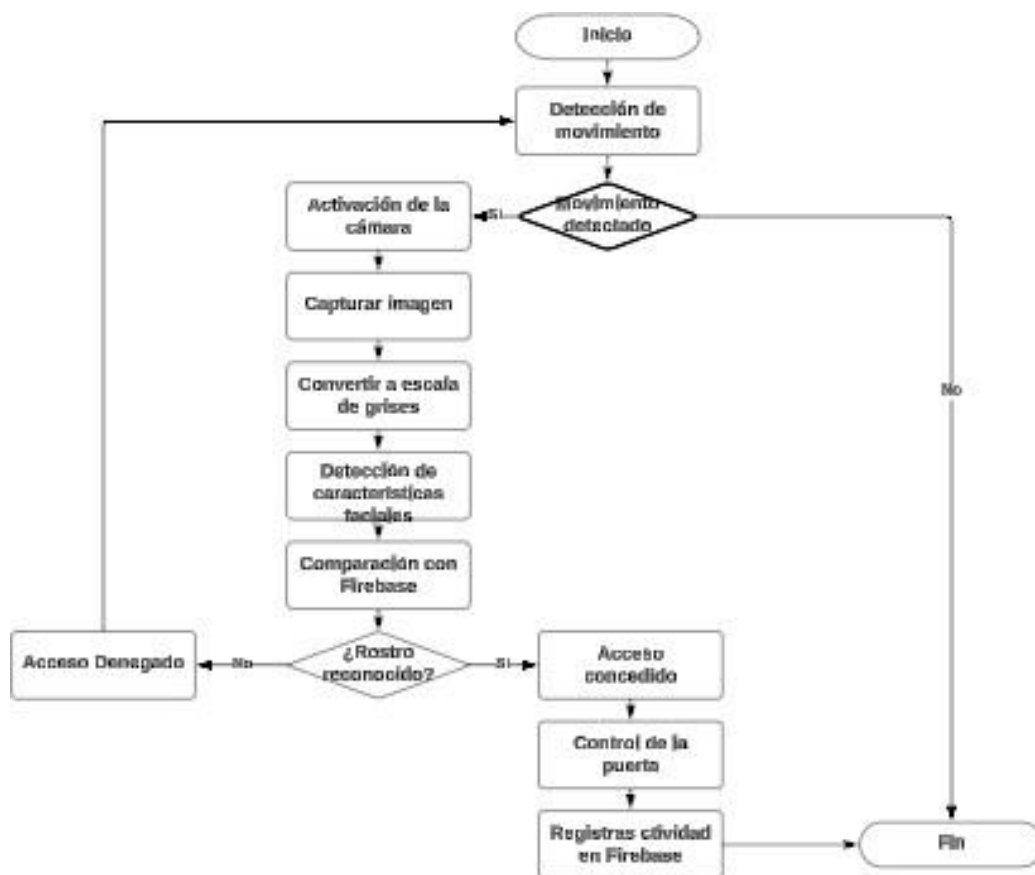


Figura 7. Diseño del sistema

### 3.1.1 SUBSISTEMA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

Este subsistema es fundamental para el funcionamiento del sistema, ya que es el encargado de capturar imágenes de las mascotas cuando se detecta su presencia para ello, los componentes y el proceso de adquisición de las imágenes incluyen:

- La cámara de la Raspberry Pi
- Microcontrolador de Raspberry Pi

El microcontrolador recibe la señal del sensor de movimiento para activar la cámara de la Raspberry Pi y capturar imágenes de la mascota, dicha cámara conectada al puerto CSO (Camera Serial Interface), es capaz de capturar imágenes en alta resolución que son esenciales para el proceso de reconocimiento facial, toma imágenes de la mascota en tiempo real y la transfiere al microcontrolador para su procesamiento de manera inmediata [3].

La Raspberry Pi actúa como el cerebro del sistema gestionando la comunicación entre el sensor de movimiento y la cámara de tal manera que se almacena la imagen capturada en su memoria para su posterior procesamiento.

### 3.1.2 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Este sistema se encarga de analizar las imágenes capturadas para detectar y reconocer el rostro de la mascota y los componentes de las imágenes en las que se incluyen:

- Conversión de la imagen
- Detección de características faciales
- Comparación de características
- Verificación de identidad

Las imágenes capturadas por la cámara se convierte a una escala de grises simplificado el procesamiento y la reducción de cantidad de datos que se necesita para analizar los frames, haciendo uso de técnicas proporcionadas por la biblioteca de OpenCV, el sistema detecta singularidades faciales específicas en la imagen, como los ojos, nariz y boca de la mascota,

dicha detección se basa en algoritmos de enseñanza que han sido entrenados para identificar las características faciales de diferentes tipos de mascotas, como perros y gatos.

Las características faciales detectadas se comparan con la base de datos de imágenes de referencia almacenadas en Firebase al igual que en el Gestor de Archivos de la Raspberry Pi de manera local, estas imágenes de referencia han sido pre capturadas, archivadas en carpetas y etiquetadas. El algoritmo de reconocimiento facial evalúa la similitud entre las características de la imagen capturada y las imágenes de referencia utilizando técnicas de coincidencia de patrones [6].

Si la similitud entre características de la imagen capturada y una de las imágenes de referencia supera un umbral predefinido, el sistema considera que el rostro de la mascota ha sido reconocido con éxito y el subsistema de procesamiento de imágenes envía una señal de confirmación al microcontrolador.

### 3.1.3 SUBSISTEMA DE CONTROL DE PUERTA

Este subsistema controla la puerta y cierre de la puerta mediante servomotores, basándose en los resultados del reconocimiento facial, los componentes y el proceso de control de la puerta incluyen:

- Microcontrolador (Raspberry Pi)
- Servomotores
- Mecanismo de la puerta
- Registro de actividad en la base de datos (Firebase)

El microcontrolador recibe la señal de confirmación del subsistema de procesamiento de imágenes indicando que el rostro de la mascota ha sido reconocido de esta manera se gestiona la comunicación con los servomotores y envía comandos necesarios para controlar su movimiento.

Los dos servomotores están conectados a los pines (GPIO2 Y 3) respectivamente, estos motores de manera sincronizada son los responsables de permitir el acceso mediante el reconocimiento facial, los servomotores convierten las señales eléctricas del microcontrolador en movimiento

mecánicos precisos, moviendo la puerta a la posición que se requiera ya sea abierta o cerrada.

Una vez que la puerta se ha movido a la posición deseada, el microcontrolador registra la acción en la base de datos (Firebase), esto incluye detalles como la hora y fecha de entrada o salida de la mascota, dicho registro es esencial para el monitoreo y análisis de la actividad de las mascotas, proporcionando un historial detallado en sus movimientos.

## **3.2 CONFIGURACIÓN DE HARDWARE**

La elección adecuada de los componentes es primordial para el correcto desempeño del dispositivo de reconocimiento facial para mascotas. Aquí están los componentes principales que necesitarás seleccionar:

### **3.2.1 RASPBERRY PI**

Optar por la Raspberry Pi 3 B+ o una versión superior, que posea una capacidad adecuada de procesamiento y conectividad. Esto permitirá manejar eficientemente tanto el software de reconocimiento facial como la integración con Internet de las Cosas (IoT). La elección de este modelo garantiza una ejecución fluida de los algoritmos necesarios para el reconocimiento facial de las mascotas, así como una conectividad robusta para la comunicación con otros dispositivos y sistemas dentro del entorno IoT [12].

### **3.2.2 CONFIGURACIÓN DE SERVOMOTORES**

Para controlar dos servomotores utilizando una Raspberry Pi, aprovechando la capacidad de modulación por ancho de pulso (PWM) para precisar la posición de los servos. Al inicio, se deben importar la biblioteca RPi.GPIO, esencial para gestionar los pines GPIO de la Raspberry Pi, y se configuran los pines específicos (servo1\_pin y servo2\_pin) donde están conectados los servomotores. Posteriormente, se inicializa el PWM en estos pines con una frecuencia de 50 Hz, asegurando una señal adecuada para controlar el movimiento de los servos.

La función set\_servo\_angle desempeña un papel central al convertir un ángulo específico en un ciclo de trabajo PWM adecuado para el servo correspondiente. Esto permite que los servomotores se muevan con precisión a los ángulos deseados, optimizando su uso en diversas aplicaciones.

En cuanto a la secuencia principal del código, se inicia moviendo ambos servomotores a 90 grados para una posición inicial estándar. Tras un breve intervalo de espera de 1 segundo, los servos retornan a su posición inicial, configurada en 0 grados. Posteriormente, se detiene el PWM y se limpia la configuración de los pines GPIO, asegurando un cierre ordenado del programa y la liberación de recursos de hardware.

