

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación



Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning

Tesis de Licenciatura

Esteban Josué Cortes Cordón

Guatemala, junio de 2024

Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning

Tesis de Licenciatura

Esteban Josué Cortes Cordón, ID 000035336

Ingeniera Carmen Fabiola Morales Pérez (**Asesora de Contenido**)

Licenciada María de los Angeles Martínez Yac de Flores (**Revisora de Forma**)

Guatemala, junio de 2024

Autoridades Universidad Panamericana

M.Th. Mynor Augusto Herrera Lemus

Rector

Dra. HC. Alba Aracely Rodríguez de González

Vicerrectora Académica

M.A. César Augusto Custodio Cobar

Vicerrector Administrativo

EMBA. Adolfo Noguera Bosque

Secretario General

Autoridades de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc MBA

Decano

Licenciada María de los Angeles Martínez Yac

Coordinadora

Carta de Responsabilidad de Derechos de Autor

En la ciudad de Guatemala, en el departamento y municipio de Guatemala

a los 26 días del mes de diciembre de 2022

Por medio de la presente YO **Esteban Josué Cortes Cordón** y en lo sucesivo “LA PERSONA AUTORA” hago constar que soy el único titular intelectual de la obra denominada **“Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, en virtud de lo cual autorizo Universidad Panamericana de Guatemala, “EL ORGANISMO” para que efectué resguardo físico y/o electrónico mediante copia digital e impresa con la finalidad de garantizar su disponibilidad, divulgación, comunicación pública, distribución, transmisión, reproducción, así como digitalización de la misma sin fines de lucro y con el objetivo de divulgarla.

“LA PERSONA AUTORA” autoriza a “EL ORGANISMO” y/o a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la mencionada casa de estudios “LA OBRA” de forma exclusiva en los términos y condiciones aquí expresados, sin que ello implique que se le concede licencia o autorización alguna o algún tipo de derecho distinto al mencionado respecto a la “propiedad intelectual” de la misma obra; incluyendo todo tipo de derechos patrimoniales sobre obras y creaciones protegidas por derechos de autor y demás formas de propiedad industrial o intelectual reconocida o que lleguen a reconocer las leyes correspondientes.

Al reutilizar, reproducir, transmitir y/o distribuir “LA OBRA” se debe reconocer y dar crédito de autoría de la obra intelectual en los términos especificados por el autor, y el no hacerlo implica el término de uso de esta licencia para los fines estipulados. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos patrimoniales y morales de “LAPERSONA AUTORA”.

De la misma manera, se hace manifiesto que el contenido artístico y/o intelectual de cualquier parte de “LA OBRA” son responsabilidad de “LA PERSONA AUTORA”, por lo que se

deslinda a “EL ORGANISMO” por cualquier violación a los derechos de autora o autor, de acuerdo con lo establecido en la Ley Guatemalteca y/o tratados internacionales, así como cualquier responsabilidad relacionada con la misma frente a terceros.



Esteban Josué Cortes Cordón



UNIVERSIDAD
PANAMERICANA

"Sapientia ante todo, adquire sapientia"

Guatemala, 06 de junio de 2024

Ref. FICA-049/2024

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

De acuerdo con el dictamen rendido por la Ingeniera Carmen Fabiola Morales Pérez, asesora de la tesis denominada **Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning**, presentado por el estudiante **Esteban Josué Cortés Cordón** quien se identifica con ID 000035336 y, habiendo optado el alumno por la opción de egreso por maestría, en la Escuela de Alto Nivel – ENAN –; se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN**, previo a conferirle el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación.



Ing. César Augusto Cuevas Guerra
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc., MBA

Decano

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas





Guatemala, 06 de junio de 2024

Ref. FICA-048/2024

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

CARTA DE ACUSE

Por este medio hago constar que previo a la otorgarsele el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación, el estudiante *Esteban Josué Cortes Cordón* quien se identifica con ID *000035336*, ha desarrollado el Proyecto de Tesis denominado *"Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning"*.

Aunado a ello, posterior a la lectura del informe de Licenciatura, se hace constar que el trabajo realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En calidad de Decano de Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



Ing. César Augusto Cuevas Guerra
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc., MBA

Decano

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas





DICTAMEN DEL ASESOR DE TESIS

Nombre del estudiante: Esteban Josué Cortés Cordón

Título de la tesis: Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning

Asesora de la tesis: Inga. Carmen Fabiola Morales Pérez

Considerando,

Primero: Que previo a la otorgarsele el grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación el estudiante **Esteban Josué Cortés Cordón** quien se identifica con ID **00035336**, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado "**Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning**".

Segundo: Que la profesional Ingeniera Carmen Fabiola Morales Pérez, ha leído el informe de tesis donde consta que el trabajo de investigación realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En su calidad de asesor del proyecto de tesis se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



Ingeniera Carmen Fabiola Morales Pérez
Asesor de Contenido de Tesis

Guatemala, 02 de junio de 2,024

DICTAMEN DEL REVISOR DE FORMA DE LICENCIATURA

Nombre del estudiante: Cortes Cordón, Esteban Josué

Título de la Tesis: Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning

Revisora de forma de Tesis: Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores

Considerando,

Primero: Que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información y la Comunicación, el estudiante **Esteban Josué Cortés Cordón** quien se identifica con ID 000035336 ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado **“Automatización de la Seguridad Residencial para la Identificación de Residentes mediante el Uso de Reconocimiento Facial y Machine Learning”**.

Segundo: Que he leído el trabajo de Tesis, donde consta que el estudiante en mención realizó el proyecto investigativo de egreso atendiendo a un método y técnicas propias de esta modalidad académica.

Tercer: Que ha realizado todas las correcciones de redacción y estilo que le fueron planteadas en su oportunidad.

Cuarto: Que dicho trabajo reúne las calidades necesarias de un trabajo de licenciatura.

Por tanto,

En su calidad de revisora de forma del proyecto de Tesis de licenciatura se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores
Revisora Metodológica de Licenciatura



Tabla de Contenidos

Glosario.....	i
Resumen.....	ii
Abstract.....	iii
Introducción.....	1
Marco Contextual.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Pregunta de Investigación.....	4
1.4 Justificación de la Investigación.....	4
1.5 Importancia de la Aplicación.....	5
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.6.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.7 Alcances y Límites.....	6
1.7.1. <i>Alcances</i>	6
1.7.2. <i>Límites</i>	6
Capítulo II.....	7
Marco Teórico.....	7
2.1 Historia de la Seguridad Privada.....	7
2.1.1 <i>Garitas de Seguridad</i>	8
2.1.2 <i>Cámaras</i>	8
Tabla 1.....	9
2.1.3 <i>Identificación de Personas</i>	9
2.1.4 <i>Identificación Biométrica</i>	10
Tabla 2.....	10
2.2 Inteligencia Artificial.....	10
2.2.1 <i>Ramas de la Inteligencia Artificial</i>	11
2.2.2 <i>Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Identificación Biométrica</i>	12
Tabla 3.....	13

2.3 Aprendizaje de Máquina	15
2.3.1 Tipos de Aprendizaje de Máquina	15
2.3.2 Etapas del Aprendizaje de Máquina	16
2.3.3 Hardware para el Aprendizaje de Máquina	17
2.4 Lenguajes de Programación	18
2.4.1 Tipos de Lenguajes de Programación	18
2.4.2 Python	18
Tabla 4	19
2.4.3 Librerías de Desarrollo en Python	20
2.4.4 API	21
2.4.5 Base de Datos NoSQL	22
Tabla 5	22
2.5 Placa Simple para Arquitectura ARM	24
2.5.1 Tipos de Raspberry Pi	24
Tabla 6	26
Tabla 7	26
Tabla 8	27
Tabla 9	27
Capítulo III	28
Marco Metodológico	28
3.1 Tipo de Investigación	28
3.2 Sujetos de Investigación	28
3.3 Procedimiento	28
3.4 Universo / Población	28
3.5 Muestra	29
3.6 Plan de Recolección de Datos	29
3.7 Validez y Confiabilidad	29
3.8 Metodología de Desarrollo Aplicativo	29
3.8.1 Definición de Requerimientos del Producto	30
Tabla 10	31
3.8.2 Metodología Incremental	32
Tabla 11	32

Tabla 12	33
Tabla 13	33
Tabla 14	33
Tabla 15	34
Tabla 16	34
Capítulo IV.....	35
Resultados de la Investigación.....	35
4.1 Presentación de Resultados.....	35
Tabla 17	35
Gráfica 1.....	35
Tabla 18	36
Gráfica 2.....	36
Tabla 19	37
Gráfica 3.....	37
Tabla No 20.....	38
Gráfica 4.....	38
Tabla 21	39
Gráfica 5.....	39
Tabla 22	40
Gráfica 6.....	40
Tabla 23	41
Gráfica 7.....	41
Tabla 24	42
Gráfica 8.....	42
4.2 Desarrollo de la Aplicación	43
4.2.1 Fases del Desarrollo.....	43
Figura 1	44
Figura 2	45
Figura 3	46
Figura 4.....	47
Figura 5	48
Figura 6.....	49

Figura 7	50
4.3 Planificación	51
Figura 8	51
<i>Imagen del cronograma de actividades para el proyecto completado.</i>	51
4.4 Desarrollo de la Aplicación	51
4.4.1 <i>Arquitectura de Hardware</i>	51
Tabla 25	52
4.4.2 <i>Arquitectura de Software</i>	52
4.4.3 <i>Sistema Finalizado</i>	53
Figura 9	53
Figura 10	54
Figura 11	54
Figura 12	55
Figura 13	55
Figura 14	56
Figura 15	56
Figura 16	57
Figura 17	57
Figura 18	58
Figura 19	58
Figura 20	59
Figura 21	59
Figura 22	60
Figura 23	60
Figura 24	61
Figura 25	61
Figura 26	62
Figura 27	62
Figura 28	63
Capítulo V	64
Discusión y Análisis de Resultados	64
5.1 Discusión de Resultados	64

Gráfica 9.....	64
Gráfica 10.....	65
5.2 Conclusiones.....	66
5.3 Recomendaciones	67
Lista de Referencias	68

Glosario

- **Bosques Aleatorios:** Es un clasificador que ajusta una serie de clasificadores de árboles de decisión en varias muestras de un conjunto de datos y utiliza el promedio para mejorar la precisión predictiva y controlar el sobreajuste.
- **Control:** Es el proceso para verificar el desempeño de distintas áreas funcionales en un proceso designado, usualmente implica una comparación entre un rendimiento esperado y un rendimiento observado.
- **OpenSSL:** Herramienta que ayuda para la implementación de Secure Sockets Layer (SSL) así como otros protocolos de seguridad que permiten crear certificados digitales para poder ser aplicados en un servidor.
- **Regresión Lineal:** Es un algoritmo de aprendizaje supervisado que se utiliza para dibujar una recta que nos indicará la tendencia de un conjunto de datos continuos.
- **Riesgo:** El riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas, los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad.
- **Talanquera:** hace referencia a una valla, pared u otro objeto que funciona como medida de defensa o reparo para el acceso.
- **Vectores de Soporte:** Es un algoritmo de modelos de aprendizaje con algoritmos de aprendizaje asociados que analizan datos para clasificación y análisis de regresión

Resumen

El presente trabajo está centrado en el análisis y desarrollo de una aplicación tecnológica que permita automatizar la seguridad residencial mediante el uso de tecnologías de reconocimiento facial, empleando Machine Learning para validar el ingreso de residentes.

La herramienta desarrollada en proyecto presenta la característica de poder automatizar el acceso de garitas y talanquera de una colonia residencial a través de la utilización de cámara, con la finalidad de reemplazar las actividades manuales de autorización de ingreso a condominios, evitando el acceso de personas no autorizadas a la colonia.

Abstract

This work is focused on the analysis and development of a technological application that allows automating residential security using facial recognition technologies, using Machine Learning to validate the entry of residents.

The tool developed in the project has the characteristic of being able to automate access to checkpoints and checkpoints of a residential neighborhood using a camera, with the purpose of replacing the manual activities of authorization of entry to condominiums, preventing access by unauthorized persons. authorized to the colony.

Introducción

El trabajo de investigación se centra en la implementación de un sistema para la automatización de acceso a garitas y/o talanqueras de residencial mediante el uso de tecnologías de aprendizaje de máquina e inteligencia artificial, es decir que, está enfocado en entrenar a un sistema para identificar a residentes a través del reconocimiento facial y tomar decisiones como autorizar o no el acceso posterior a coincidencia del perfil.

La tecnología de inteligencia artificial, mediante el aprendizaje de máquina, ha revolucionado el conocimiento humano de forma significativa, dado que se ha evidenciado que la implementación de estas ha causado avances en las diferentes ramas de la ciencia, dado que las facilitan la toma de decisiones de los procesos habituales a fin de que tareas complicadas sean desarrolladas por inteligencia instruida por modelos dinámicos para el análisis y solución de problemas planteados.

Actualmente, el acceso a residenciales o centros empresariales son administrados por garitas de seguridad o talanqueras que, en su mayoría, son lideradas por controles manuales o requieren de interacción de objetos adicionales como el uso de tarjetas de proximidad, tag de acceso o intervención humana, las cuales presentan brechas de seguridad e integridad de los residentes, así como, el aumento en los costos para la administración. La herramienta tecnológica plantea consiste en eliminar dichas variables presentando la solución que mediante el uso de cámaras de seguridad y el principio de autenticación “algo sabemos, algo que somos y algo que poseemos” sea utilizado para dar acceso al residencial, es decir, que los rasgos faciales serán la llave de acceso.

El capítulo I, realiza el planteamiento de la problemática desarrollando los objetivos a cumplir, los alcances y límites establecidos. En el capítulo II, se abordará el uso e implementación de las nuevas tecnologías, tales como, Machine Learning e inteligencia artificial, así como éstas facilitan la toma de decisiones en los procesos o tareas habituales. El capítulo III, profundiza en el análisis del concepto y características de la investigación para la recopilación de datos necesarios para la creación de modelos dinámicos para el aprendizaje y programación de la inteligencia artificial para el reconocimiento facial. El capítulo IV, documenta las actividades para el desarrollo

de la herramienta durante la ejecución del proyecto; y, finalmente, el capítulo V plantea y expone los resultados obtenidos mediante la implementación de las actividades y alcances delimitados.

Capítulo I

Marco Contextual

1.1 Antecedentes

En los últimos años, se ha registrado un incremento en la inseguridad dentro del territorio guatemalteco, según registros estadísticos del Gobierno de Guatemala, en los meses de enero a marzo de 2022 en el Departamento de Guatemala se contabiliza un aumento del cuarenta y cuatro coma nueve por ciento (44.9%) en el número de homicidios y un veintiún coma seis por ciento (21.6%) en el número de heridos en hechos violentos con respecto al año 2021. Derivado de esta situación, la población ha optado por privatizar la seguridad residencial mediante la implementación de garitas o talanqueras en los condominios domiciliarios que se encuentran administradas por agentes o vigilantes de seguridad que, normalmente, se están al servicio de empresas privadas.

Las garitas de seguridad, en su mayoría, poseen controles de accesos manuales que esgrimen fases de identificación personal a través de autorización por medio de pase, validación con tarjeta de acceso o registro documental; cabe mencionar que los procesos descritos anteriormente no se validan en cuanto al diseño, por lo que no es factible constatar si realmente están cumpliendo el objetivo propuesto dado que éstos pueden ser ignorados o evitados ya sea por negligencia del vigilante o falsificación de documentos como pases o tarjetas de acceso.