Este flujo de ejecución no solo facilita el control de los servomotores, sino que también asegura un manejo adecuado de los recursos de la Raspberry Pi, promoviendo la estabilidad y eficiencia del sistema en aplicaciones donde el control preciso de movimientos es crucial.

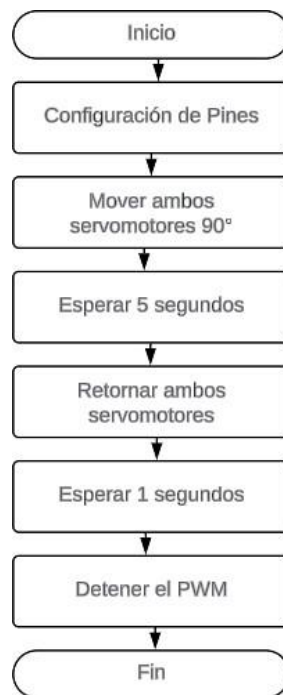


Figura 8. Configuración de servomotores

### 3.2.3 CALIBRACIÓN DE SENSOR DE MOVIMIENTO

Para detectar movimiento utilizando un sensor PIR conectado a una Raspberry Pi, mostrando mensajes en la consola en función de la detección de movimiento. Al inicio, se importa la biblioteca RPi.GPIO para gestionar los pines GPIO de la Raspberry Pi y se define el pin específico (pir\_pin).

Primero, se configura el modo de numeración de los pines GPIO en BCM y se configura el pin del sensor PIR como entrada. Esto permite a la Raspberry Pi leer las señales del sensor PIR correctamente.

El bloque try se utiliza para iniciar el programa. Tras un breve retraso de 2 segundos, el programa indica que está listo para la detección de movimiento. En el bucle principal, el código lee continuamente el estado del sensor. Si, el sensor detecta movimiento, se imprime "¡Movimiento detectado!" en la consola; de lo contrario, se imprime "No hay movimiento". Para evitar lecturas excesivamente rápidas, el programa espera 1 segundo antes de realizar la siguiente lectura.

El bloque except KeyboardInterrupt se asegura de que cuando el usuario interrumpe manualmente el programa (usando CTRL+C), se imprime un mensaje de salida y se limpia la configuración de los pines GPIO, liberando los recursos de hardware utilizados.

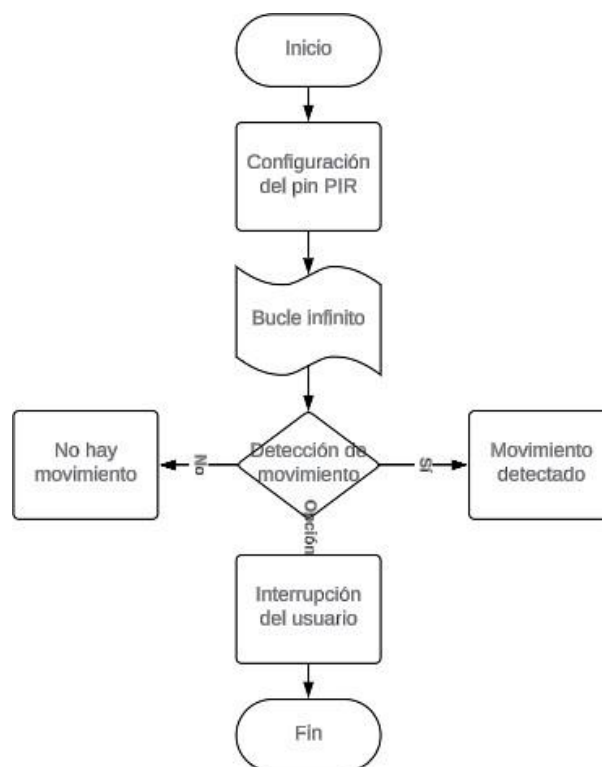


Figura 9. Configuración de sensor PIR

### 3.3 DESARROLLO DE SOFTWARE

En esta sección se describe detalladamente el desarrollo del software para la implementación del sistema de reconocimiento facial para mascotas utilizando Raspberry Pi 3 B+ y OpenCV. Este proceso incluye la instalación y configuración de la biblioteca OpenCV y monitoreo del sistema.

### 3.3.1 INSTALACIÓN DE OPENCV

El primer paso en el desarrollo del software consiste en la instalación y configuración de OpenCV, una biblioteca de visión por computadora que proporciona herramientas avanzadas para el procesamiento de imágenes y el reconocimiento facial. El desarrollo de instalación en la Raspberry Pi 3 B+ se realiza de la siguiente manera:

- Actualización del sistema:
- Instalación de dependencias
- Descarga y compilación de OpenCV

### 3.3.2 CONFIGURACIÓN DE FIREBASE

Para el almacenamiento y gestión de las imágenes y datos de reconocimiento, se utiliza Firebase, una plataforma de desarrollo que proporciona una base de datos en tiempo real y almacenamiento en la nube. La configuración de Firebase se realiza de la siguiente manera: Crea un nuevo proyecto en Firebase y se configuran las credenciales necesarias para permitir la comunicación entre la Raspberry Pi y Firebase. Esto incluye la descarga del archivo “firebase\_config.json” que contiene las credenciales del proyecto. El proceso de instalación de Firebase es con el siguiente comando:

- Pip install firebase-adim

## 3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE RECONOCIMIENTO FACIAL

La implementación del algoritmo de reconocimiento facial en el proyecto se basa en el uso del Clasificador Haar, una técnica robusta y utilizada en el campo del reconocimiento facial. Esta sección describe en detalle los procedimientos para la captura y preprocesamiento de imágenes, la detección de rostros utilizando el Clasificador Haar, y los métodos empleados para la comparación y reconocimiento de los rostros detectados con los rostros autorizados almacenados en la base de datos local.

### 3.4.1 CAPTURA Y CARGA DE IMÁGENES

El código comienza importando las bibliotecas necesarias, como RPi.GPIO para manejar los pines GPIO de la Raspberry Pi, picamera para controlar la cámara, pygame para la interfaz de usuario, y firebase\_admin para interactuar con Firebase. Luego, se configura Firebase utilizando las credenciales proporcionadas en un archivo JSON, y se verifica la existencia del bucket en Firebase Storage para asegurarse de que la configuración es correcta.

Se inicializa Pygame para crear una ventana de visualización en vivo de la cámara con un tamaño de 640x480 píxeles, y se establece un título para la ventana. La cámara de la Raspberry Pi se inicializa con una resolución de 640x480 píxeles y se inicia una vista previa en vivo.

El bucle principal del programa maneja los eventos de Pygame, como el cierre de la ventana y la captura de imágenes al presionar la barra espaciadora. Cuando se presiona la barra espaciadora, se captura una imagen, se guarda localmente con un nombre único y se sube a Firebase Storage. La imagen capturada también se carga y se convierte en un formato que puede ser mostrado en la ventana de Pygame.

El programa asegura una velocidad de fotogramas de 30 FPS para una visualización en vivo fluida. Al finalizar, el programa detiene la vista previa de la cámara, cierra la cámara y sale de Pygame de manera ordenada.

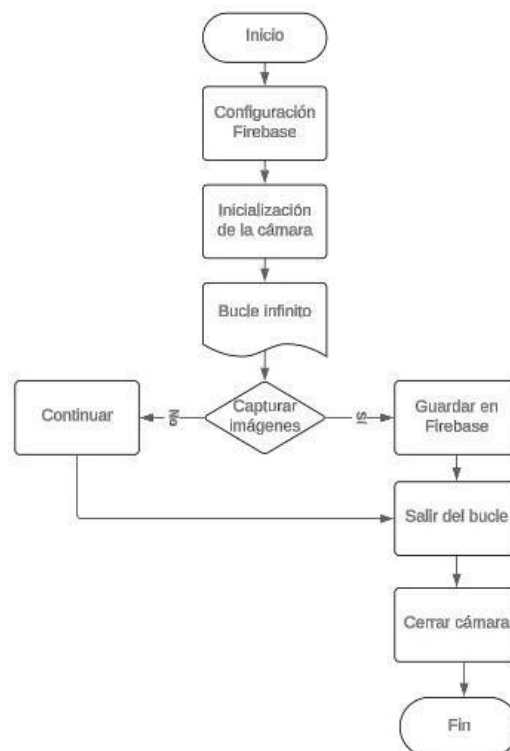


Figura 10. Captura de imágenes

### 3.4.2 COMPARACIÓN

El proyecto comienza con la importación de varias bibliotecas esenciales. Pygame se utiliza para la interfaz gráfica, Picamera para el control de la cámara de la Raspberry Pi, OpenCV para el procedimiento de imágenes y detección de rostros, Numpy para el manejo de matrices, Firebase\_admin para la interacción con Firebase, Datetime para la gestión de fechas y horas, RPi.GPIO para el control de los pines GPIO de la Raspberry Pi, y finalmente OS, BytesIO y PIL para el manejo de archivos e imágenes.

Se inicializa Firebase mediante un archivo de credenciales JSON y se configura Firebase Storage para almacenar y recuperar imágenes. Esta integración permite la gestión de imágenes de referencia almacenadas en la nube, facilitando el acceso y la comparación de estas imágenes con las capturadas en tiempo real.

Pygame se inicializa para crear una ventana de 640x480 píxeles que mostrará la vista previa en vivo de la cámara. La cámara de la Raspberry Pi se configura para capturar imágenes en esta resolución y se inicia la vista previa en vivo, proporcionando una interfaz visual del proceso de captura de imágenes.

Se configura un pin GPIO para controlar un servomotor y se inicializa un PWM (modulación por ancho de pulso) en ese pin. Además, se define una función para ajustar el ángulo del servomotor, que se utilizará cuando se detecte un rostro coincidente con las imágenes de referencia.

Para registrar la actividad de reconocimiento, se define una función que imprime la marca de tiempo del evento. Esta función puede ser ampliada para registrar la actividad en una base de datos, permitiendo un seguimiento detallado de los eventos de acceso.

Se establece una función para cargar imágenes de referencia desde Firebase Storage y convertirlas a un formato compatible con OpenCV. Esta función recorre las imágenes almacenadas en Firebase, las descarga y las convierte a escala de grises para su uso en el proceso de reconocimiento facial.

Las imágenes de referencia se transforman a escala de grises y se utiliza un clasificador Haar para detectar los rostros. Los rostros detectados se almacenan para su posterior comparación con las imágenes capturadas en tiempo real.

El bucle principal del programa maneja los eventos de Pygame y captura imágenes en vivo de la cámara. Estas imágenes se comparan con las imágenes de referencia para detectar coincidencias de rostros. Si se detecta un rostro coincidente, se activa el servomotor para

permitir el acceso, y se registra la actividad.

El programa se ejecuta en un bucle continuo hasta que se recibe una señal de salida. Durante cada iteración del bucle, se captura una imagen, se procesa y se compara con las imágenes de referencia. Si se encuentra una coincidencia, se activa el servomotor y se registra el evento.

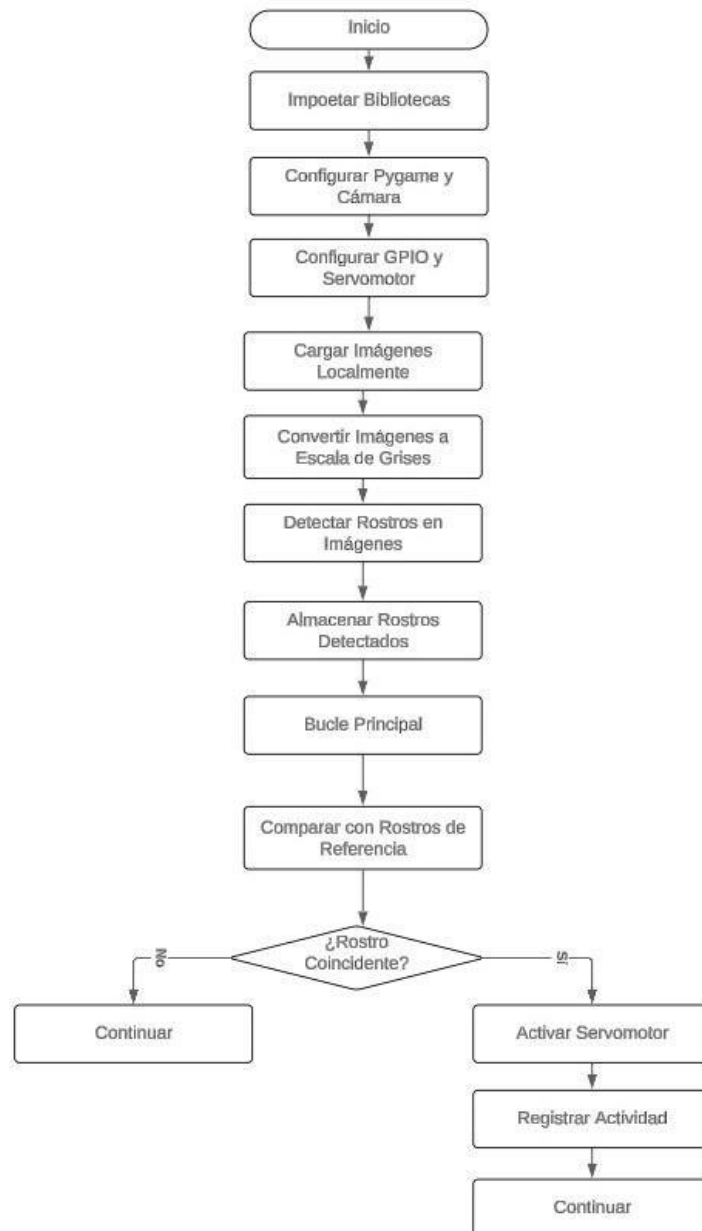


Figura 11. Comparación de rostros

### 3.4.3 INTEGRACIÓN DE COMPONENTES

La comparación de imágenes es el núcleo del sistema de reconocimiento facial. Utilizando la cámara de la Raspberry Pi, el sistema captura una imagen en tiempo real y la convierte a escala

de grises. Esta imagen se compara con las imágenes de referencia previamente almacenadas en Firebase.

Las imágenes de referencia se descargan y se procesan utilizando la biblioteca OpenCV. Se emplea un clasificador Haar para detectar rostros en las imágenes. Los rostros detectados se almacenan y se comparan con los rostros capturados en tiempo real utilizando la función `cv2.matchTemplate`.

Cuando se reconoce un rostro, el sistema activa dos servomotores para permitir el acceso. Estos servomotores están conectados a los pines GPIO de la Raspberry Pi y se controlan mediante PWM (modulación por ancho de pulso).

La función `set_servo_angle` ajusta el ángulo de los servomotores a 90 grados para abrir una puerta o compuerta. Después de un breve intervalo, los servomotores se devuelven a su posición original (0 grados) para cerrar la puerta.

Además del reconocimiento facial, el sistema emplea un sensor de movimiento PIR (Passive InfraRed) para detectar la salida de la mascota. El sensor PIR está conectado a un pin GPIO y se configura para detectar cambios en la radiación infrarroja, lo que indica movimiento.

Cuando se detecta movimiento, se considera que la mascota ha salido de la casa.

**Rostro Reconocido y Acceso Permitido:** Cuando se reconoce un rostro, se envía un mensaje a Firebase con el texto "Rostro reconocido y acceso permitido" junto con la marca de tiempo del evento. Esto se logra mediante una función que agrega una entrada a la base de datos de Firebase.

**Movimiento Detectado, Salida de Casa:** Cuando el sensor PIR detecta movimiento, se envía un mensaje a Firebase con el texto "Movimiento detectado, salida de casa" junto con la marca de tiempo del evento.