En la actualidad, el control de identificación biométrica ha cobrado popularidad para el reconocimiento de personas en dispositivos móviles, cuentas bancarias, etcétera; cabe mencionar que este tipo de tecnología posee características que utilizan uno o varios rasgos físicos para identificar la identidad de personas, lo cual ofrece un nivel de seguridad y precisión mayor en contraste con el empleo de contraseñas, placas de identificación o documentos personales dado los datos biométricos que suelen olvidar, intercambiar, robar y/o falsificar. Dentro de la tecnología de identificación biométrica se enlistan las huellas dactilares, reconocimiento facial y exámenes de retina.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se profundizó en estudios previos relacionados con la temática abordada, a continuación, se plantean algunas investigaciones

analizadas, Garnica & Usiña (2022) plantean el trabajo de graduación denominado Desarrollo e Implementación de una Plataforma de Reconocimiento Facial en Tiempo Real para la Búsqueda de Personas Desaparecidas utilizando Aprendizaje Profundo sobre Unidades de Procesamiento Gráfico de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador. Por otro lado, Simanca (2019) expone la tesis de maestría titulada Desarrollo de un Sistema de Identificación mediante Técnica de Reconocimiento Facial de la Universidad De León. Asimismo, Castaño & Alonso (2019) desarrollaron el tema Sistemas de Reconocimiento Facial para el Control de Acceso a Viviendas de Universidad Católica de Colombia. De igual forma, Villalón (2012) abordó el Diseño e Implementación de una Plataforma de Software para Reconocimiento Facial en Vídeo de Universidad de Chile.

1.2 Planteamiento del Problema

El planteamiento del problema surge dada la incapacidad de proporcionar seguridad a las personas de los residenciales, dado que las garitas de seguridad no poseen implementados controles biométricos que garanticen correctamente la identidad de personal autorizado.

1.3 Pregunta de Investigación

¿Qué efecto se tiene en la seguridad residencial el implementar controles biométricos de reconocimiento facial para validar el ingreso?

1.4 Justificación de la Investigación

El reconocimiento facial puede definirse como “la tecnología capaz de identificar o verificar a un sujeto a través de una imagen, video o cualquier elemento audiovisual de su rostro” (Thais Guillén, 2022); por lo que es factible afirmar que la implementación de cámaras en puntos estratégicos de las garitas de seguridad posee la capacidad de ayudar a validar la identidad de residentes o personal autorizado.

A partir del proyecto se pretende evaluar y mejorar las debilidades actuales de las garitas de seguridad mediante la optimización de los procesos de identificación; a raíz de ello, el enfoque primordial se delimita a la implementación de nuevas tecnologías, tales como el reconocimiento facial, que esgrime una mayor precisión que los controles de identificación actuales. Además, este tipo de tecnología no solo promete aportar un mayor grado de confiabilidad, sino que también,

pretende otorgar credibilidad en la seguridad de los residentes, alineándose a las necesidades y expectativas contemporáneas de protección y eficiencia.

1.5 Importancia de la Aplicación

En la actualidad, el sistema de reconocimiento facial posee grandes aplicaciones a nivel mundial en la era moderna, éste, está presente desde el desbloqueo de teléfonos móviles, control de aeropuertos y fronteras, aplicaciones bancarias, entre otras; dado al innumerable aporte de confiabilidad que esgrime para verificación de personas.

Dado que Guatemala es un país que ostenta un alto índice delincriminal, sumado a la incapacidad del Estado en proveer seguridad ciudadana, los residentes de las colonias han optado por cercar los bienes materiales que poseen y colocar garitas de seguridad que apliquen controles de identificación manual que, usualmente, son poco efectivos y confiables; por lo que la implementación del reconocimiento facial a través del uso de cámaras tiende a aportar un grado de seguridad adicional en los procesos de verificación.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Implementar un sistema de reconocimiento facial para el ingreso a residenciales, mediante al uso de cámaras, para optimizar la confiabilidad en verificación de la identidad de los residentes autorizados.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Investigar herramienta, tecnologías y librerías necesarias para la implementación de reconocimiento facial mediante cámaras.
- Automatizar el ingreso de residentes y personal autorizado en las garitas de seguridad.
- Optimizar el acceso de residentes y personal autorizado.

1.7 Alcances y Límites

1.7.1. Alcances

El trabajo de investigación está enfocado en diseñar, desarrollar e implementar herramientas tecnológicas que mediante la utilización de Machine Learning y cámaras digitales permitan el reconocimiento facial del personal que desea ingresar a la garita de seguridad del residencial y, que, a través de la aplicación de inteligencia artificial, verifique si el usuario posee acceso o restricción de ingreso. Para ello, la herramienta a desarrollar contará con módulos de administración, creación de usuarios y registro de accesos para tener un control del personal autorizado.

1.7.2. Límites

A continuación, se describen los límites del proyecto de investigación:

- El estudio no contempla la creación de manual técnico y uso de la herramienta.
- Existe desconocimiento por parte de las autoridades y/o guarda de seguridad sobre el uso y manipulación de las cámaras.
- La estructura base de administración de residentes autorizados no contempla la creación y registro de éstos en la herramienta.
- Estructuración y configuración de red para la comunicación de herramientas.
- Infraestructura e inversión para implementar el proyecto en garita residencial.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Historia de la Seguridad Privada

En la época de los años 70, surgió la primera legislación Decreto 73-70 del Congreso de la República de Guatemala que estaba vinculada con la seguridad privada; en esta década, las empresas de seguridad privada eran autorizadas a través de acuerdos gubernativos o ministeriales para proveer servicios de seguridad. Posterior a la firma de los Acuerdos de Paz de Guatemala, las empresas dedicadas a este giro de negocio impulsaron la prestación de servicios dado que durante dichas fechas el país se encontraba diseñando una nueva estructura policial, depurando a los agentes, así como disminuyendo efectivos del ejército quienes al encontrarse desempleados optaron por formar parte de las empresas de seguridad.

Actualmente, la ley vigente que regula los servicios de seguridad privada desde el año 2011 indica en el Decreto número 52-2010 revolucionó la forma en cómo se regula la seguridad privada estableciendo los siguientes aspectos según el Congreso de la República de Guatemala (2010):

- La creación de una institución responsable del registro, control y suspensión de las Empresa de Seguridad Privada con fondos propios generados por las mismas actividades del sector.
- El establecimiento de un perfil para las empresas de seguridad privada, basado en el debido cumplimiento y el respeto a la ley.
- El establecimiento de un sistema de licencias mediante el cual se debe tener un perfil determinado, así como pagar el licenciamiento respectivo.
- Considerar a los agentes de seguridad privada como trabajadores de las empresas de seguridad privada, sujetos de derechos y prestaciones laborales.
- Las obligaciones de contar con seguros y fianzas.
- La incorporación del delito de servicio ilegal aplicable tanto a quienes presten servicios de seguridad privada sin contar con las autorizaciones pertinentes como también para quienes

contraten dichos servicios, de tal forma que los clientes deben tener un rol más protagónico para supervisar a quien contrate.

Es importante mencionar que el Decreto 52-2010 no ha sido adecuadamente adaptado por las empresas de seguridad que esgrimían autorización previa a la nueva regulación, por lo que las actuales directrices fueron motivos para rechazar las disposiciones siendo más de diez (10) acciones de inconstitucionalidad que han sido planteados ante la ley; es así como actualmente aún existente treinta y ocho (38) empresas que desde hace más de una década no se han adecuado.

2.1.1 Garitas de Seguridad

Las garitas de seguridad pueden conceptualizarse como casetas donde se encuentran guardias de seguridad, usualmente, éstas se ubican en las entradas de los condominios, residenciales o centros empresariales, como punto de control para monitorear, resguardar y vigilar las instalaciones de forma segura.

La seguridad privada se plantea como una respuesta al incremento de los índices delincuenciales y de violencia, así como la escasa confianza que posee la población en las autoridades nacionales y fuerzas del ejército. A raíz de ello, las empresas de seguridad ofrecen diversidad de servicios según las necesidades que las personas requieran o el ámbito en el que se encuentren, por ejemplo, bancario, comercial, industrial, residencial, educativo, entre otros, siendo el más conocido y común aquella que involucra la protección de personas y/o bienes mediante guardias, garitas de seguridad y monitoreo de alarmas.

2.1.2 Cámaras

Se definen como dispositivos que registran imágenes y sonidos, convirtiéndolas en señales eléctricas capaces de ser reproducidos por un determinado aparato. El proceso de funcionamiento de las videocámaras inicia mediante la descomposición de la luz entre componentes a través de un prisma que de un lado posee espejos dicróicos y del otro lado se encuentran los captosres que reconstruyen la imagen y la reenvía a los circuitos preamplificadores.

Tabla 1*Tipos de Cámaras*

Tipo	Descripción
Cámaras compactas	Sencillas y de fácil uso, requiere conocimientos y práctica mínima en fotografía. Características: menor costo, visor óptico directo y objetivo no intercambiable.
Cámaras IP	Cámara que puede funcionar como minicomputadora; los componentes principales que integran este tipo de cámara son: <ul style="list-style-type: none"> • Cámara día/noche, disponen de filtros infrarrojos automáticos que se coloca delante del sensor CCD cuando cambian las condiciones de luz, por ejemplo, cuando ésta es adecuada se activa proporcionando imágenes en color; mientras que cuando la luz es baja el filtro se desplaza y la cámara emite la señal en blanco y negro produciendo mayor luminosidad y de esta manera es factible iluminar la escena con luz infrarroja y ver en total oscuridad. • Comprensión de imagen digital es una imagen que contiene menor cantidad de datos para permitir una transferencia más eficiente mediante la red de cámaras MPEG4.
Cámaras digitales	Dispositivo electrónico empleado para capturar y almacenar fotografías electrónicamente, en lugar de utilizar películas fotográficas como las cámaras convencionales.

2.1.3 Identificación de Personas

Éste, se conceptualiza como un proceso que se ejecuta de diferentes formas, las cuales pueden partir desde identificación visual de las personas y reconocimiento mediante la comparación de algún documento que acredite la identidad de ésta como por ejemplo Documento Personal de Identificación – DPI –, pasaporte, licencia de conducir, tarjeta de identificación y/o biometría en cualquiera de sus variantes.

2.1.4 Identificación Biométrica

Es el medio tecnológico que permite identificar a las personas mediante rasgos físicos únicos de cada individuo, usualmente, se emplea el reconocimiento facial, huellas dactilares, voz o iris de los ojos. Éste, es el tipo de sistema de identificación que permite facilitar los procesos e implementar softwares de alta seguridad a fin de no utilizar contraseñas y así solucionar problemáticas asociadas a robo o pérdida de credenciales.

Por otro lado, las técnicas biométricas existentes se clasifican en función del rasgo analizado, ya se éste fisiológico o comportamental del individuo.

Tabla 2

Tipos de dispositivos biométricos

Tipo	Descripción
Escáner de cara	Escáneres biométricos faciales identifican a una persona mediante la adopción y comparación de rasgos y medidas del rostro de un individuo.
Escáner de huellas dactilares	Identifica a la persona verificando los patrones de los dedos; esto puede ser un método seguro para identificar a una persona.
Escáner de retina o iris	Retina biométrica identifica a una persona escaneado el iris o la retina de los ojos, estos escáneres son esquemas de autenticación biométricas más seguros.

2.2 Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) se conceptualiza como la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que esgriman capacidades similares al pensamiento humano. En la actualidad, la IA abarca variedad de subcampos que abordan áreas generales como el aprendizaje y percepción, hasta específicas tales como campos científicos. Es importante destacar que la inteligencia artificial tiene como objetivo que las máquinas aprendan a través de

algoritmos y datos y, a partir de ello, sean capaces de tomar decisiones tal como lo haría un ser humano.

2.2.1 Ramas de la Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial abarca diferentes ramas las cuales están enfocadas en desarrollar herramientas que permitan automatizar y optimizar actividades, a continuación, se exponen los campos más importantes.

2.2.1.1 Aprendizaje Automático. Ésta, es la rama que busca el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial que permitan a los ordenadores aprender por sí mismos, para ello, se crean programas que generalizan datos y respuestas mediante la información sin estructurar y se suministran ejemplos induciendo el conocimiento de la computadora.

2.2.1.2 Lógica Heurística. Es un tipo de lógica que selecciona dos valores al azar, contextualizadas y relacionadas entre sí, por ejemplo, considerar a una persona de N metros como alta al haber seleccionado el valor de una persona de un metro como baja.

2.2.1.3 Vida Artificial. Consiste en el estudio de la vida y entornos artificiales que esgrimen cualidades propias de los seres vivos en ambientes de simulación; ésta, se llega a considerar como una técnica con mayor proyección al futuro en el ámbito de la investigación científica.

2.2.1.4 Sistemas Expertos. Son aquellos sistemas de información basados en el conocimiento de determinado campo de aplicación específica y de gran complejidad. Aunado a ello, esta área es empleada como asistente consultor y experto para los usuarios de la interfaz. Adicionalmente, se consideran entornos que proporcionan respuestas sobre problemáticas específicas, realizando inferencias similares a las de un ser humano acerca de conocimientos concretos.

2.2.1.5 Redes Bayesianas. Éstas, son un modelo probabilístico multivariado que relaciona un conjunto de variables de tipo aleatorio empleando un grafo dirigido para indicar una influencia casual de manera explícita con un motor de actualizaciones de probabilidades

denominado Teorema de Bayes. Es importante mencionar que las redes se convierten en una útil herramienta al momento de calcular probabilidades en casos de nuevas evidencias.

2.2.1.6 Redes Neuronales Artificiales. Se consideran paradigmas de aprendizaje y procesamientos automáticos inspirados en el modelo y funcionalidad del sistema nervioso del ser humano; este tipo de redes consisten en un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora entre ellas para crear respuestas.

2.2.1.7 Procesamiento del Lenguaje Natural. Es una disciplina de la rama de ingeniería para la lingüística computacional; éste, es empleado para la formulación e investigación de mecanismos de eficiencia informática para servicios de comunicación entre personas o entre las máquinas y el ser humano empleando lenguajes naturales como el mismo idioma.

2.2.2 Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Identificación Biométrica

La tecnología biométrica basada en la detección de características actualmente se encuentra obsoleta, por ende, los modelos biométricos basados en la inteligencia artificial están sustituyendo a la antigua tecnología dado que se basan en redes neuronales profundas que son entrenadas de forma supervisada, específicamente, para aprender una función específica.

Existen dos grupos en la implementación de la identificación biométrica, a continuación, se describen los siguientes:

- Verificación 1 a 1: ésta consiste en comparar dos caras, es decir, se comprueba la identidad del individuo frente a sí mismo.
- Verificación 1 a N: es aquella identificación que compara la cara contra una lista de imágenes.

Los rasgos faciales son capturados por un dispositivo biométrico entrenando las redes neuronales profundas, de las cuales se deriva un vector numérico que representa el rostro; cabe mencionar que el vector matemático es irreversible e interoperable, por lo tanto, se considera que es una tecnología privada, por defecto, desde el mismo diseño del sistema.

La identificación biométrica posee características fundamentales aplicando la inteligencia artificial, a continuación, se detallan las principales.

- La inteligencia artificial permite ofrecer garantías de precisión, seguridad y protección de datos.
- La inherencia, es el elemento de autenticación que permite la acreditación que aporta certeza y se alcanza mediante la biometría.
- La tecnología reduce el riesgo de comisión de delitos y/o falsificación de identidad.
- Los sistemas que utilizan estas herramientas son menos susceptibles a sesgos o error humano.

Tabla 3

Tipos de sistemas de reconocimiento facial en el mercado.

Tipo	Descripción	Precio
	<i>Características:</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> • Terminal de detección de fiebre 	
	<i>Funciones:</i>	
Lector biométrico facial con medición de temperatura corporal y reconocimiento facial inclusive con cubrebocas.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de rostros: 6,000 • Capacidad de la palma: 3,000 • Capacidad de huella digital: 6,000 a 10,000 	Q 10,600.00
Marca ZKTeco.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de transacciones 200,000 • Modelo: SpeedFace-V5L-TD • Principio del formulario • Final del formulario 	
Terminar de reconocimiento facial con medición de temperatura corporal.	<i>Funciones:</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara: Dual que admite la detección en vivo 	
Marca Hikvision	<i>Funciones:</i>	

	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de eventos: 100,000 • Capacidad de rostros: 6,000 • Capacidad de tarjetas: 6,000 	
	Comunicación:	Q 12,200.00
	<ul style="list-style-type: none"> • Método de comunicación Rj45, tcp/ip, wiegand y rs485 	
	Características:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Modo de verificación: Reconocimiento facial y tarjetas • Pantalla: Táctil de 7” 	

	Funciones:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Control de acceso • Tiempo y asistencia 	
	Capacidad:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Rostros: 1,200 • Huellas: 2,000 • Tarjetas: 10,000 • Eventos:100,000 	
Terminal de reconocimiento facial con lector de huella y proximidad autónomo, soporte para 3,000 rostros.	Comunicación:	Q 4,723.50
	<ul style="list-style-type: none"> • TCP/IP, RS485 y RS-232 • Administración USB • Salida Wiegand 26bits 	
	Hardware:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Lector de proximidad • Cámara dual con luz IR. • Pantalla TFT Touch Screen de 4.3” • Bocina para comandos de voz. 	