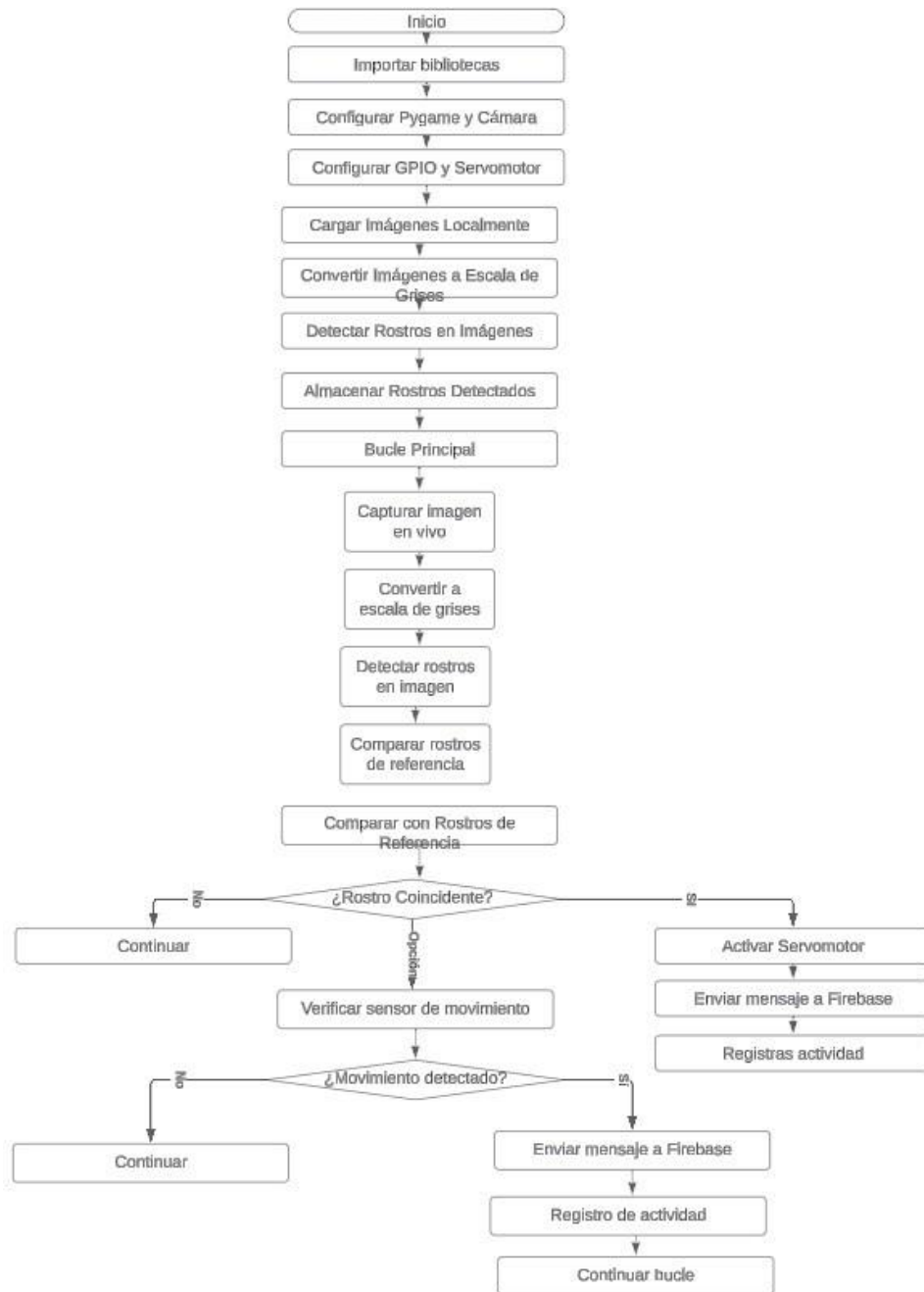


Figura 12. Reconocimiento y control de acceso

## CAPÍTULO 4

### 4.1 PRUEBAS Y VALIDACIÓN

Las pruebas de reconocimiento facial se llevaron a cabo con diversas imágenes de referencia y en tiempo real para evaluar la precisión y eficacia del sistema.

#### 4.1.1 PRUEBAS DE IMÁGENES DE REFERENCIA

- Se subieron varias imágenes de referencia de la mascota a el explorador de archivos de la Raspberry Pi.
- Las imágenes fueron procesadas y convertidas a escala de grises.
- Se utilizaron clasificadores Haar para detectar rostros en las imágenes de referencia.

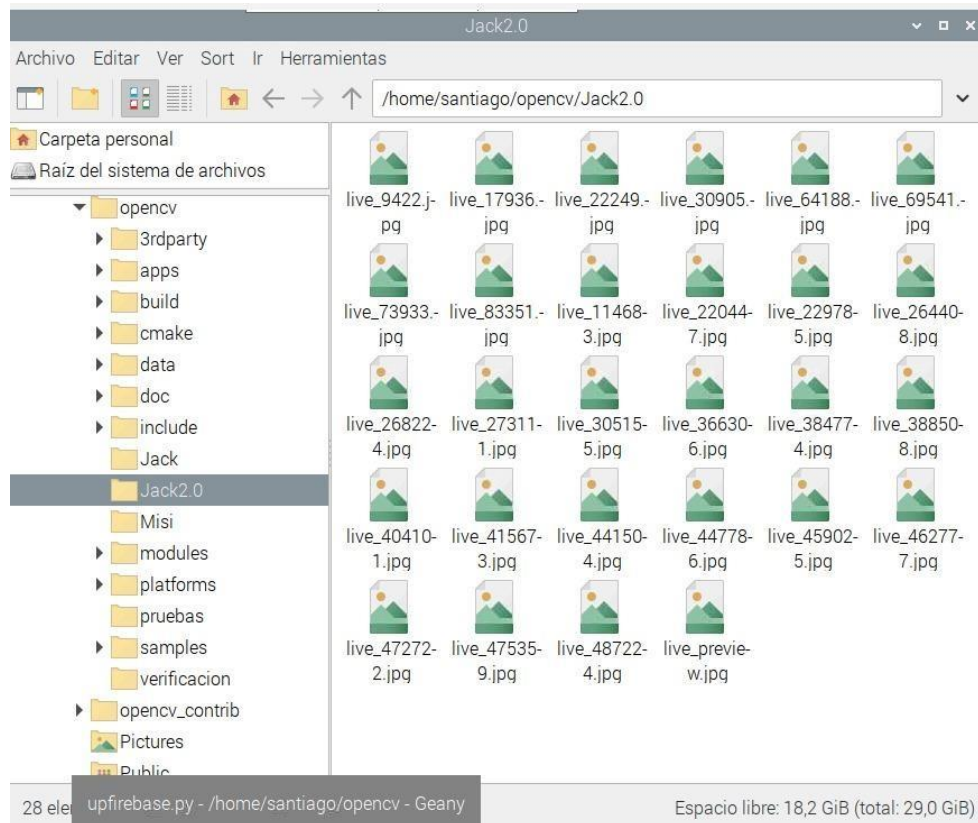


Figura 13. Imágenes de referencia guardadas de manera local

#### 4.1.2 PRUEBA DE CAPTURA DE IMÁGENES EN TIEMPO REAL

- Se utilizaron imágenes capturadas en vivo por la cámara de la Raspberry Pi.
- Las imágenes fueron procesadas de manera similar a las de referencia.

- Se empleó la función `cv2.matchTemplate` para comparar las imágenes capturadas con las de referencia.



Figura 14. Captura de imagen en tiempo real

#### 4.1.3 PRUEBA DE CONTROL DE SERVOMOTOR Y ÁNGULOS DE MOVIMIENTO

Para garantizar que los servomotores funcionen correctamente al reconocer un rostro, se llevaron a cabo las siguientes pruebas:

- Configuración de los servomotores
- Pruebas de ángulos de movimiento

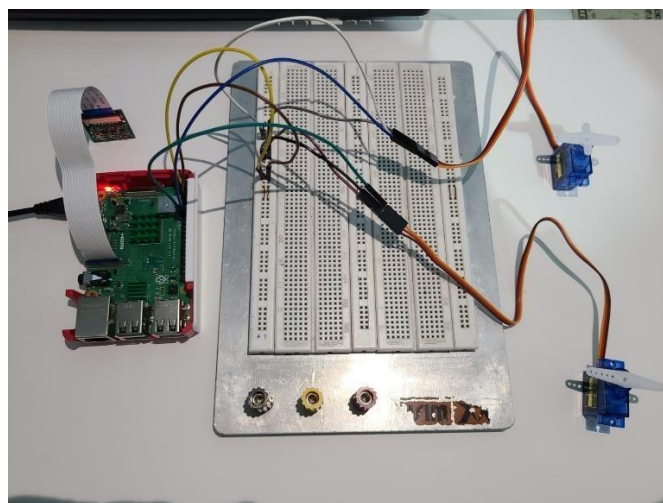


Figura 15. Calibración de servomotores

#### 4.1.4 PRUEBAS DE SENSOR DE MOVIMIENTO PIR

El sensor de movimiento (PIR) se probó para asegurar que detecte los movimientos naturales del cuerpo tanto de personas como de la mascota

- Configuración del sensor de movimiento
- Pruebas de detección de movimiento

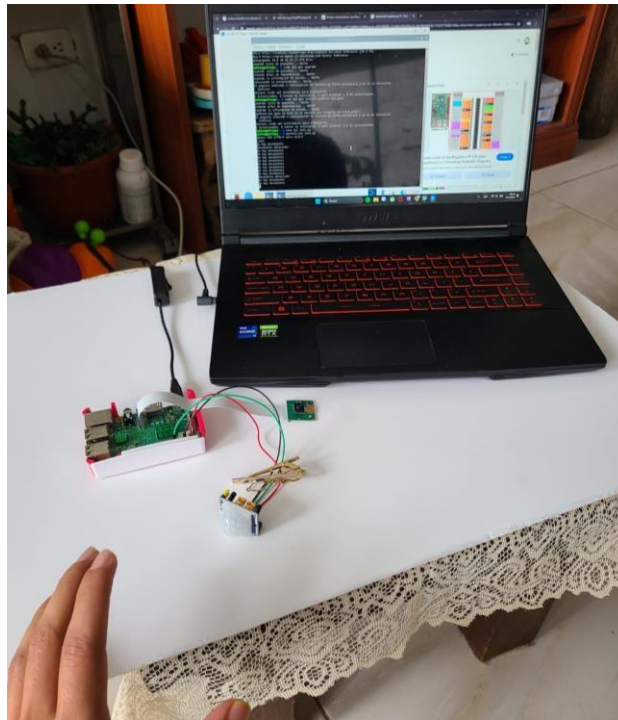


Figura 16. Calibración de sensor de movimiento PIR



#### 4.2 IDENTIFICACIÓN DE ROSTROS

La identificación de rostros es un subconjunto del reconocimiento de imagen centrado específicamente en la detección y reconocimiento de caras humanas o de mascotas en nuestro caso particular. Este proceso implica varios pasos críticos que aseguran la precisión y confiabilidad del sistema.