2.3 Aprendizaje de Máquina

Ésta, se considera una rama de la inteligencia artificial que permite a las computadoras aprender a realizar una o varias tareas específicas; autores expresan “se menciona que un agente aprende cuando su desempeño mejora con la experiencia y mediante el uso de datos” (Wikipedia, 2019), de manera similar se ejecuta el aprendizaje de máquina donde un computador observa datos, construye un modelo basado en dicha información y emplea el mismo método para resolver la tarea.

Entre los modelos de aprendizaje automático es factible mencionar los siguientes:

- Modelos geométricos: contruidos a partir de instancias que pueden tener una, dos o múltiples dimensiones; si existen un borde lineal entre clases se determina que los datos son linealmente separables.
- Modelos probabilísticos: éstos, están encaminados a determinar la distribución de probabilidades de la función que enlaza a los valores de las características con valores determinados; un dato importante es que dentro de los conceptos claves para desarrollar modelos probabilísticos es necesario emplear la estadística bayesiana.
- Modelos lógicos: son aquellos que transforman y expresan probabilidades en reglas organizadas en forma de árboles de decisiones.

2.3.1 Tipos de Aprendizaje de Máquina

A continuación, se describen los principales tipos de aprendizaje de máquinas existentes.

2.3.1.1 Aprendizaje Supervisado. Este algoritmo produce una función que establece correspondencia entre las entradas y salidas deseadas del sistema, el cual busca etiquetar y clasificar una serie de vectores empleando una entre varias categorías de decisión, es decir que, utiliza el algoritmo para aprender interactivamente de los datos para permitir que los ordenadores encuentren información escondida.

Aunado a ello, el aprendizaje supervisado resuelve problemas conocidos y utiliza un conjunto de datos para entrenar a máquinas para realizar actividades específicas empleando

modelos para predecir resultados conocidos como color de una imagen, número de personas existente en determinada imagen, etcétera.

2.3.1.2 Aprendizaje No Supervisado. El proceso de modelado conlleva a un conjunto de ejemplos formados únicamente por entradas al sistema, no esgrime información sobre categorías, es decir, el sistema debe de ser capaz de reconocer patrones para etiquetar los nuevos ingresos. Cabe mencionar que el algoritmo aprende los datos sin etiquetar los mismos, es decir, intenta aprender por sí mismo; el objetivo de éste es simplemente permitir que la máquina aprenda sin ayuda o indicaciones de los datos ajustando los resultados y agrupaciones de los resultados.

2.3.2 Etapas del Aprendizaje de Máquina

Con el fin de implementar y resolver una aplicación mediante el aprendizaje de máquina supervisado, es necesario realizar los siguientes pasos.

- Seleccionar el tipo de datos de entrenamiento: el primer paso para llevar a cabo el aprendizaje de máquina consiste en determinar la naturaleza de los datos que se emplean para desarrollar el tratamiento de la máquina, por ejemplo, para la identificación de rostros es vital mostrar los rasgos mínimos como los ojos, por ejemplo.
- Recopilar y ordenar datos de entrenamiento: en esta fase los datos de entrenamiento se recopilan de diversas fuentes y son sometidas a una limpieza rigurosa de data.
- Seleccionar el modelo (algoritmo) de aprendizaje: éste, se basará según la naturaleza de los datos de entrada y uso deseado, por lo que se deberá de elegir de qué manera se desea categorizar los datos. Cabe mencionar que la consideración principal a tomar en cuenta consiste en velocidad de entrenamiento, uso de memoria, precisión de la predicción e interpretación de datos.
- Entrenamiento del modelo: la principal función de ajuste consiste en perfeccionar, mediante múltiples iteraciones de datos, el entrenamiento para mejorar la precisión y la velocidad de análisis.
- Evaluar el modelo: posterior a haber seleccionado y comprobado el modelo, se podrá proporcionar nuevos conjuntos de datos para realizar predicciones y ajustes.

2.3.3 Hardware para el Aprendizaje de Máquina

El hardware necesario para poder implementar el aprendizaje de máquina son las unidades procesadoras que están destinadas para el cálculo de matrices; por otro lado, cabe mencionar que los procesadores que se encuentran optimizados para el aprendizaje de máquina son los siguientes.

2.3.3.1 Procesador Array Sistólico. Este tipo de procesadores parten del mismo concepto base, sin embargo, poseen un arreglo de ALU donde cada uno no envía el resultado a los registros, sino que a la ALU que posee al lado, a excepción de los extremos que es por donde entran y salen los datos.

Cabe mencionar que este tipo de procesadores poseen una configuración con un enorme potencial de cálculo respecto al área que ocupan y la energía que consumen, no obstante, la simplicidad de la arquitectura limita la cantidad de algoritmos de inteligencia artificial que es capaz de ejecutar, por lo que las capacidades se encuentran limitadas respecto a la red neuronal que puede elaborar.

2.3.3.2 Procesador ASICs. Este tipo de procesador se conceptualiza como una evolución del primer tipo, al igual que el procesador de array sistólico, todas las unidades de ASICs se encuentran interconectadas entre sí a través de una matriz que esgrime su propia memoria local y se comunica con el que tiene al lado, por lo que el tipo de unidades se pueden ejecutar algoritmos de inteligencia artificial complejos.

2.3.3.3 GPU. Las tarjetas gráficas o GPU, son un componente que se conecta a la placa de un ordenador o bien se encuentra integrado dentro del chip del CPU; cabe mencionar que estas esgrimen unidades de procesamiento orientado al proceso gráfico, no obstante, la arquitectura de las GPU actuales poseen otras aplicaciones que son capaces de procesar grandes cantidades de datos al mismo tiempo, reduciendo así el lapso que presentan las CPU, convirtiéndose en una de las principales características para el aprendizaje de máquina, disminuyendo las tareas secuenciales y los cálculos matriciales de datos.

2.4 Lenguajes de Programación

A continuación, se presentan los tipos de lenguaje de programación, según los niveles que presenta.

2.4.1 Tipos de Lenguajes de Programación

- Lenguajes de bajo nivel: Este lenguaje de programación es el más antiguo que existe y está estrechamente vinculado con el lenguaje de máquina, es decir, con el código binario, sin embargo, la única diferencia palpable es que en este tipo de nivel los ensambladores están hechos para ser escritos de manera sencilla por seres humanos, es decir, es aquel en el que las instrucciones ejercen un control directo sobre el hardware y, por lo tanto, están condicionadas por la estructura física de las computadoras que lo soportan.
- Lenguajes de medio nivel: Son aquellos que tienden a clasificarse como lenguajes de bajo nivel dado que se encuentran basados en ensambladores para poder ser comprendidos por las computadoras, no obstante, estos lenguajes permiten ejecutar tareas complejas como por ejemplo el uso de funciones, tales como como el lenguaje de programación C.
- Lenguajes de alto nivel: Éstos, son los más parecidos al lenguaje humano derivado que se consideran los más sencillos de aprender; cabe mencionar que como los lenguajes de medio nivel tienen que ser traducidos a lenguaje de máquina para poder ser ejecutados por el ordenador, sin embargo, para ello, se emplean traductores y compiladores, dependiendo de la rapidez que se necesite.

2.4.2 Python

Se denominada el lenguaje de programación diseñado para ser de propósito general, es decir, puede ser empleado para prácticamente cualquier tarea donde se requiera desarrollo desde aplicaciones web, automatizaciones, etcétera. Por otro lado, dentro de las características de Python, es factible indicar que es simple de leer y escribir dada la alta similitud con el lenguaje humano, además, se considera un lenguaje multiplataforma de código abierto, por lo que permite desarrollar software sin límites, facilitando emplear inteligencia artificial, Big Data, aprendizaje de máquina, entre otros.

Tabla 4*Comparación de lenguajes de programación.*

Lenguaje	Tipo	Característica	Ventajas	Desventajas
C++	Multiplataforma, orientado a objetos, imperativo y programación genérico.	Tiene un conjunto completo de instrucciones de control, permite la agrupación de instrucciones.	Potente con relación a la creación de sistemas complejos un lenguaje robusto.	No es atractivo visualmente y no es apto para la creación de páginas web.
C#	Orientado a objetos y estandarizado por Microsoft como parte de la plataforma .net	Sencillez de uso, compatible, moderno y posee recolección de basura.	Desempeña de forma plena los sistemas operativos Windows y/o Sintaxis, en comparación a C++, lo que posibilita realizar aplicaciones web de escritorio y móviles	Requiere un mínimo de 4GB para su instalación.
Java	Orientado a objetos	Simple, orientado a objetos, tipado estáticamente, distribuido, interpretado, robusto, seguro de arquitectura neutral, con	Permite modularización y la creación de aplicaciones de escritorio, además, tiene soporte a desarrollo de aplicaciones móviles y web	Lenguaje interpretado, por lo que es relativamente lento en comparación con otros lenguajes

		recolector de basura	
		Creación de todo tipo de programas, incluso sitios web, no requiere de compilación en un código interpretado	Libre y código fuente abierto, lenguaje de propósito general portable
Python	Orientado a objetos		Lenguajes interpretados suelen ser relativamente lentos

2.4.3 Librerías de Desarrollo en Python

Las librerías de desarrollo, según autores, se definen como conjunto de funciones desarrolladas que están disponibles para que cualquier persona pueda hacer uso de éstas; a raíz de ello, se determina que la librería en Python hace referencia al conglomerado de implementaciones funcionales que ayudan a codificar información. Estas librerías constan de diversos módulos que permiten el acceso a funcionalidades específicas del sistema como entradas y salida de datos, soluciones estandarizadas a problemas de programación, etcétera.

2.4.3.1 Librería TensorFlow. Ésta, es una biblioteca de código abierto para la computación numérica rápida, creada por Google y publicada bajo la licencia de código abierto; dicha librería puede emplearse para crear modelos de aprendizaje profundo directamente.

2.4.3.2 Librería Opency. Biblioteca de código abierto creada por Intel, ésta contiene implementaciones de más de dos mil quinientos (2,500) algoritmos especializados en el sistema de visión artificial y aprendizaje de máquina.

2.4.3.3 Librería Numpy. Se conceptualiza como una librería de Python especializada en el cálculo numérico y análisis de datos, especialmente, por el gran volumen de datos; dentro de las ventajas de Numpy se determina que el procesamiento de los arreglos se ejecuta con mayor rapidez, lo cual lo hace ideal para el procesamiento de vectores y matrices de grandes dimensiones.

2.4.3.4 Librería MediaPipe. Librería de Python para crear canalizaciones de aprendizaje automático para procesar datos de series temporales tales como videos, audio, etcétera.

2.4.3.5 Librería Flask. Se reconoce como un Framework de Python que permite crear un programa bajo un esquema de trabajo aportando utilidades y funcionalidades para facilitar la estructuración de una página Web.

2.4.3.6 Librería Py Mongo. Librería de Python que permite contactar a bases de datos MongoDB, facilitando así la interacción y manipulación de base de datos desde Python.

2.4.3.7 Librería Pillow. Biblioteca gratuita de código abierto para el lenguaje de programación Python que adiciona soporte para abrir, manipular y guardar formatos de archivos de imagen.

2.4.4 API

La Interfaz de Programación de Aplicaciones – API –, se determinan como mecanismos que permiten a dos (2) componentes de software comunicarse entre sí mediante conjunto de definiciones y protocolos. Las API, son empleados para intercambiar datos entre diferentes tipos de software y, así, comunicar procedimientos y desarrollar nuevas funcionalidades.

2.4.4.1 Tipos de APIS. A continuación, se determinan las APIS comúnmente empleadas:

- API de SOAP: Éstas, utilizan el protocolo de acceso a objetos, permitiendo que el cliente y servidor intercambien mensajes mediante XML; dentro de las características se enlista que es una de las APIS menos flexible, empleada, popularmente, en años anteriores.
- API de REST: Actualmente, se consideran como las APIS más flexibles que se emplean en la WEB; en éstas, el cliente envía la solicitud al servidor de datos, el servidor utiliza la entrada del cliente para iniciar funciones internas y devuelve los datos de salida al cliente.

2.4.5 Base de Datos NoSQL

Se denominan sistemas de gestión que difieren del modelo clásico del sistema de gestión de base de datos relacionales en aspectos importantes, tales como, que éstas no emplean SQL como lenguaje principal de consultas; además, los datos almacenados no requieren estructuras fijas como tablas; normalmente, no soportan operaciones JOIN, ni garantizan completamente lo denominado ACID – atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad – y; habitualmente, escalan horizontalmente.

Por otro lado, los sistemas NoSQL también se denominan como no solo SQL, dado que son capaces de soportar lenguajes de consulta de tipo SQL; asimismo, las bases de datos NoSQL emplean diversidad de modelos de datos para acceder y administrarlos, cabe mencionar que éstas se caracterizan por ser optimizados específicamente para aplicaciones que requieren grandes volúmenes de datos, baja latencia y modelos de datos flexibles.

Tabla 5

Comparación de bases de datos

SQL		NoSQL	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Madurez , mediante los años de acreditación que posee por uso y aceptación de la comunidad de desarrolladores	Crecimiento , la incorporación de datos tiende a aumentar el almacenamiento y mantenimiento, dando como resultado que ésta sea difícil de manejar y costosa	Versatilidad , ofrece crecimiento o cambios sobre la forma en cómo se almacena la información, dado que ésta se basa sobre notación ligera de intercambio de documentos JSON.	Atomicidad , no todas las bases de datos contienen la característica de la atomicidad de la información.
Atomicidad , las operaciones e información realiza	Cambios en la estructura , en algunos casos el diagrama de	Crecimiento horizontal , soporta el crecimiento de	Documentación de software , dado que NoSQL es

en la base de datos garantiza que la transacción sea completada.	entidad de relación no soporta, por lo que el cambiar la estructura de la base de datos no es posible modificarla	escalabilidad descentralizada, es decir, resiste estructuras distribuidas.	relativamente nuevo, la documentación y operaciones pueden ser limitadas
Estándares definidos , la creación de tablas basadas en el estándar de SQL	Estalación de más adecuado , cada solución de RDBMS que se encuentra en el mercado ofrece ventajas y desventajas	Disponibilidad de recursos: No requieren servidores, dado que poseen una gran cantidad de recursos disponibles para operar; es factible operar con reducidos e ir creciendo	Estándares en el lenguaje: No esgrime estándar definido entre los diferentes motores de SQL
Sencillez en la escritura , la aceptación es la sencillez de escritura ya que se asemeja al lenguaje humano	Complejidad en la instalación , algunos RDBMS dependen del sistema operativo donde se vayan a instalar	Optimización , los sistemas NoSQL poseen un algoritmo con el fin de no sobrecargar el rendimiento de los servidores y mantener un nivel óptimo	Herramientas GUI , la mayoría de las bases de datos, de este tipo, no esgrimen una interfaz gráfica para la administración

2.4.5.1 Tipos de Base de Datos NoSQL. A continuación, se describen las principales bases de datos NoSQL.

2.4.5.1.1 Mongo DB. Esta base de datos OpenSource almacena documentos en un formato similar al JSON a alta velocidad; ésta fue desarrollada en C++ y tiene un rendimiento que le permite ser flexible y potente. Esta base de datos es ideal para proyectos en los que se requiere alto nivel de escalabilidad, dado que tiene capacidad para recibir miles de lecturas por segundo.

2.4.5.1.2 Neo4j. Este tipo de base de datos fue desarrollada en software libre, además, se encuentra orientado a grafos, por lo que fue desarrollada con lenguaje Java. Adicionalmente, posee un funcionamiento transaccional que almacena en estructuras de grafos; dentro de las principales características que ofrece es un alto desempeño si las consultas aumentan de forma exponencial.