En primer lugar, se realiza la detección de rostros, donde el sistema identifica la presencia de uno o varios rostros en una imagen. Esto se logra utilizando algoritmos como el clasificador Haar, que detecta patrones característicos de las caras. Una vez detectado el rostro, se extraen

características específicas como la distancia entre los ojos, la forma de la nariz y la boca, y la estructura ósea general.

Tabla1. Comparación de imágenes

Imagen de referencia	Imagen capturada en vivo
	

#### 4.2.1 REGISTRO DE ACTIVIDAD EN FIREBASE

Se realizaron pruebas para asegurar que todos los eventos (reconocimiento facial y detección de movimiento) se registraran correctamente en Firebase:

- Configuración de Firebase
- Pruebas de registro de eventos
- Verificación de registros

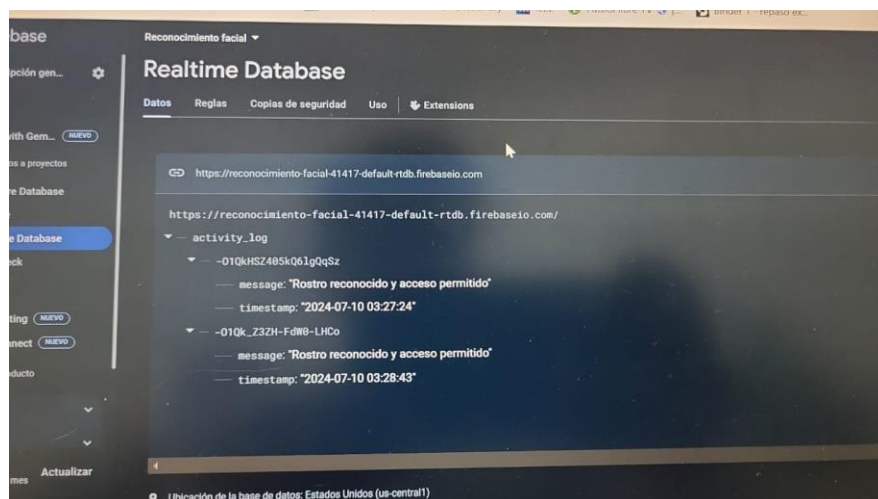


Figura 17. Registro de actividad en tiempo real

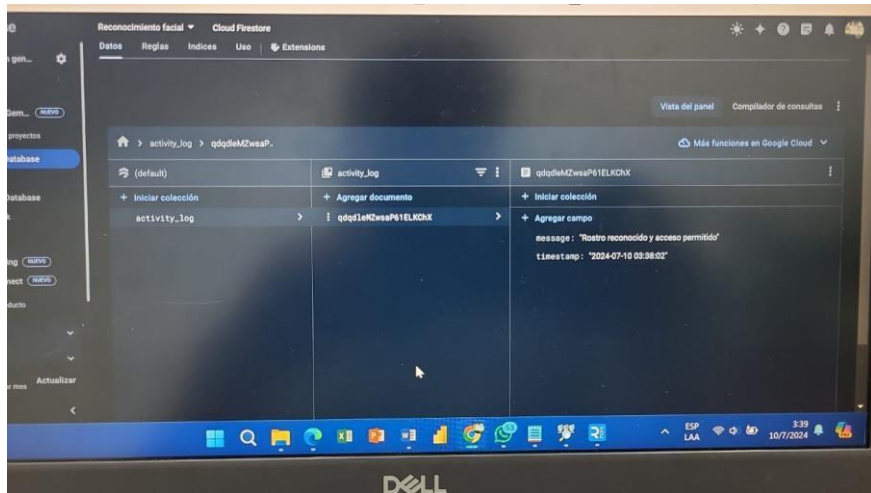


Figura 18. Registro de actividad en la nube

### 4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

La implementación del sistema de reconocimiento facial para mascotas en nuestro proyecto implica la integración de diversos componentes de hardware y software para lograr un funcionamiento cohesivo y eficiente. El proceso de implementación comienza con la configuración de la Raspberry Pi y la instalación de todas las bibliotecas necesarias. A continuación, se conectan y configuran todos los componentes de hardware. El sistema se programa para capturar las imágenes en tiempo real, procesarlas y compararlas con las imágenes de referencia almacenadas en Firebase. Si se reconoce un rostro, los servomotores se activan para abrir la puerta, y se registra la actividad en Firebase además, envía mensajes de alerta a Telegram adjuntando un video con los frames capturados.