2.4.5.1.3 Apache Cassandra. Base de datos de tipo clave – valor diseñado para almacenar cantidades exorbitantes de datos y realizar distribuciones mediante varios nodos, esto permite que el almacenamiento de datos pueda encontrarse entre diversos servidores sin un solo fallo.

2.5 Placa Simple para Arquitectura ARM

Es una serie de ordenadores de placa reducida de bajo costo desarrollado en el Reino Unido por Raspberry Pi Foundation; el administrador Eben Upton, con la noción de crear un ordenador que animara a los niños a aprender informática, se reunió con grupos de profesores, académicos y entusiastas de la informática. A partir de ello, en el año 2012 se lanzó el dispositivo, y a partir de ello, ha tenido diversas iteraciones y modelos; originalmente, el Pi contenía una CPU de 700 MHz y únicamente 256 MG de RAM, el actual modelo esgrime una CPU de cuatro núcleos con más de 1.5 GHz y 4GB de TAM con ampliación de RAM.

A nivel mundial, los propietarios de computadoras Raspberry Pi las emplean para aprender habilidades de programación, crear proyectos de hardware e incluso utilizarlas en aplicaciones industriales. Cabe mencionar que la Raspberry Pi, es una computadora sumamente económica que ejecuta distribuciones de Linux, sin embargo, también proporciona un conjunto de pines GPIO (entrada / salida de uso general), lo que permite controlar los componentes electrónicos para la computación física y explorar el IoT.

2.5.1 Tipos de Raspberry Pi

A continuación, se enlistan los tipos de Raspberry Pi más importantes.

2.5.1.1 Raspberry Pi 1, modelo A. Éste, fue el primer modelo de Raspberry, el inicio de la distribución de éste fue en el año 2012; cabe mencionar que dicho piloto carecía de

puerto Ethernet por lo que para la conexión a Internet requería de un adaptador Wifi por USB. Adicionalmente, esgrimía veintiséis (26) conectores GPIO, salida de vídeo vía HDMI y vídeo RCA, además de conector Jack de 3.5 milímetros, un único conector USB, Micro USB de alimentación y conector de cámara; asimismo, contaba con un procesador Single – Core a 700 MHz y 256 de RAM.

2.5.1.2 Raspberry Pi 2, modelo B. Éste, fue lanzado en el año 2014, esgrimía un procesador de cuatro núcleo y 700 MHz a 900 MHz y dobla la cantidad de memoria RAM pasado de 512MB a 1 GB, además, incluye cuarenta (40) pines GPIO y, mantiene los cuatro (4) puertos USB.

2.5.1.3 Raspberry Pi 3, modelo B+. Fue lanzada en el año 2018 con el fin de actualizar el modelo anterior, dentro de las características que ostentaba se resalta un nuevo procesador y mejor conectividad, por lo que posee un procesador de 1.4 GHz e incorpora a la conectividad inalámbrica una doble banda a 2.4 GHz y 5GHz, además, del nuevo puerto Ethernet que triplica, adicional al Bluetooth 4.2

2.5.1.4 Raspberry Pi 4, modelo B. Anunciada en junio de 2019, en esta actualización se modificaron los puertos HDMI de tamaño completo por dos (2) puertos micro HDMI; además, se incluyó, por primera vez, USB 3.0 y el puerto Ethernet ya no está limitado a 300 Mbps, dado que posee un procesador más eficiente que el anterior. Éstos, se encuentran disponibles en tres (3) modelos, variando la cantidad de RAM desde 4GB a 8 GB.

Tabla 6*Comparación Raspberry Pi*

Nombre	Pi 1 Modelo A	Pi 2 Modelo B	Pi 3 Modelo B+	Pi 4 Modelo B
Lanzamiento	2012	2015	2018	2019
SOC	Broadcom	Broadcom	Broadcom	Broadcom
	BCM2835	BCM2836	BCM2837B0	BCM2711
Cores	1	4	4	4
GPU	Video Core VI	Video Core VI	Video Core VI	Video Core VI
RAM	700MHz	900MHz	1.4 GHz	1.5GHz
Ethernet	No	10/100M	Gigabit por USB	Gigabit
GPIO	26	40	40	40
Cámara	Si	Si	Si	Si
Wifi	No	No	Si	Si
Bluetooth	No	No		
HDMI	Si	Si	Si	2 Si

Tabla 7*Comparación Hardware Servidor On Premise*

On Premise		
Hardware	Características	Precio
CPU	Ryzen 7 / Intel 7	\$300
GPU	RTX 2070	\$ 600
RAM	32 Gb ddr4	\$ 270
Disco	1 Tb	\$ 100
Tarjeta Madre		\$250
Case		\$ 100
Total		\$1620 (Pago único)

Tabla 8*Comparación Hardware Servidor Cloud AWS.*

Cloud AWS		
Hardware	Características	Precio
CPU	Intel Xeon	\$ 63 Mensuales
GPU	Nvidia 100	
RAM	DRR5	
Disco	Escalable	

Tabla 9*Comparación Hardware Servidor Cloud Azure.*

Cloud Azure		
Hardware	Características	Precio
CPU	4 vCPU	\$ 190 Mensuales
GPU		
RAM	14 Gb	
Disco	200	

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación empleará el método mixto, el cual combina técnicas cualitativas y cuantitativas, sin embargo, tendrá un mayor enfoque cualitativo, dado que se utilizará para definir los datos recopilados mediante encuestas realizadas a residentes guatemaltecos de un condominio cerrado sobre el uso de tecnologías de identificación biométrica para reforzar la seguridad ciudadana en los residenciales.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo se aplicará para llevar a cabo análisis de información obtenida a través de las encuestas ejecutadas, con la finalidad de realizar un recuento estadístico de la aceptación de las tecnologías de reconocimiento biométrico por parte de la población estudiada.

3.2 Sujetos de Investigación

Los sujetos de investigación serán los residentes de un condominio cerrado que esgrimen garitas de seguridad para el acceso de vehículos.

3.3 Procedimiento

Con la finalidad de llevar a cabo el proyecto de investigación, se realizarán las siguientes actividades.

- Selección aleatoria de un grupo de residentes para realizar la recolección de datos.
- Determinación de herramienta de encuesta para recopilación de datos, Microsoft Forms.
- Análisis de resultados obtenidos en la encuesta.
- Establecimiento de estrategias para el análisis estadístico de la aceptación de tecnologías de reconocimiento facial para el acceso a residentes.

3.4 Universo / Población

El universo de la investigación serán los guatemaltecos residentes de condominios que poseen talanqueras en el Departamento de Guatemala; mientras que, la población es aquella que

conforman residentes que habitan en un residencial que cuente con garita de seguridad para el ingreso al mismo.

Cabe mencionar que para el desarrollo del proyecto se utilizará una población finita que estará conformada por guatemaltecos que viven en un residencial o condominio en el Departamento de Guatemala, al cual acceden por medio de una garita de seguridad para el ingreso de vehículos.

3.5 Muestra

La muestra será llevada a cabo de forma aleatoria a ciento cinco personas (105) personas residentes de un condominio o grupo residencial ubicado en el Departamento de Guatemala.

3.6 Plan de Recolección de Datos

El método cualitativo es el instrumento de recolección de datos que se emplea en el proyecto investigativo, ante ello, realizará una encuesta con quince (15) preguntas orientadas a validar la aceptación de nuevas tecnologías de identificación en las talanqueras o accesos de condominios. Cabe mencionar que las quince (15) interrogantes están redactadas de forma clara para una mejor comprensión, dado que serán respondidas por diferentes tipos de personas; cabe mencionar que dentro de las preguntas se definen tres (3) las cuales busca realizar la segmentación de los guatemaltecos encuestados que residen en condominios y acceden a éstos por medio de talanqueras.

Con relación, al aspecto del método cuantitativo, se utilizará el método estadístico de la muestra probabilística para analizar la cantidad de respuestas positivas que validen la factibilidad del proyecto.

3.7 Validez y Confiabilidad

El nivel de confianza de la muestra será de un noventa y cinco por ciento (95%) con un margen de error del uno por ciento (1%).

3.8 Metodología de Desarrollo Aplicativo

A continuación, se describe el proceso a llevar a cabo para el desarrollo aplicativo.

3.8.1 Definición de Requerimientos del Producto

La herramienta tecnológica debe de ser capaz de automatizar el acceso de talanqueras a los condominios o centros residenciales a través de la identificación facial de los residentes, para ello, es vital tener la capacidad de contar con un sistema administrativo Front End que permita la interacción con la herramienta, es decir, crear, modificar y eliminar residentes, así como, la ser capaz de utilizar cualquier cámara periférica para el escaneo del rostro y, mediante el uso de algoritmos de aprendizaje supervisado, validar los rasgos faciales del residente para otorgar el acceso al condominio.

Adicionalmente, la herramienta debe de tener un sistema de servicios que pueda ser consumido por el Front End para comunicarse con el Back End, es decir que, la herramienta administrativa será implementada en un sistema de placa reducida, en esta caso una Raspberry Pi, para poder realizar tareas administrativas pero el procesamiento y la lógica del modelo de identificación facial, así como el resguardo de la información del residente, debe de ser ejecutado en un servidor dedicado con las capacidades necesarias para poder ejecutar la lógica del sistema.

3.8.1.1 Requerimiento Funcionales y No Funcionales. A continuación, se desglosa en una tabla los requerimiento funcionales y no funcionales necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 10*Requerimientos funcionales y no funcionales.*

Requerimiento Funcional	Requerimiento No Funcional
Plataforma Web: módulo de creación, modificación y eliminación de residentes.	El sistema controlará el acceso a los usuarios y lo permitirá solamente a los usuarios autorizados.
Captura de los rasgos faciales: mediante cámara digital; el sistema permitirá a los usuarios administradores el ingresar nuevos residentes mediante el flujo definido.	La base de datos será implementada en una base de datos no relacional.
La herramienta debe de poder llevar un histórico de los accesos por parte de los residentes.	La información y datos de los residentes debe de ser resguardado en un sistema al que el usuarios final o residente no tenga acceso.
El sistema permitirá el acceso de manera manual mediante la autorización y validación del guardia de seguridad.	La comunicación a los datos de los residentes será por medio de servicios API.
	El sistema debe de poseer una interfaz gráfica Web para la interacción con la misma.
	La disponibilidad del sistema dependerá del suministro de energía eléctrica de la garita de seguridad y de la conexión al servidor de los datos.
	La herramienta tecnológica no contempla el diseño de la comunicación con la talanquera, la misma otorgara una señal eléctrica para validar que el acceso fue autorizado.

3.8.2 Metodología Incremental

Para el desarrollo del aplicativo se utilizará la metodología incremental, siendo así que cada ciclo se agregarán nuevas funcionalidades a la aplicación final con el propósito de validar el funcionamiento y las correcciones necesarias a cada iteración del aplicativo. Por otro lado, para el control y seguimiento del proyecto se empleará la metodología ágil Scrum, la cual divide los requisitos y tareas de manera que cada desarrollo se itera sobre bloques de tiempo definidos, con la finalidad de alcanzar resultados en cada ejecución de los bloques.

3.8.2.1 Equipo de Trabajo. A continuación, se describen las fases importantes del equipo de trabajo.

- **Dueño del producto:** Es aquel que se le denomina como encargado de optimizar y maximizar los procesos relacionados con el ingreso de registro de residentes y la administración de los usuarios dentro de la aplicación, así como, validar el cumplimiento con los objetivos de automatización de identificación en las garitas.
- **Scrum Master:** Encargado de gestionar el proceso de la aplicación de cada Sprint definido del proyecto con la responsabilidad de validar el avance, apoyando al equipo para evitar bloqueos sobre la planificación.
- **Equipo de desarrollo:** Son aquellos encargados de desarrollar la aplicación, cumpliendo los tiempos de entrega para alcanzar el incremento de la funcionalidad del sistema.

3.8.2.2 Sprint Planning

Tabla 11

Sprint 0

Nombre de Tarea	Duración	Predecesoras	Sprint
Investigación de Tecnologías	4 días		
Librerías requeridas en Python	2.5 días		Sprint 0
Librerías requeridas para la Raspberry	2.5 días		Sprint 0

Tabla 12*Sprint 1 de la implementación.*

Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sprint
Diseño de la Solución	3 días		
Diseño de Flujos	3 días		Sprint 1

Tabla 13*Sprint 2 de la implementación.*

Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sprint
Diseño de la Solución	8 días		
Desarrollo del algoritmo de reconocimiento facial	4 días	Sprint 0	Sprint 2
Desarrollo de algoritmo de accesos	4 días	Sprint 0	Sprint 2

Tabla 14*Sprint 3 de la implementación.*

Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sprint
Diseño de la Solución	8 días		
Desarrollo de la Base de Datos NoSQL	4 días	Sprint 2	Sprint 3
Desarrollo de módulo de residentes	4 días		Sprint 3
Desarrollo de módulo de Identificación	3 días		Sprint 3

Tabla 15*Sprint 4 de la implementación.*

Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sprint
Diseño de la Solución	17 días		
Módulo de Creación de Residentes	5 días		Sprint 4
Módulo de Identificación	5 días		Sprint 4
Base de Datos NoSQL	2 días		Sprint 4

Tabla 16*Sprint 5 de la implementación.*

Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sprint
Pruebas de la Solución	5 días		
Desarrollo de las pruebas de la aplicación (Caja Negra)	1 día	Sprint 1-5	Sprint 5
Ejecución de las pruebas de la aplicación	1 día	Sprint 1-5	Sprint 5
Implementación de todas las herramientas	3 días	Sprint 1-5	Sprint 5

Capítulo IV

Resultados de la Investigación

4.1 Presentación de Resultados

Posterior a la realización de encuestas a la muestra definida de la población, fue factible recolectar información referente a la perspectiva sobre el tema de investigación, a continuación, se desglosan los resultados obtenidos.

- ¿Cree usted que la seguridad física, tanto individual como familiar, es importante?

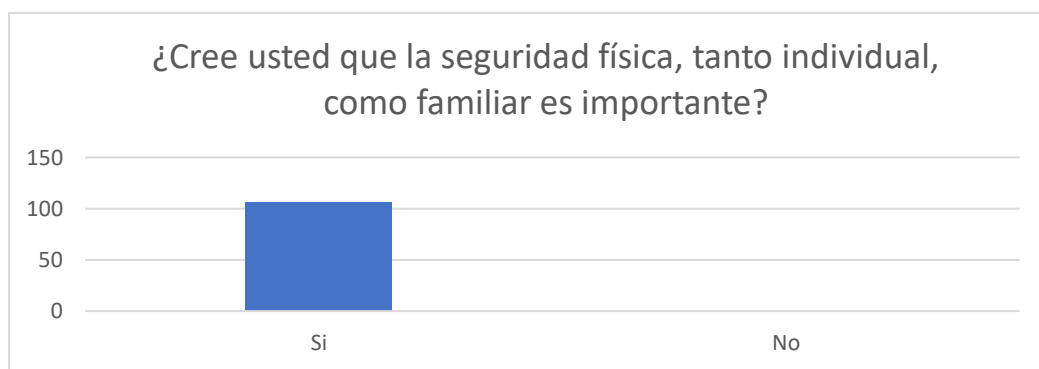
Tabla 17

Resultados pregunta 1.

Si	No	Total
106	0	106

Gráfica 1

Resultados de la pregunta 1



Nota. La gráfica 1, hace referencia que para los encuestados la seguridad es sumamente importante.

- ¿Son adecuados los controles de acceso a su condominio por medio de vehículo?

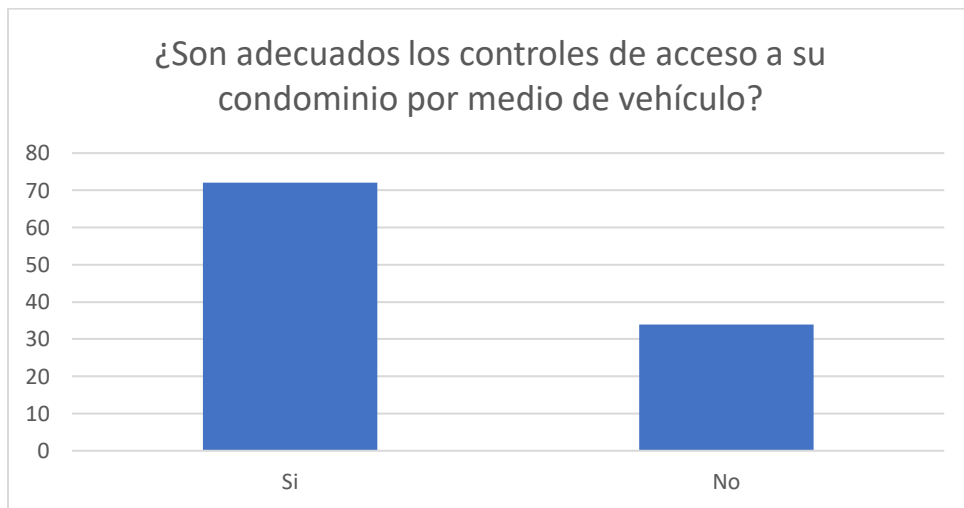
Tabla 18

Resultados pregunta 2.