Figura 19. Implementación del dispositivo

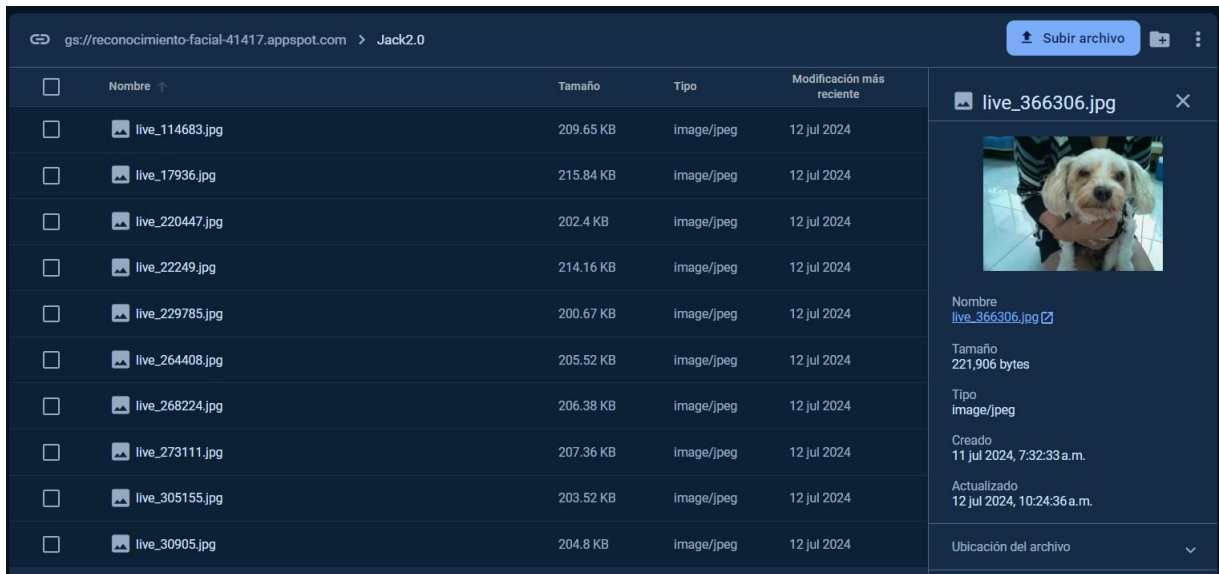


Figura 20. Imágenes subidas a la base de dato

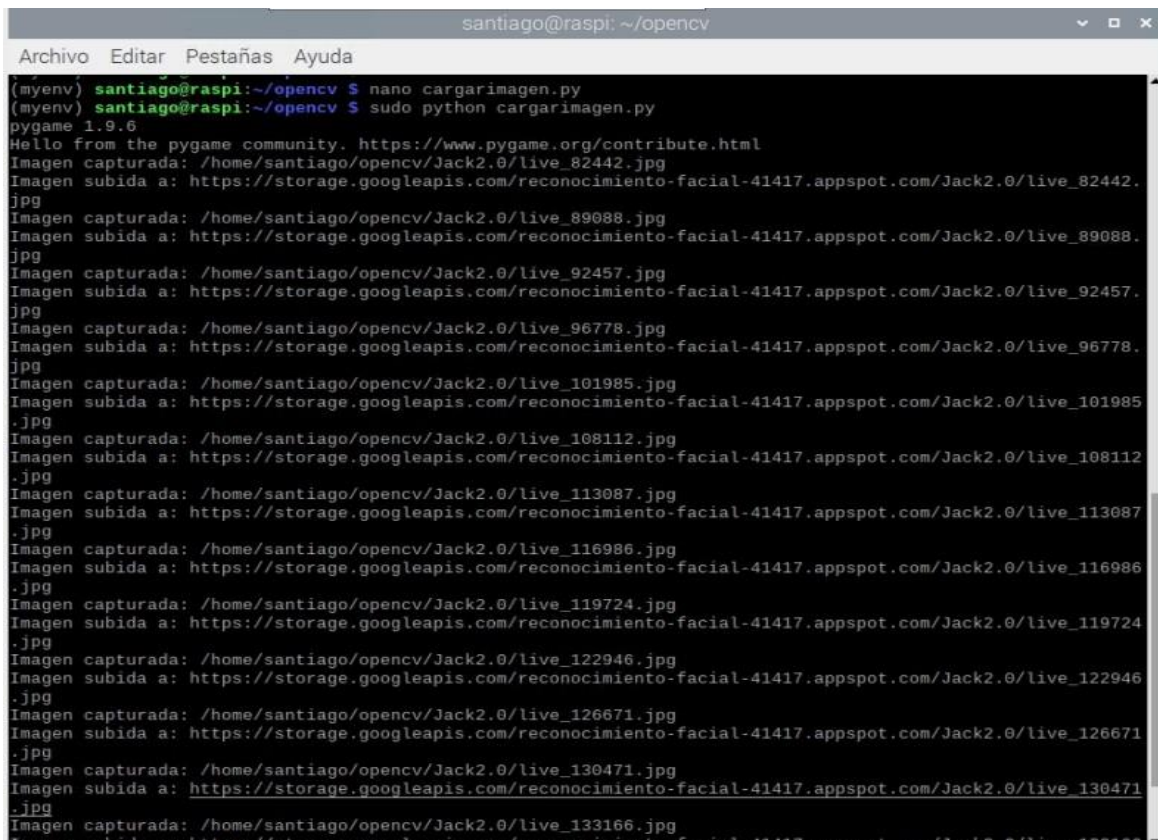


Figura 21. Imágenes capturadas y subidas con éxito



Figura 22. Alertas y detección de rostro

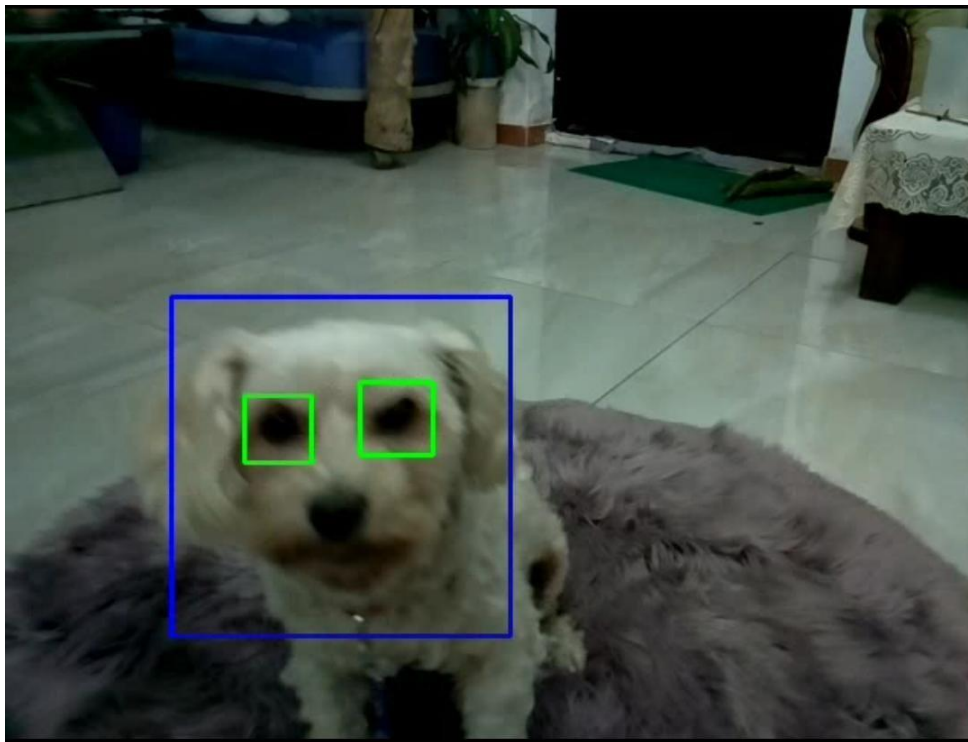


Figura 23. Frame capturado en video



#### 4.4 PRUEBAS DE USABILIDAD

La demostración de usabilidad es esencial para asegurar que el sistema sea fácil de utilizar para los propietarios de las mascotas y cumpla con las expectativas de los usuarios. En nuestro proyecto, realizamos varias pruebas de usabilidad para evaluar la experiencia del usuario y la eficiencia del sistema de reconocimiento facial para mascotas. Procedimientos de prueba:

- Seleccionar un usuario
- Probar escenarios e iluminación

Las pruebas mostraron que el sistema es intuitivo y fácil de usar para los dueños de mascotas. La mayoría de los usuarios reportaron una alta satisfacción con la precisión del reconocimiento facial y la rapidez con la que se abría la puerta. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, como la necesidad de utilizar una mejor cámara de 12 pixeles y utilizar la Raspberry Pi 4.

Tabla 2. Usabilidad del dispositivo

Reconocimiento facial	Control de acceso
	

#### 4.5 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO

La evaluación de rendimiento se centra en analizar la eficiencia y eficacia del sistema como la velocidad de procesamiento, precisión del reconocimiento y robustez frente a diversas condiciones operativas.

- Recolección de Feedback

- Tiempo de respuesta
- Precisión de uso

El sistema mostró un tiempo de respuesta promedio de 2 segundos desde la captura de la imagen hasta la apertura de la puerta. La precisión del reconocimiento fue del 70%, lo que se considera satisfactorio para este tipo de aplicaciones. Las pruebas de robustez indicaron que el sistema funcionaba bien en diversas condiciones de iluminación, aunque se observó una ligera disminución en la precisión bajo luz extremadamente baja.

#### 4.5.1 ENCUESTA

La evaluación del rendimiento del sistema de reconocimiento facial para mascotas se realizó mediante encuestas dirigidas a los usuarios finales. El objetivo de esta evaluación es obtener retroalimentación sobre la precisión, eficiencia y usabilidad del dispositivo, así como identificar posibles áreas de mejora. Esta sección describe el diseño de la encuesta, los métodos de recolección de datos de los propietarios y el análisis de los resultados obtenidos.

1. ¿Te ha resultado fácil usar el sistema de reconocimiento facial?

Tabla 3. Resultado del sistema de reconocimiento facial

Si	No	Más o menos
100%	0%	0%

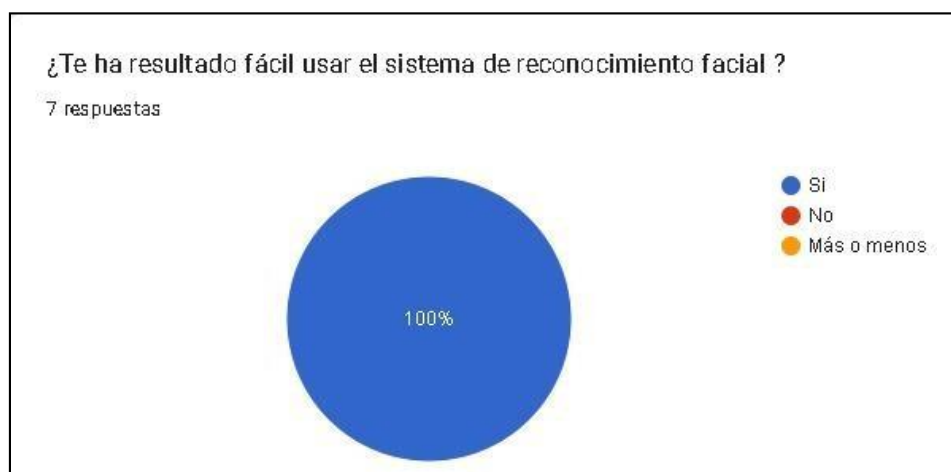


Figura 24. Diagrama del sistema de reconocimiento facial

2. ¿Crees que el sistema de reconocimiento facial ha mejorado la seguridad y bienestar de tus mascotas?

Tabla 4. Resultado de seguridad y bienestar

Si	No
100%	0%

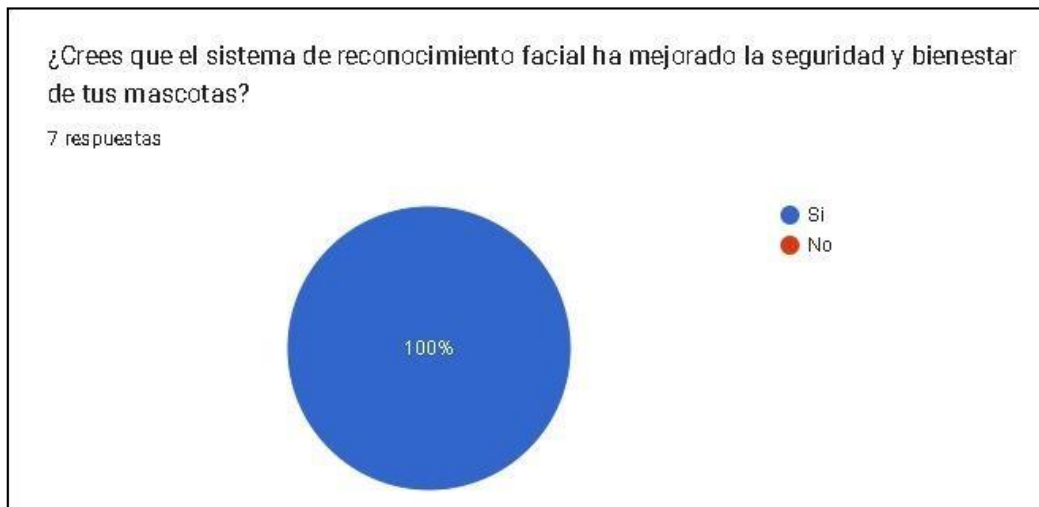


Figura 25. Diagrama de seguridad y bienestar

3. ¿Qué tan rápido es la apertura de la puerta?

Tabla 5. Resultado de la apertura de la puerta

Alta	Media	Baja
28,6%	71,4%	0%

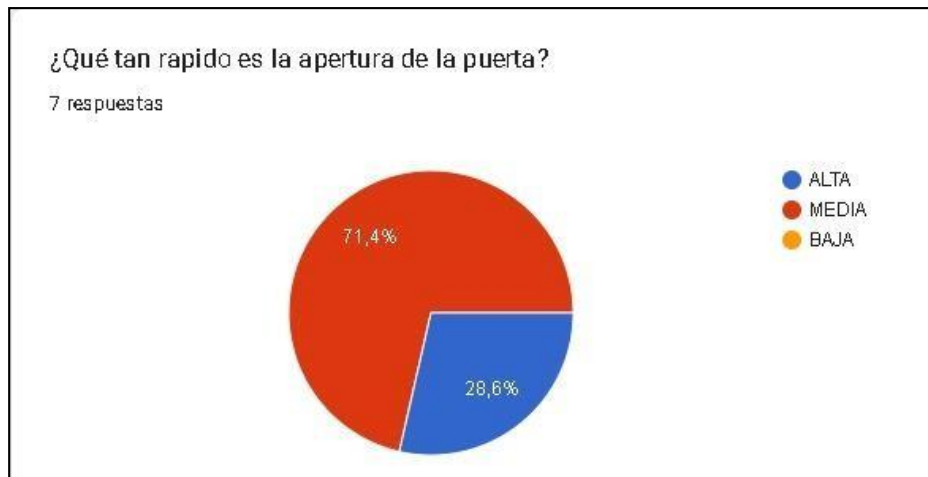


Figura 26. Diagrama de la apertura de la puerta

4. ¿Qué tan preciso considera que es el sistema de reconocimiento facial para identificar a tus mascotas?

Tabla 6. Resultado de precisión del sistema de reconocimiento facial

Alta	Media	Baja
28,6%	71,4%	0%

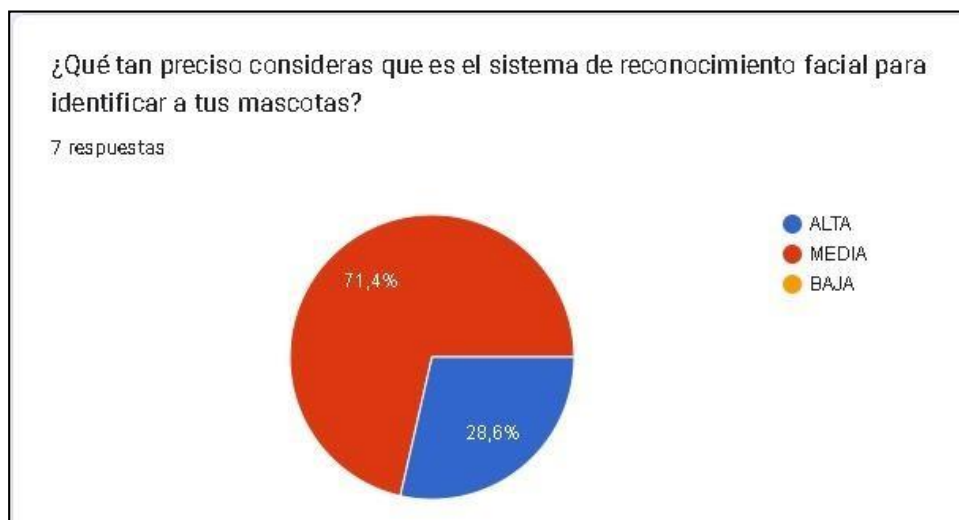


Figura 27. Diagrama de precisión del sistema

5. ¿Recomendarías el sistema de reconocimiento facial que utilizas a otros dueños de mascotas?

Tabla 7. Resultado de recomendaciones

Si	No
100%	0%

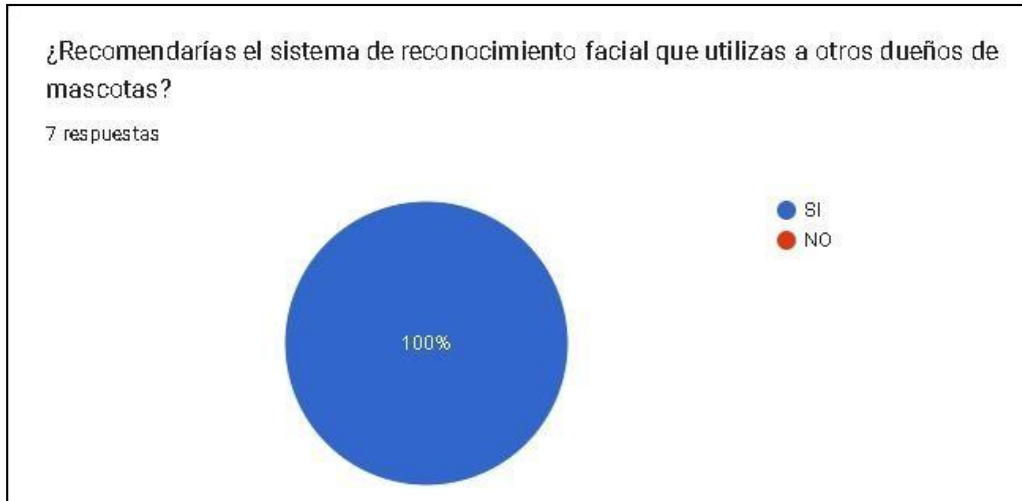


Figura 28. Diagrama de recomendaciones

## 6. Observaciones

### Observaciones

5 respuestas

Mejorar la rapidez del reconocimiento facial

Podrían mejorar la rapidez de apertura de la puerta

Se puede mejorar

Ninguna

Ninguna

Figura 29. Observaciones de los dueños de las mascotas

<a href="https://forms.gle/V5zXUJGGAJnE35h6">https://forms.gle/V5zXUJGGAJnE35h6</a>	Puntuación	¿Te ha resultado fácil usar el sistema de reconocimiento facial?	¿Crees que el sistema de reconocimiento facial ha mejorado la seguridad y bienestar de tus mascotas?	¿Qué tan rápido es la apertura de la puerta?	¿Qué tan preciso consideras que es el sistema de reconocimiento facial para identificar a tus mascotas?	¿Recomendarías el sistema de reconocimiento facial que utilizas a otros dueños de mascotas?	Observaciones
7/11/2024 12:36:01	0	Si	Si	MEDIA	MEDIA	Si	
7/11/2024 12:36:34	0	Si	Si	ALTA	MEDIA	Si	Mejorar la rapidez del reconocimiento facial
7/11/2024 12:36:37	0	Si	Si	MEDIA	ALTA	Si	podrían mejorar la rapidez de apertura de la puerta
7/11/2024 12:36:47	0	Si	Si	MEDIA	ALTA	Si	
7/11/2024 12:42:27	0	Si	Si	MEDIA	MEDIA	Si	Se puede mejorar
7/11/2024 12:44:23	0	Si	Si	MEDIA	MEDIA	Si	Ninguna
7/11/2024 12:46:44	0	Si	Si	ALTA	MEDIA	Si	Ninguna

Figura 28. Recopilación de resultados generales

#### 4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados se concentra en interpretar los datos obtenidos durante las pruebas y evaluaciones para identificar áreas de éxito y posibilidades de mejora.