Si	No	Total
72	34	106

Gráfica 2

Resultados de la pregunta 2.



Nota. Los datos recopilados evidencia que no todos los encuestados poseen adecuados controles para el ingreso de vehículos al condominio donde residen, sin embargo, un alto porcentaje asegura esgrimir con dichos controles de seguridad.

- ¿Se encuentra satisfecho por el trabajo proporcionada por los guardias de seguridad del condominio?

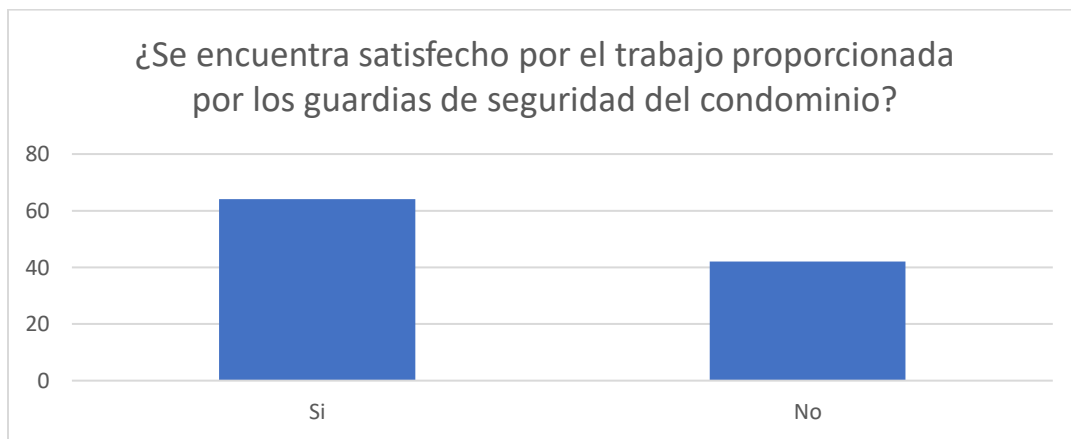
Tabla 19

Resultados pregunta 3

Si	No	Total
64	42	106

Gráfica 3

Resultados de la pregunta 3.



Nota. La gran mayoría de los entrevistados se encuentra satisfechos del trabajo hecho por parte de los guardias.

- ¿Ha intentado alguna vez ingresar al condominio con un vehículo que no sea el propio?

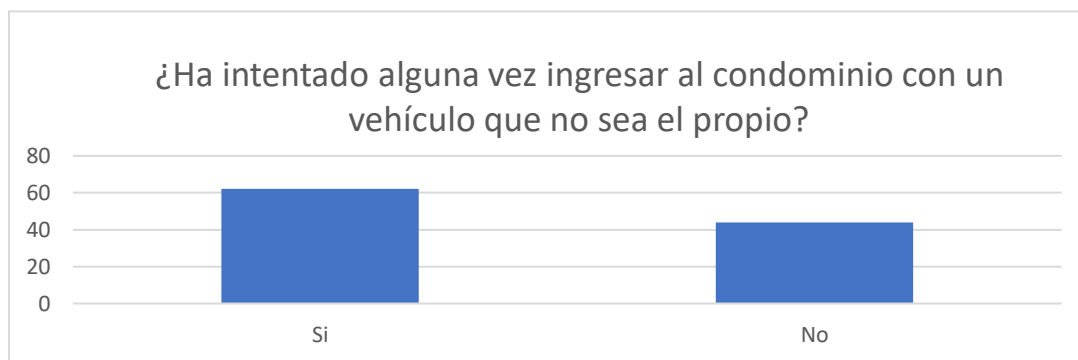
Tabla No 20

Resultados pregunta 4.

Si	No	Total
62	44	106

Gráfica 4

Resultados de la pregunta 4.



Nota. Un alto porcentaje de los encuestados indican que han ingresado al condominio donde habitan mediante vehículo que no es propio, es decir, pertenece a un familiar, amigo, transporte de alquiler, etcétera.

- ¿Ha experimentado alguna vez el sistema de reconocimiento facial de un dispositivo móvil (celular)?

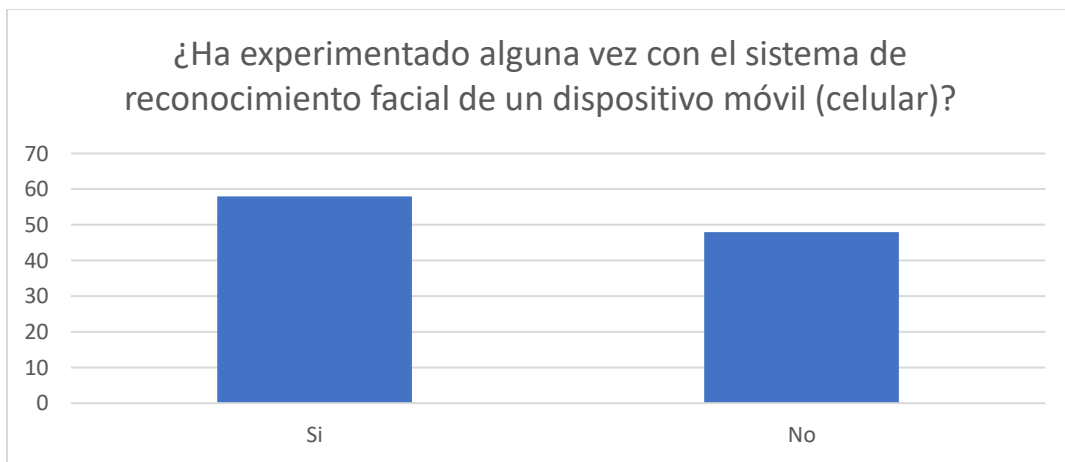
Tabla 21

Resultados pregunta 5.

Si	No	Total
58	48	106

Gráfica 5

Resultados de la pregunta 5.



Nota. La mayoría de los encuestados confirman que han experimentado / utilizado la tecnología de reconocimiento facial.

- ¿Considera que el uso de las tecnologías de reconocimiento facial es seguro?

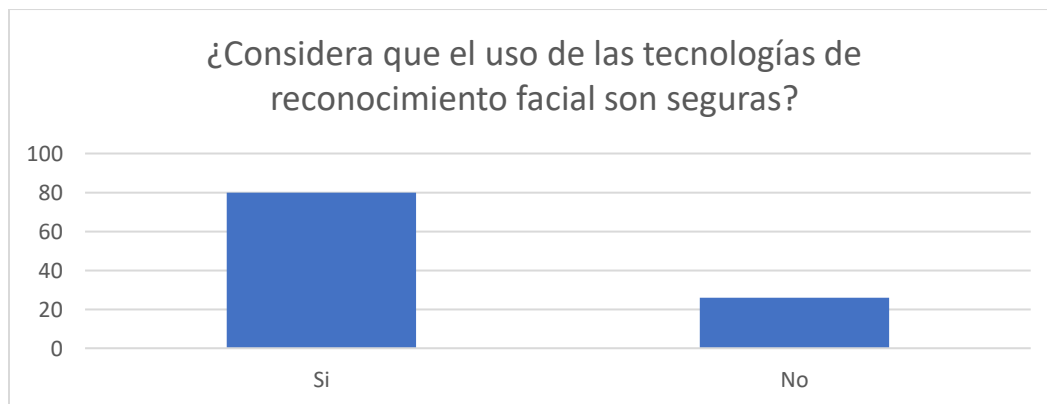
Tabla 22

Resultados pregunta 6.

Si	No	Total
80	26	106

Gráfica 6

Resultados de la pregunta 6.



Nota. Un alto porcentaje de los participantes consideran que la tecnología de reconocimiento facial es segura.

- ¿Cree que el automatizar la entrada a las garitas por medio de herramientas tecnológicas puede aumentar la seguridad en cuanto al acceso vehicular?

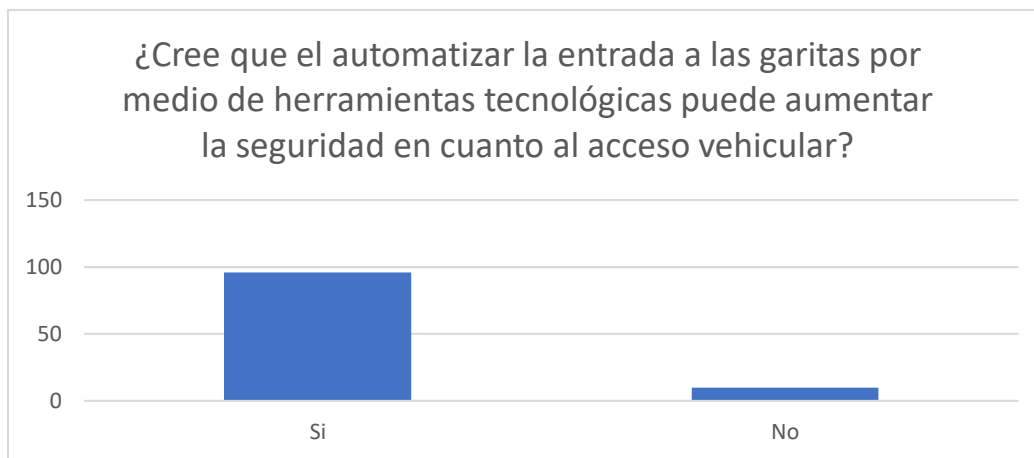
Tabla 23

Resultados pregunta 7.

Si	No	Total
96	10	106

Gráfica 7

Resultados de la pregunta 7.



Nota. La mayoría de los encuestados puntualizan que automatizar la entrada de seguridad aumenta la seguridad de las garitas.

- ¿Considera que el implementar un sistema de reconocimiento facial para el acceso de vehículos en su condominio aumentaría la confianza en la seguridad proporcionada a usted y su familia?

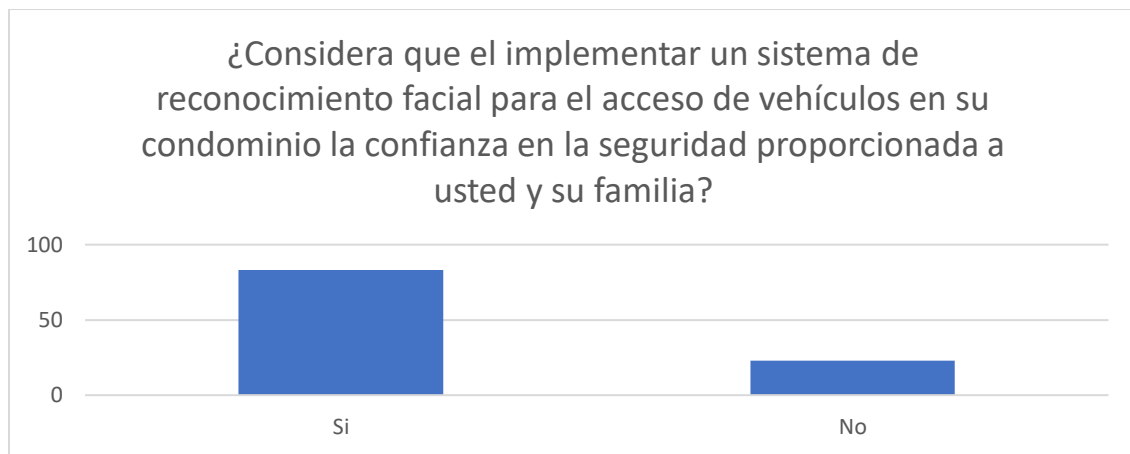
Tabla 24

Resultados pregunta 8.

Si	No	Total
83	23	106

Gráfica 8

Resultados de la pregunta 8



Nota. La mayoría de los encuestados indican que automatizar las entradas de garitas mediante un sistema de reconocimiento facial puede aumentar la seguridad de ingreso a éstas.

4.2 Desarrollo de la Aplicación

El desarrollo de la solución planteada deberá de ser creada para contar con diferentes funcionalidades de mantenimiento que permitan la interacción con el usuario administrador y los residentes del condominio, para ello, se considera fundamental el uso del aprendizaje de máquina para la identificación de rasgos faciales de los condóminos, por lo que, el sistema deberá de encontrarse disponible bajo el suministro eléctrico de la garita de seguridad, así como contar con una interfaz Web para la conexión con el servidor para que la información esté centralizada; cabe resaltar que la aplicación requerirá ser desarrollada en el lenguaje de programación Python y una base de datos MongoDB, además de poseer todos los servicios necesarios (API) para la comunicación con cada uno de los elementos del sistema.

En el sistema ha desarrollar, se deberá de contar con los siguientes módulos:

- Login.
- Registro de residentes.
- Modificación de registro de residentes.
- Módulo de identificación.
- Historial de ingresos.
- Logout.

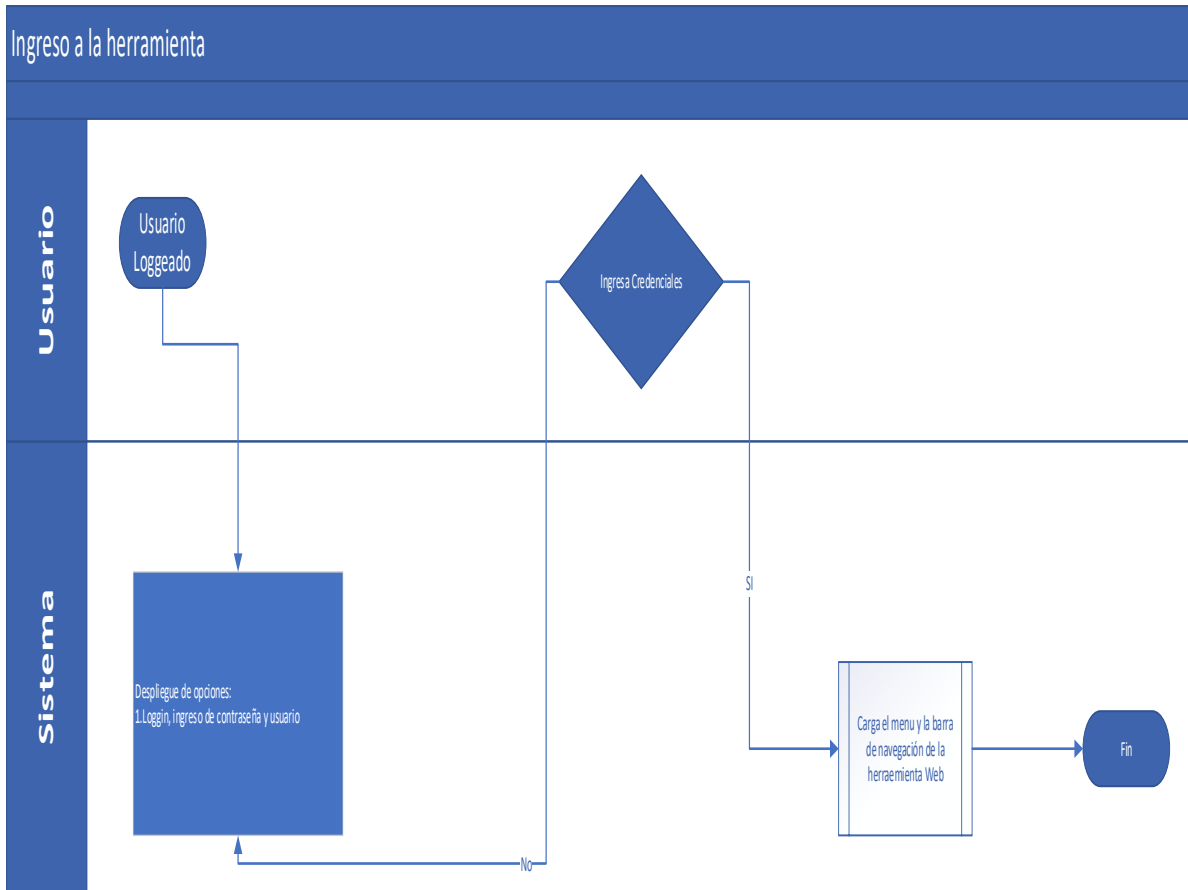
4.2.1 Fases del Desarrollo

4.2.1.1 Análisis. En el desarrollo de la aplicación Web, se identificó la necesidad de estructura diversos módulos con la finalidad de esgrimir un sistema acorde a las necesidades de los condominios que poseen talanquera de seguridad automatizada para el acceso vehicular. A continuación, se desglosan las fases estructuradas.

4.2.1.2 Logueo. Este módulo contendrá el proceso necesario para el ingreso de los usuarios administradores del sistema, el cual será designado por parte de los administradores del condominio.

Figura 1

Flujo de la pantalla de inicio del sistema, y la funcionalidad de cada actividad.

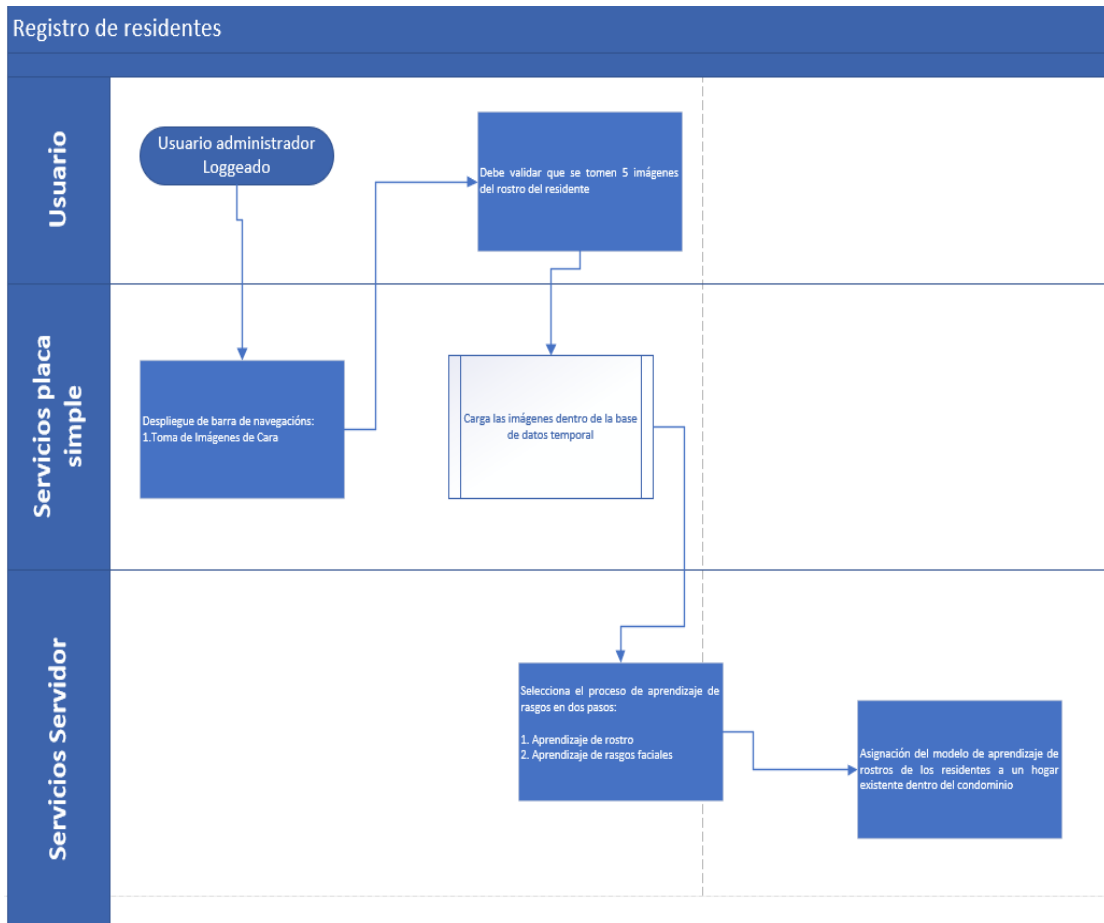


Nota. La figura 1, escenifica los diferentes flujos que poseerá la pantalla inicial del sistema.

4.2.1.3 Registro de Residentes. En este módulo, se observará el proceso para la toma de imágenes de residentes, creación del módulo de aprendizaje mediante Machine Learning y asignación del modelo de identificación de reconocimiento facial a los residentes de un hogar.

Figura 2

Flujo del registro de residentes.

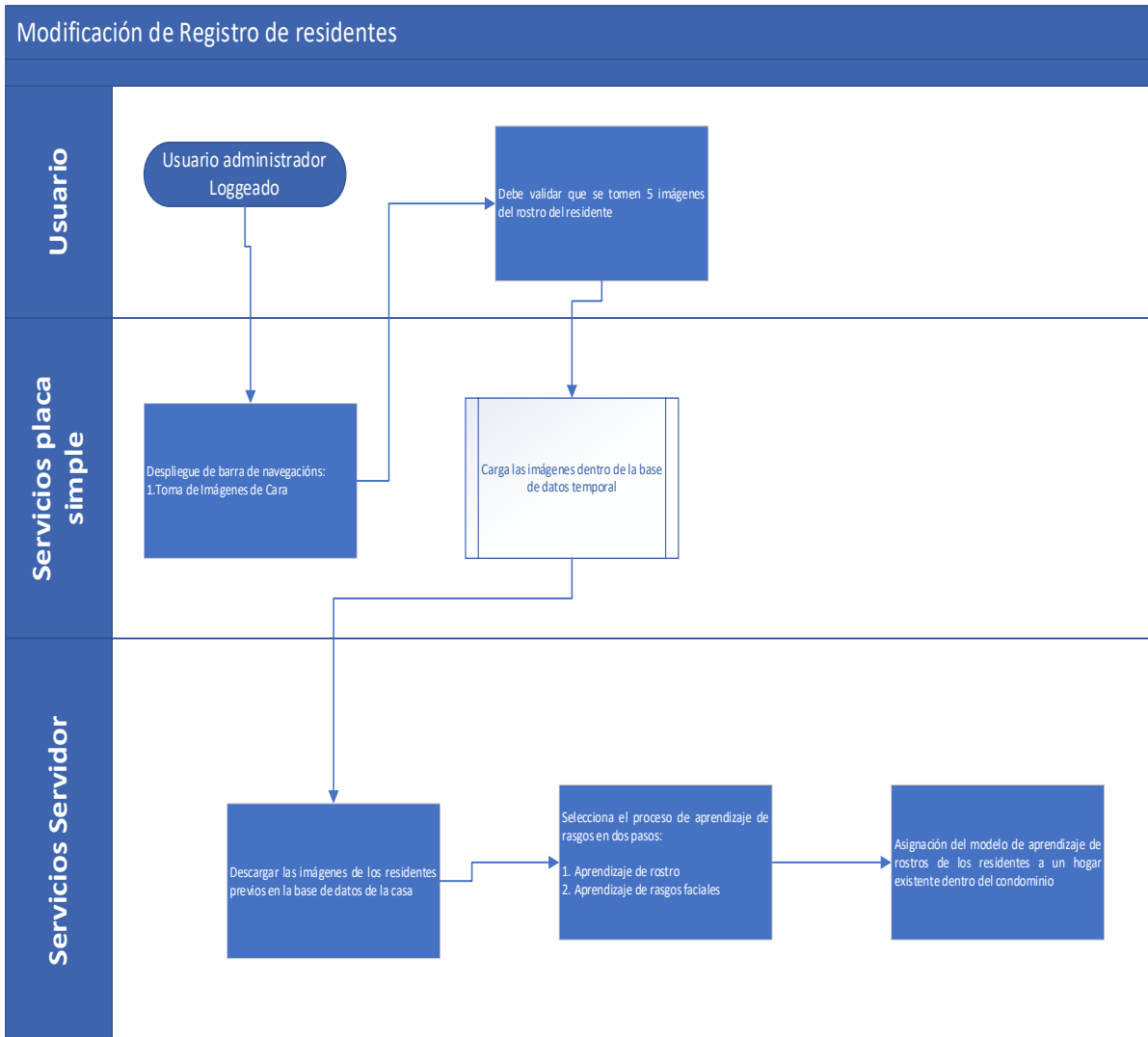


Nota. La imagen muestra los diferentes flujos que tendrá la pantalla de registro de residentes al sistema.

4.2.1.4 Modificación de Registro de Residentes. En esta fase, se requerirá que el modelo de reconocimiento facial existentes de una casa pueda ser modificado, con el propósito de agregar nuevos rostros en caso al hogar se sumen residentes adicionales.

Figura 3

Flujo de modificación de registro de residentes.

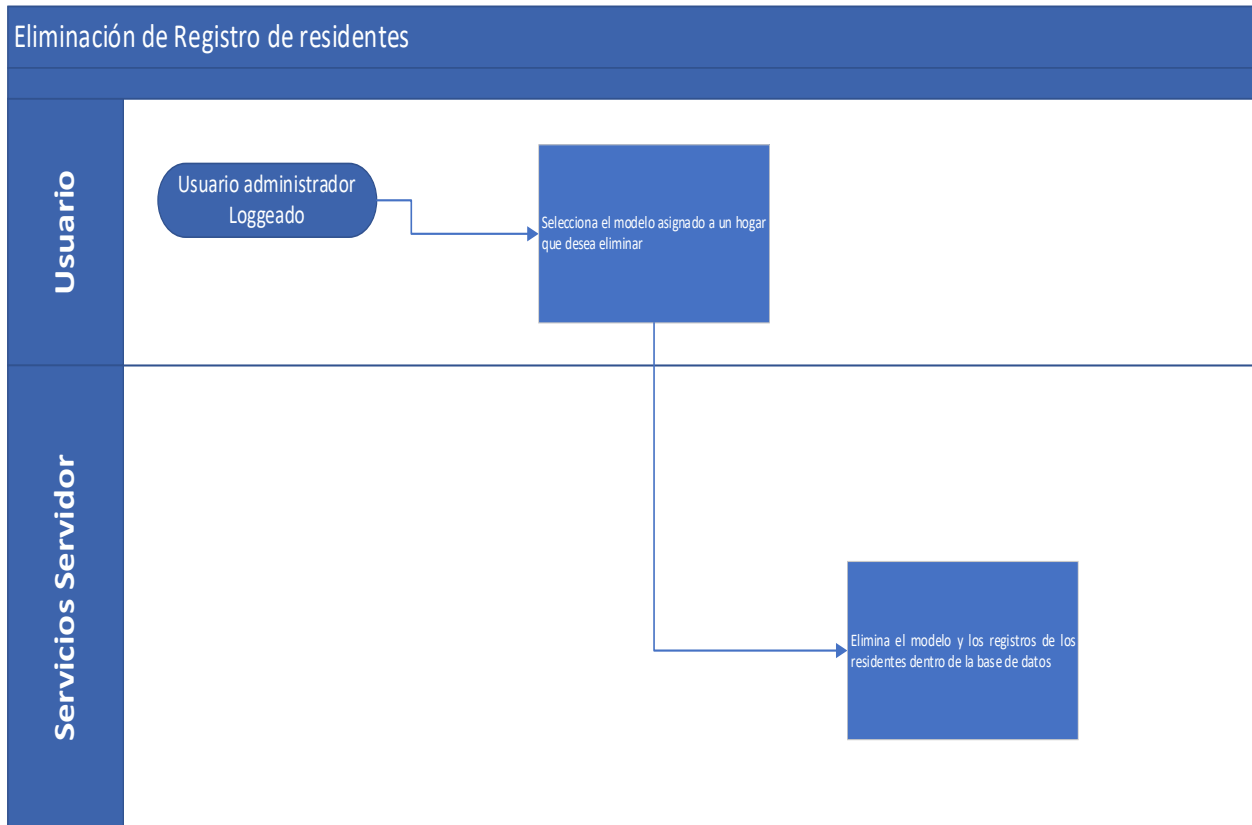


Nota. La imagen grafica los diferentes flujos que tendrá la pantalla de modificaciones de registro de residentes al sistema.

4.2.1.5 Eliminación de Registros. El servicio para la eliminación de modelos de aprendizaje del hogar será visualizado de la siguiente manera.

Figura 4

Flujo de eliminación de registro de residentes.

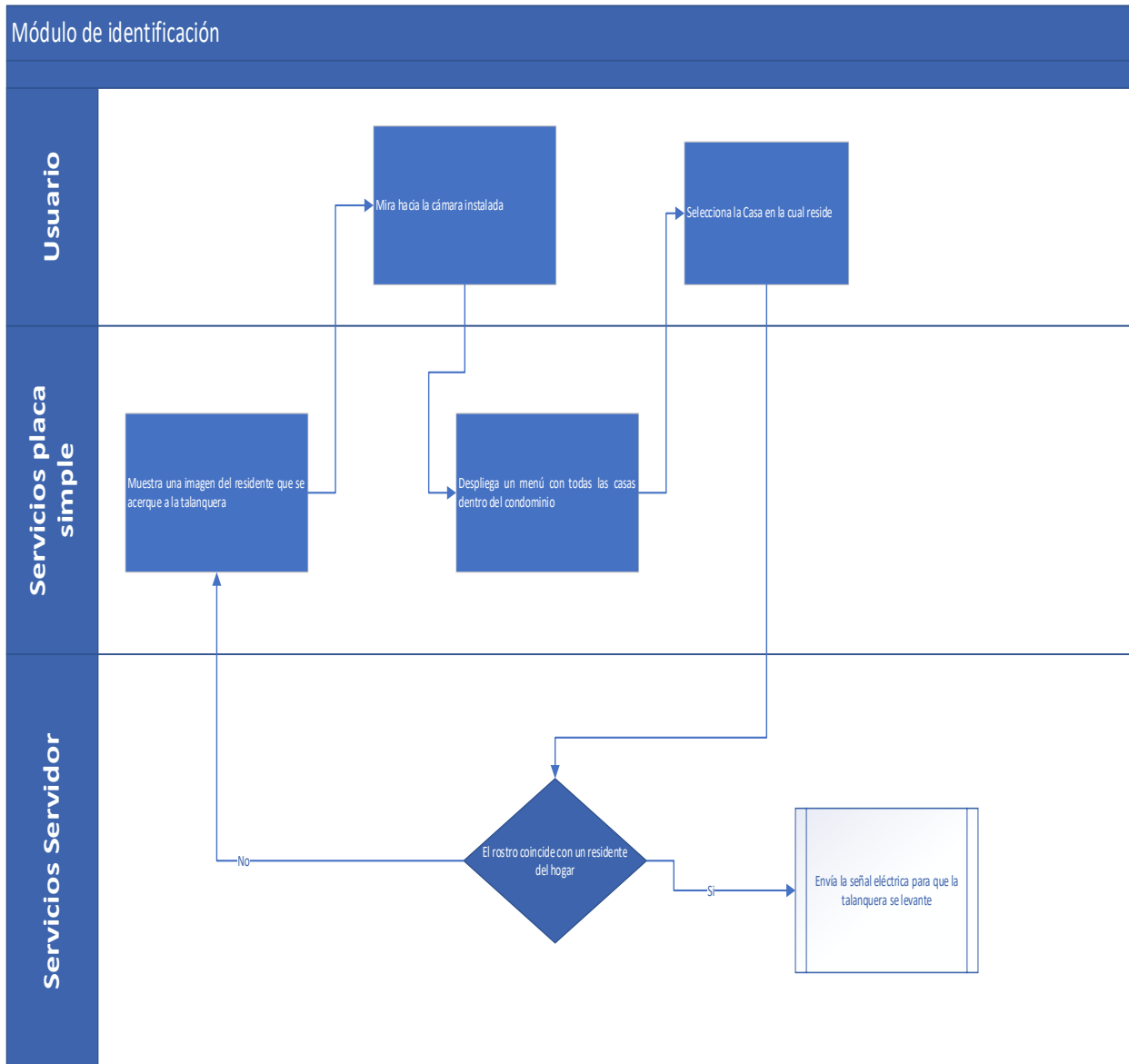


Nota. La figura muestra los diversos flujos que desarrollará la pantalla de modificación de registro de residentes al sistema.