La precisión del sistema de reconocimiento depende del hardware al contar con una cámara que permita capturar frames de manera más sencilla y eficiente el tiempo de respuesta será más rápido por ende los algoritmos de procesamiento de las imágenes sean óptimos para este proyecto.

La capacidad del sistema que opera bajo diferentes condiciones dependiendo de los hogares de las mascotas limita el reconocimiento facial como baja iluminación.

Capturar la mayor cantidad de imágenes de referencia y subir a la base de datos, ya que las mascotas no pueden permanecer estáticos por mucho tiempo para que el reconocimiento facial funcione, ya que se pueden llegar a estresar al momento que se limitan sus movimientos.

los resultados del proyecto son prometedores, en las que se comprueba la viabilidad y efectividad del sistema de reconocimiento facial para mascotas. Con las mejoras sugeridas, el sistema puede ofrecer un nivel aún mayor de precisión y usabilidad, convirtiéndose en una solución eficiente para el control de acceso de mascotas.

Se observa que en la figura 22 y 23 coinciden en que el sistema de reconocimiento facial resulta ser fácil de usar mejorando la seguridad y bienestar de la mascota y finalmente las figuras 24 y 25 concuerdan en cuanto a la apertura de la puerta y la precisión del sistema habiendo un 71,4% que su demora y eficiencia es “MEDIA” y el resto asegura que es “ALTA”.

## CAPÍTULO 5

### 5.1 CONCLUSIONES

- El desarrollo del dispositivo de reconocimiento facial para mascotas mediante IoT ha demostrado ser una solución innovadora y efectiva para el control de acceso en el hogar. La integración de tecnologías como Raspberry Pi, PiCamera, OpenCV y Firebase ha permitido crear un sistema robusto y confiable, facilitando una interacción intuitiva y segura entre las mascotas y el dispositivo.
- Las pruebas realizadas han evidenciado que el algoritmo Haar Cascade Classifier de OpenCV, junto con la potencia de procesamiento de la Raspberry Pi, proporciona una elevada precisión en la detección y reconocimiento de los rostros de las mascotas. Este nivel de exactitud es crucial para prever el acceso no autorizado y asegurar la protección de las mascotas dentro del hogar.
- La implementación del sistema automatizado de apertura de puertas mediante servomotores y el uso de sensores de movimiento PIR ha mejorado significativamente la seguridad y comodidad en el hogar. Este sistema no solo previene la entrada de animales no autorizados, sino que también minimiza la intervención manual por parte de los propietarios.
- La utilización de Firebase Firestore para registrar las actividades de entrada y salida de las mascotas ha proporcionado una herramienta eficaz para monitorear sus movimientos. Este registro detallado permite a los propietarios identificar patrones de comportamiento y tomar decisiones informadas sobre el manejo y seguridad de sus mascotas.
- El éxito del proyecto demuestra la viabilidad de utilizar el reconocimiento facial y la tecnología IoT para aplicaciones domésticas. Además, abre la puerta a futuras investigaciones y desarrollos que puedan expandir las funcionalidades del sistema, como la incorporación de nuevas tecnologías de identificación facial y la incorporación con otros dispositivos inteligentes del hogar.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere seguir investigando y perfeccionando los algoritmos empleados para el reconocimiento facial, explorando nuevas técnicas y enfoques que puedan incrementar

la precisión y velocidad del sistema. Es crucial mantener los algoritmos actualizados para garantizar que el dispositivo se mantenga a la vanguardia de la tecnología.

- Para mejorar la fiabilidad del sistema, es recomendable ampliar la base de datos de imágenes de referencia de las mascotas autorizadas. Incluir diversas imágenes capturadas en diferentes condiciones de iluminación y ángulos ayudará a incrementar la precisión del reconocimiento facial, adaptándose de manera más eficaz a las variaciones en el entorno doméstico.
- Realizar pruebas exhaustivas del sistema en diversos entornos y con diferentes tipos de mascotas permitirá identificar posibles áreas de mejora y adaptar el dispositivo a una amplia gama de escenarios. Estas pruebas deben incluir evaluaciones en términos de durabilidad, resistencia a condiciones climáticas adversas y compatibilidad con diferentes infraestructuras del hogar.

## CAPÍTULO 6

### 6.1 BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. M. Puña, «Desarrollo de un sistema demótico con reconocimiento facial,» El Alto, 2020.
- [2] C. J. R. Ordóñez, «Sistema de seguridad basado en técnicas de inteligencia artificial para el control de acceso a viviendas en el periodo abril – septiembre 2021,» Loja, 2021.
- [3] C. T. D. Anival, «Implementación de un sistema de reconocimiento facial con notificaciones móviles para control de acceso residencial utilizando raspberry pi en la ciudad de loja durante el periodo abril-septiembre 2023.,» Loja, 2021.
- [4] bcvision, «bcvision,» 29 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://bcvision.es/blog-vision-artificial/algoritmos-de-reconocimiento-facial-casos-de-uso-y-polemica/>. [Último acceso: 01 Abril 2024].
- [5] H. P. E. PERALTA, «Diseño e implementación de un sistema de seguridad y alerta para vehiculos, basado en reconocimiento facial y localización gps, en una raspberry pi b plus,» Quito, 2016.
- [6] S. M. Rueda Sánchez, «Implementación de un sistema de seguridad con cerradura biométrica para el control de acceso a un domicilio,» Latacunga, 2021.
- [7] J. A. P. Estapé, «Computer,» 22 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://computerhoy.com/noticias/life/petvation-puerta-mascotas-inteligencia-artificial-reconocimiento-facial-1076133>. [Último acceso: 02 Abril 2024].
- [8] OKDIARIO, «OKDIARIO,» 01 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://okdiario.com/mascotas/reconocimiento-facial-mascotas-perdidas-4988089>. [Último acceso: 31 Marzo 2024].
- [9] A. J. Colmenarez y T. S. Huang, «Face Detection and Recognition».
- [10] R. Lawpanom, W. Songpan y J. Kaewyotha, «mdpi,» 30 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9311612/>. [Último acceso: 13 Julio 2024].
- [11] K9 Magazine, «K9 Magazine,» 28 Abril 2023. [En línea]. Available: <https://www.k9magazine.com/inhome-cameras-for-dog-households/>. [Último acceso: 15 Abril 2024].
- [12] raspberrypi, «raspberrypi,» [En línea]. Available: <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/#:~:text=La%20Raspberry%20Pi%20es%20una,un%20mouse%20y%20teclado%20est%C3%A1ndar..> [Último acceso: 10 Julio 2024].
- [13] arsys, «arsys,» [En línea]. Available: <https://www.arsys.es/blog/raspbian-una-distribucion-debian-optimizada-para-raspberry-pi>. [Último acceso: 12 Julio 2024].
- [14] M. Camara, «diario electronicohoy,» 27 Abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.diarioelectronicohoy.com/camara-raspberry-pi/>. [Último acceso: 05 Julio 2024].
- [15] electronicagerman, «electrónica German,» [En línea]. Available: <https://electronicagerman.wordpress.com/2017/05/24/servomotor-con-raspberry/>. [Último acceso: 14 Julio 2024].
- [16] bcvision, «bcvision,» 29 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://bcvision.es/blog->

- vision-artificial/algoritmos-de-reconocimiento-facial-casos-de-uso-y-polemica/. [Último acceso: 15 Julio 2024].
- [17] doogweb, «doogweb,» 22 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.doogweb.es/2019/11/22/mascofinder-reconocimiento-facial-perros-perdidos/>. [Último acceso: 04 Julio 2024].
- [18] firebase, «firebase,» 2022. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/guides?hl=es-419>. [Último acceso: 15 Julio 2024].
- [19] J. Herrera, «firebase,» 11 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.paradigmadigital.com/dev/que-es-firebase-cloud-storage/>. [Último acceso: 01 Julio 2024].
- [20] Iperius Backup, «Iperius Backup,» 23 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.iperiusbackup.net/es/el-mejor-software-de-escritorio-remoto-y-acceso-remoto/>. [Último acceso: 15 Julio 2024].
- [21] Jesús, «datasmarts,» 19 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://datasmarts.net/es/primeros-pasos-en-opencv-aplicacion-1-deteccion-de-rostros/>. [Último acceso: 10 Julio 2024].