4.2.1.6 Módulo de Identificación. Este módulo mostrará las casas existentes del condominio para que los residentes puedan seleccionar el hogar donde habitan y así el sistema automáticamente identificará si el residente vive dentro del condominio o no.

Figura 5

Flujo de módulo de identificación.

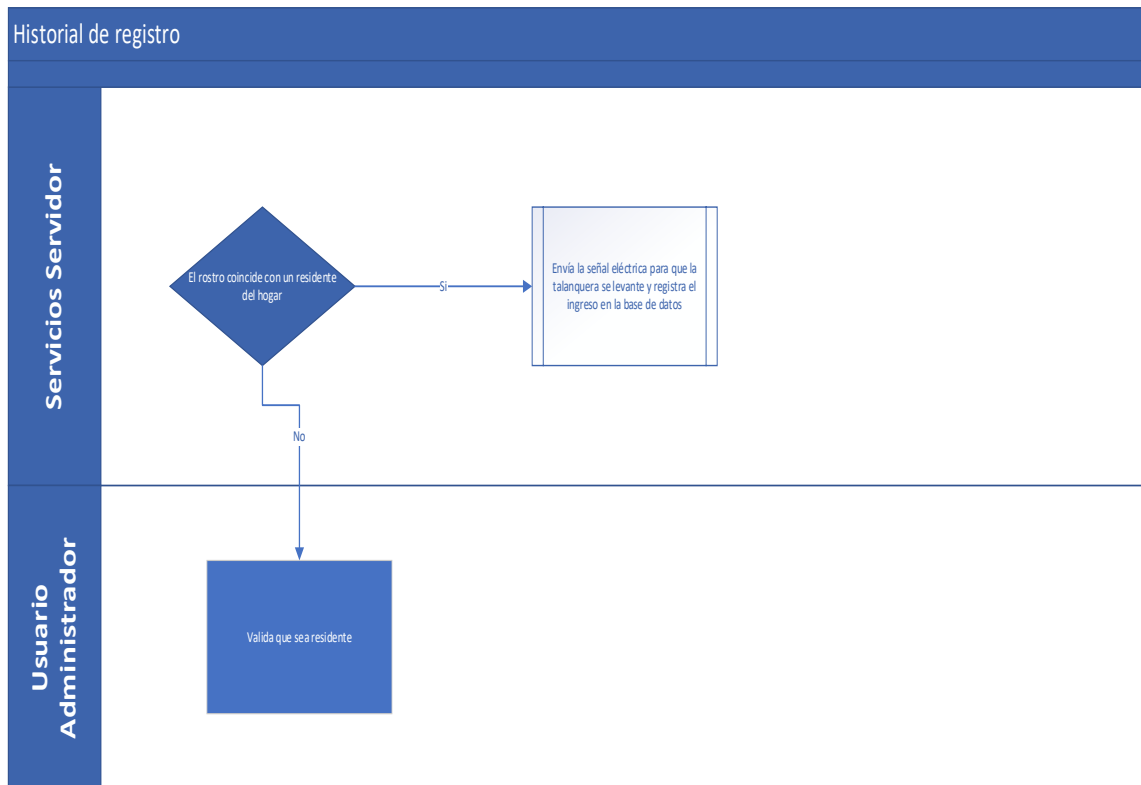


Nota. La imagen, grafica los diferentes flujos que tendrá la pantalla de registro de residentes al sistema.

4.2.1.7 Historial de Ingresos. En la base de datos del sistema, se desarrollará un módulo de registro de usuarios, donde se tendrá control de la hora de ingreso al condominio por parte de los residentes.

Figura 6

Flujo de módulo de identificación.

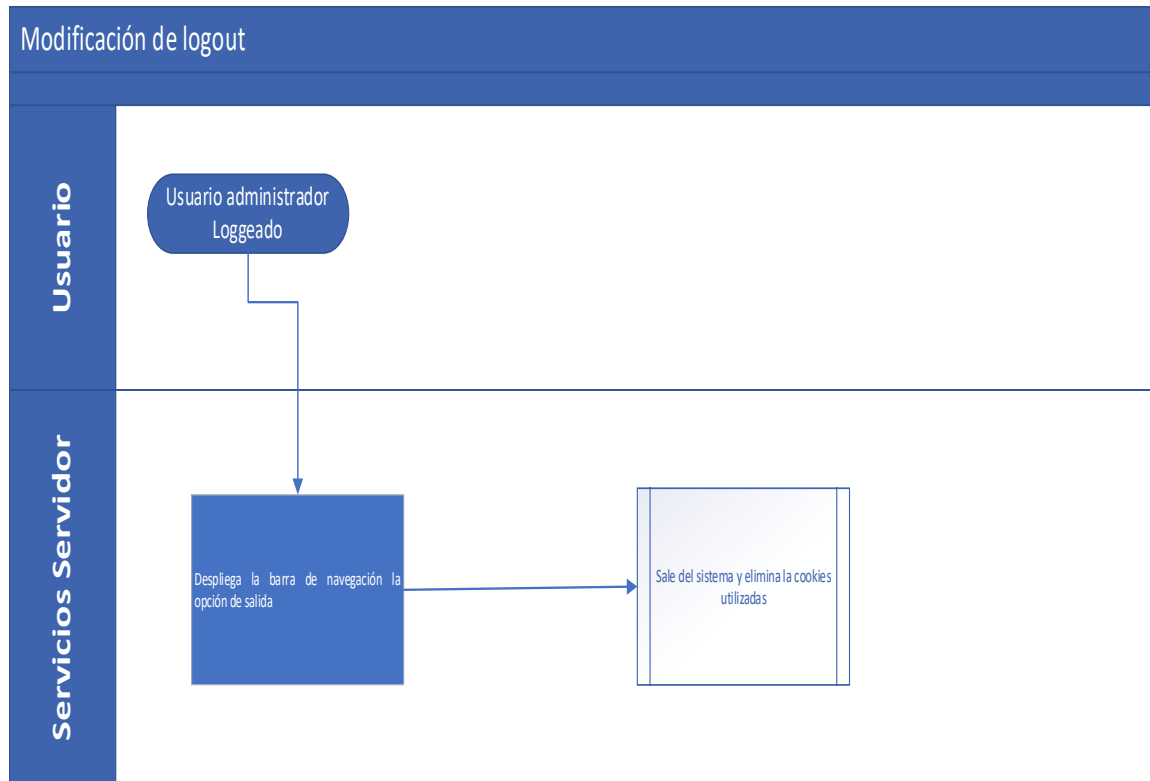


Nota. La figura, evidencia los diversos flujos que se tendrán en la pantalla de registro de residentes al sistema desarrollado.

4.2.1.8 Logout. Dicho módulo será empleado para marcar la salida de los usuarios administradores a la herramienta.

Figura 7

Flujo de la pantalla de salida del sistema.



Nota. La imagen muestra los flujos que tendrá la pantalla de cierre de sesión de residentes al sistema.

4.2.2 Situación Actual

En la actualidad, los condominios pueden contar con talanqueras de identificación vehicular en las cuales se tienen controles de identificación asociados a objetos y no a la persona que debe de ostentar el acceso; entre los recursos viables de emplear se resaltan tarjetas de proximidad, o bien, intervenciones del personal de seguridad, lo cual conlleva una deficiencia en la autorización de ingreso de residentes.

4.2.3 Situación Optimizada

Mediante el sistema propuesto, será factible poseer un sistema automatizado para el ingreso al condominio por medio de vehículos, por lo que el desarrollo aplicará el principio de seguridad de autenticación, el cual consistirá en “algo que sabes, algo que tienes y algo que eres siendo”, que

en este caso puntual se determinará mediante rasgos físicos del residentes para el acceso al condominio; a partir de ello, se pretende optimizar el ingreso, así como, mejorar la confiabilidad en la seguridad del residencial.

4.3 Planificación

A continuación, se detallan fases fundamentales del proceso de planificación del proyecto investigativo.

Figura 8

Imagen del cronograma de actividades para el proyecto completado.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	% completado	pique
16		Desarrollo del Proyecto Funcional	52 días	mié 8/10/22	sáb 10/15/22			0%	
17		Investigación de Tecnologías	4 días	mié 8/10/22	sáb 8/13/22		1	0%	
18		Librerías requeridas en Python	2.5 días	jue 8/11/22	sáb 8/13/22			0%	Sprint 0
19		Librerías requeridas para la Raspberry	2.5 días	jue 8/11/22	sáb 8/13/22			0%	Sprint 0
20		Diseño de la Solución	22 días	mié 8/10/22	mar 9/6/22		1	0%	
21		Diseño de Flujos	3 días	jue 8/11/22	sáb 8/13/22			0%	Sprint 1
22		Modulo de Registros	2 días	vie 8/26/22	lun 8/29/22			0%	Sprint 2
23		Base de Datos NoSql	2 días	vie 9/2/22	lun 9/5/22			0%	Sprint 2
24		Desarrollo	25 días	mié 9/7/22	lun 10/10/22		1	0%	
25		Desarrollo del algoritmo de reconocimiento facial	4 días	mié 9/7/22	lun 9/12/22	18,19		0%	Sprint 2
26		Desarrollo de algoritmo de accesos	4 días	mar 9/13/22	vie 9/16/22	18,19		0%	Sprint 3
27		Desarrollo de la Base de Datos NoSql	4 días	lun 9/19/22	jue 9/22/22	23		0%	Sprint 3
28		Desarrollo de modulo de Creación de residentes	4 días	mié 9/28/22	sáb 10/1/22			0%	Sprint 3
29		Desarrollo de modulo de Identificación	3 días	lun 10/3/22	mié 10/5/22			0%	Sprint 4
30		Pruebas de la Solución	2 días	mar 10/11/22	mié 10/12/22		1	0%	
31		Desarrollo de las pruebas de la aplicación (Caja Negra)	1 día	mar 10/11/22	mar 10/11/22	25,26,27,28,29		0%	Sprint 5
32		Ejecución de las pruebas de la aplicación	1 día	mar 10/11/22	mar 10/11/22	25,26,27,28,29		0%	Sprint 5
33		Implementación de la Solución	3 días	mar 10/11/22	jue 10/13/22			0%	
34		Implementación de todas las herramientas	3 días	mar 10/11/22	jue 10/13/22			0%	Sprint 5

Nota. La figura muestra las actividades diseñadas para el cumplimiento del proyecto.

4.4 Desarrollo de la Aplicación

4.4.1 Arquitectura de Hardware

Para la implementación de hardware, es necesario poseer los siguientes elementos.

Tabla 25*Tabla de Componentes de Hardware.*

Componente	Características	Cantidad
Reducida	Raspberry Pi 4 Modelo B de 4Gb	1 por Garita de Seguridad
Cámara	Raspberry Pi Camera Module 2	1 por Raspberry
Arduino	Microcontrolador: ATmega328P.	1 por Raspberry
Servidor	CPU: Ryzen 7/ Intel 7	1 laptop
	GPU: RTX 2070	
	RAM: 16Gb	
	Disco 1Tb	
Router	Wifi 5	1 Router

4.4.2 Arquitectura de Software

En el desarrollo de la solución se requerirá que el servidor esté enlazado con Windows Professional, así como que, el ordenador de placa reducida esgrima el sistema operativo Raspbian Buster. Por otro lado, es importante resaltar que la solución será desarrollada en el lenguaje de programación Python, dado que posee múltiples beneficios para el propósito de la implementación; por lo que, en primera instancia, se consideró los elementos positivos que posee el lenguaje para el aprendizaje de máquinas y librerías OpenSource

4.4.2.1 Front End. Con el propósito de llevar a cabo la acción se requiere el uso de ordenadores de placa reducida que serán empleados en la interacción del sistema con los servicios que el servidor disponga; cabe resaltar que este componente deberá de desplegar la página Web mediante una barra de navegación en la cual se establecerá cada componente necesario para la relación con el usuario administrador y la gestión de cada servicio, por lo que es fundamental que el usuario se encuentre correctamente autenticado. No obstante, se considera que para el servicio de autenticación de residentes se podrá acceder mediante el servicio de acceso a residentes, mismos que serán desarrollados con la librería de Flask en Python empleada para la creación de servicios Web.

4.4.2.2 Back End. Con base en la planificación establecida para los servicios de Back End, principalmente, se detallan los componentes de aprendizaje de máquina, así como la interacción de la base y almacenamiento de datos, siendo las principales librerías que serán utilizadas para el desarrollo de estos componentes TensorFlow, Pickle y Numpy, así como, el desarrollo de cada servicio Web para que puedan ser consumidos por ordenador de placa reducida.

4.4.2.3 Capa de Datos. Ésta, será instalada en el servidor y se utilizará el gestor MongoDB, la cual es una base de datos no relacional o denominada NoSQL; dentro de ésta se tendrán tres (3) bases de datos, destinadas para la administración de usuarios administradores, registro de los accesos al condominio; la segunda para la administración de las casas, residentes y modelos de aprendizaje para cada hogar y; por último, la administración de toma de imágenes temporales empleada para los modelos de aprendizaje.

4.4.2.4 Seguridad. En este rubro únicamente se les permitirá el acceso a los usuarios administradores designados, así como, la comunicación con la página Web la cual será mediante el protocolo https y con un certificado generado por Openssl.

4.4.3 Sistema Finalizado

A continuación, se desglosa la visualización que tendrá la aplicación a desarrollar.

4.4.3.1 Pantalla de Inicio de Sesión

Figura 9

Pantalla de inicio corriendo en el programa.

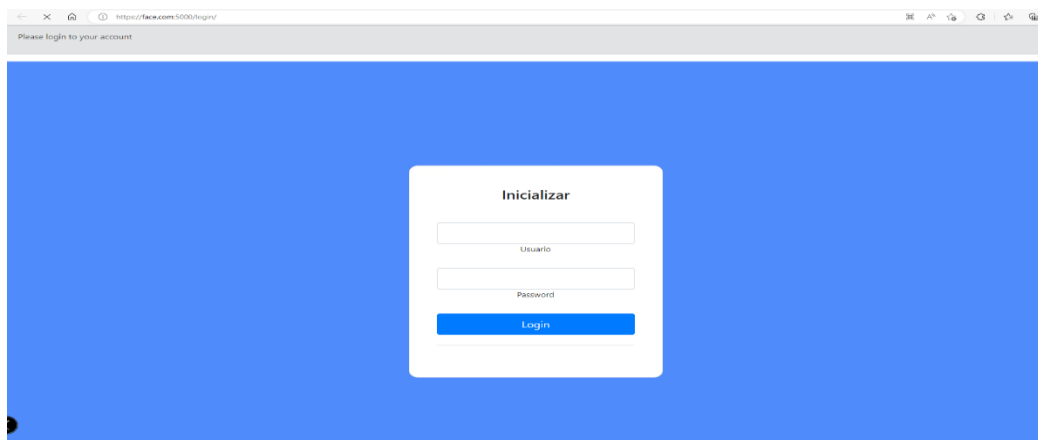


Figura 10

Pantalla de inicio corriendo en el programa, mostrando usuario incorrecto.

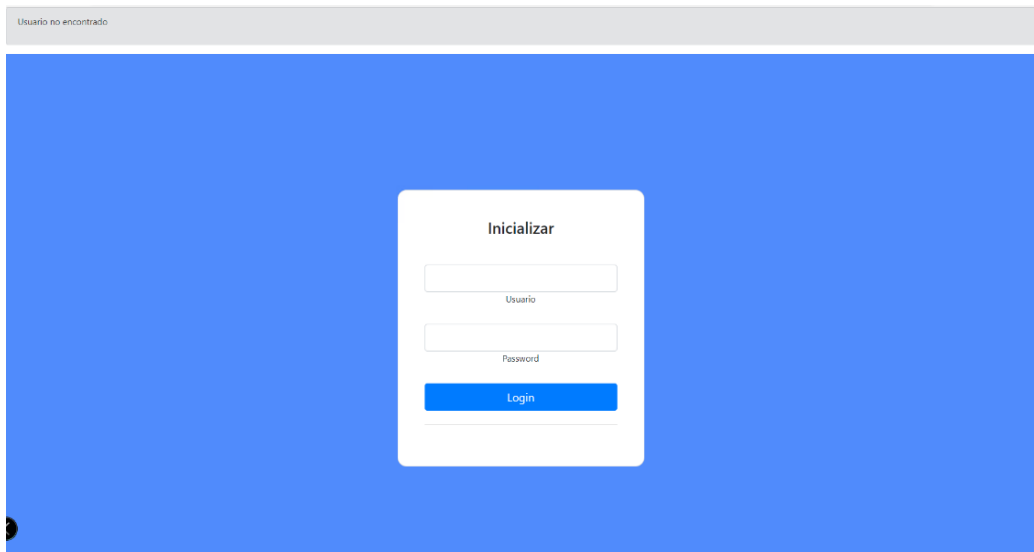
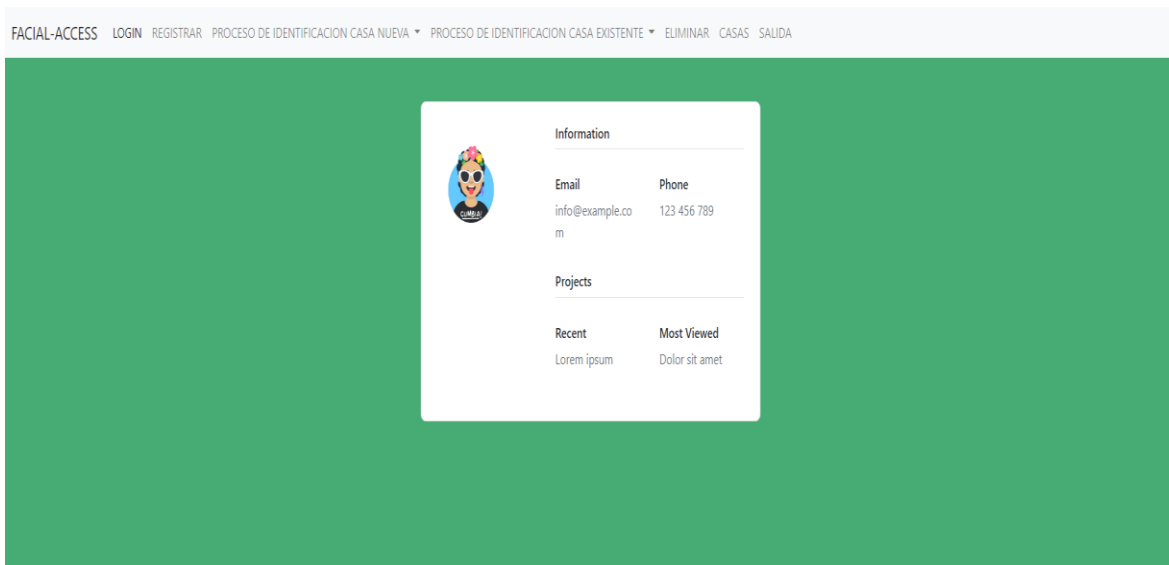


Figura 11

Pantalla de menú corriendo en el programa.



4.4.3.2 Pantalla de Administración

Figura 12

Pantalla de toma de imágenes corriendo en el programa.

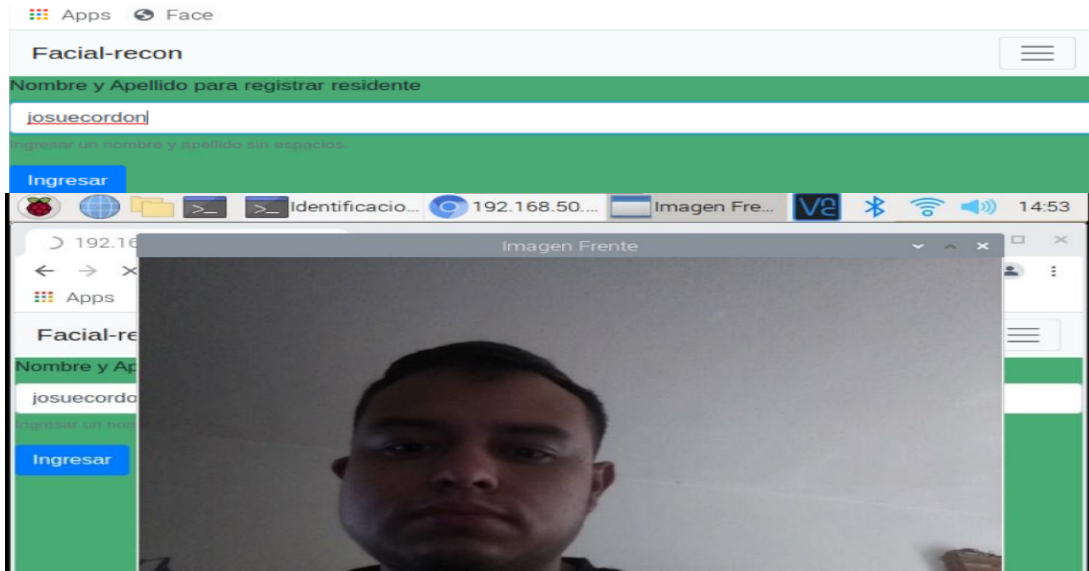


Figura 13

Pantalla de aprendizaje de máquina corriendo en el programa.

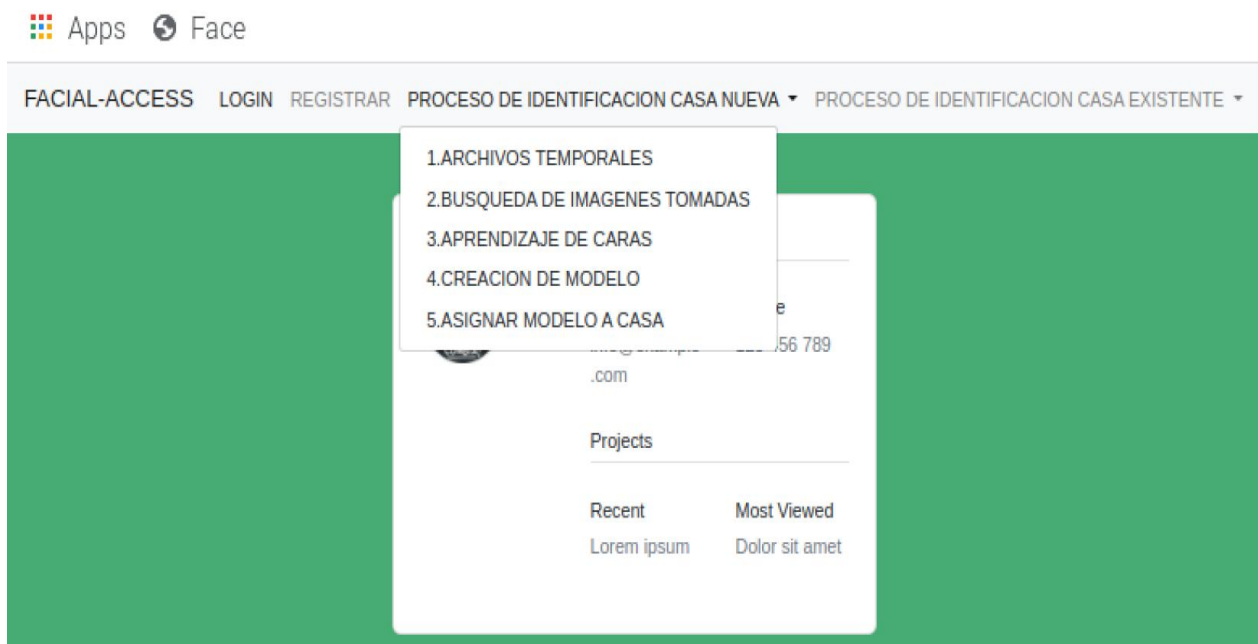


Figura 14

Pantalla de creación de archivos temporales en el programa.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing: FACIAL-ACCESS, LOGIN, REGISTRAR, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE, ELIMINAR, CASAS, SALIDA. The main content area is divided into three sections:

- Section 1:** A light blue header with the text "CARPETA CREADA!". Below it is a grey bar with "CRECIÓN DE ARCHIVOS TEMPORALES DE APRENDIZAJE". The main text reads "Creación de archivos temporales" and "Creación de Carpeta donde se almacenaran el aprendizaje de maquina". A blue button labeled "CREAR CARPETA" is at the bottom.
- Section 2:** A grey bar with "ELIMINAR CARPETA DE ARCHIVOS TEMPORALES DE APRENDIZAJE". The main text reads "Eliminar carpeta de archivos temporales". A blue button labeled "ELIMINAR CARPETA" is at the bottom.
- Section 3:** A solid green bar.

Figura 15

Pantalla de búsqueda de imágenes para el aprendizaje; pantalla para agregar imágenes de residentes en el programa.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing: FACIAL-ACCESS, LOGIN, REGISTRAR, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE, ELIMINAR, CASAS, SALIDA. The main content area is divided into two sections:

- Section 1:** A light blue header with the text "DATOS NO ENCONTRADOS!". Below it is a grey bar with "AGREGAR DATOS DE RESIDENTES AL APRENDIZAJE". There are two input fields: the first contains "cortes" and is labeled "Nombre"; the second contains "josue" and is labeled "Apellido". A blue button labeled "BUSCAR" is at the bottom.
- Section 2:** A light blue header with the text "DATOS AGREGADOS CORRECTAMENTE!". Below it is a grey bar with "AGREGAR DATOS DE RESIDENTES AL APRENDIZAJE". There are two empty input fields: the first is labeled "Nombre" and the second is labeled "Apellido". A blue button labeled "BUSCAR" is at the bottom.

Figura 16

Pantalla para el aprendizaje de caras de residentes en el programa.

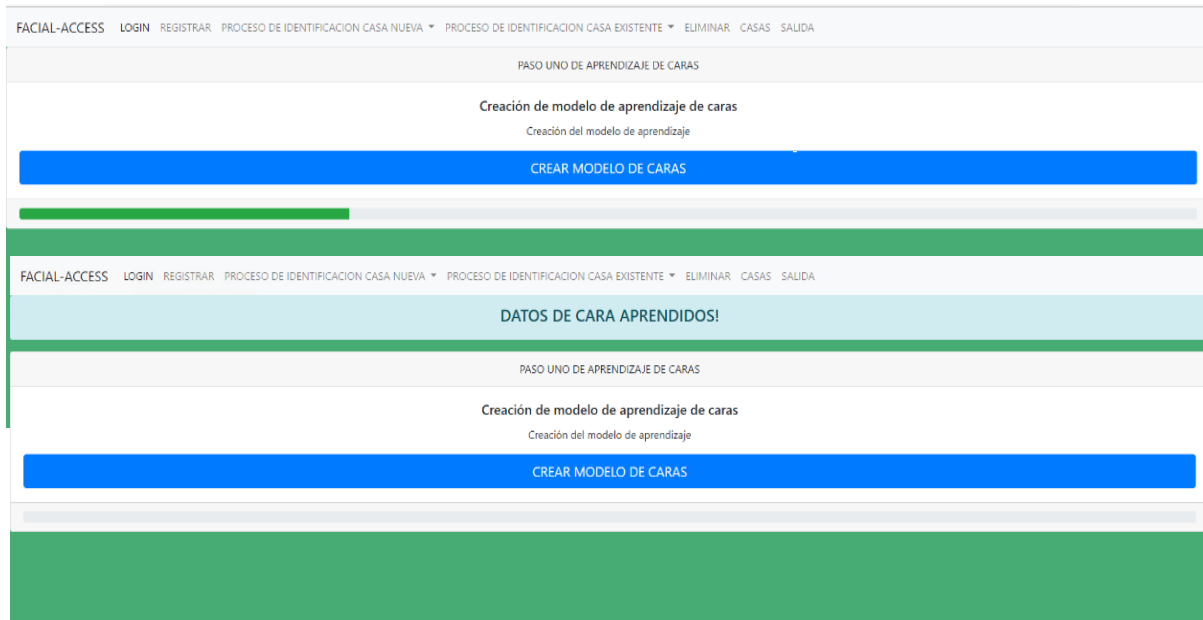


Figura 17

Pantalla para el aprendizaje de rasgos de residentes en el programa.



Figura 18

Pantalla para el aprendizaje de rasgos de residentes en el programa.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing: FACIAL-ACCESS, LOGIN, REGISTRAR, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE, ELIMINAR, CASAS, SALIDA. Below the navigation bar is a header section with the text "BUSCAR LA CASA EN DONDE GUARDARA EL MODELO". Underneath is a dropdown menu labeled "SELECCIONAR # CASA". A blue button labeled "AGREGAR MODELO" is positioned below the dropdown. The form includes two input fields: "Nombre" and "Apellido". Below these fields is another blue button labeled "AGREGAR RESIDENTE". At the bottom of the form is a blue button labeled "BORRAR ARCHIVOS TEMPORALES" and a green footer bar.

Figura 19

Proceso para la asignación de los modelos a una casa.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing: FACIAL-ACCESS, LOGIN, REGISTRAR, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE, ELIMINAR, CASAS, SALIDA. Below the navigation bar is a header section with the text "MODELO DE RECONOCIMIENTO DE CASA AGREGADO". Underneath is another header section with the text "BUSCAR LA CASA EN DONDE GUARDARA EL MODELO". Below this is a dropdown menu labeled "SELECCIONAR # CASA". A blue button labeled "AGREGAR MODELO" is positioned below the dropdown. The form includes two input fields: "Nombre" and "Apellido". Below these fields is a grey box containing the text "Casa Seleccionado" and "0009". Below this is another blue button labeled "AGREGAR RESIDENTE". At the bottom of the form is a blue button labeled "BORRAR ARCHIVOS TEMPORALES" and a grey box containing the text "['CORTES JOSUE', 'ELSA CORDON', 'ESTEBAN CORTES']". A green footer bar is at the very bottom.

Figura 20

Pantalla para la asignación de los modelos de un hogar.

The screenshot shows a web application interface with the following elements:

- Navigation bar: FACIAL-ACCESS LOGIN REGISTRAR PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE ELIMINAR CASAS SALIDA
- Title bar: REGISTRO DE RESIDENTE AGREGADO CORRECTAMENTE
- Section header: BUSCAR LA CASA EN DONDE GUARDARA EL MODELO
- Form fields: SELECCIONAR # CASA (dropdown), Nombre (text), Apellido (text)
- Buttons: AGREGAR MODELO (blue), AGREGAR RESIDENTE (blue), BORRAR ARCHIVOS TEMPORALES (blue)
- Text: "Casa Seleccionado" 0009
- Text: ['CORTES JOSUE', 'ELSA CORDON', 'ESTEBAN CORTES']

Figura 21

Pantalla para la modificación de modelos de un hogar.

The screenshot shows a web application interface with the following elements:

- Navigation bar: FACIAL-ACCESS LOGIN REGISTRAR PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE
- Title bar: ARCHIVOS TEMPORALES ELIMINADOS
- Section header: BUSCAR LA CASA EN DONDE GUARDARA EL MODELO
- Form fields: SELECCIONAR # CASA (dropdown), Nombre (text), Apellido (text)
- Buttons: AGREGAR MODELO (blue)
- Dropdown menu (open):
 - 1.ARCHIVOS TEMPORALES
 - 2.BUSQUEDA DE IMAGENES TOMADAS
 - 3.AGREGAR DATOS DE CARAS EXISTENTES
 - 4.APRENDIZAJE DE CARAS
 - 5.CREACION DE MODELO
 - 6.ASIGNAR MODELO A CASA EXISTENTE

Figura 22

Pantalla para modificación de modelos de aprendizaje de hogar. Ejemplo adición de integrante.

The screenshot shows a web interface for adding records. At the top, a navigation bar includes links for FACIAL-ACCESS, LOGIN, REGISTRAR, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE, ELIMINAR, CASAS, and SALIDA. Below this is a light blue banner with the text "AGREGAR CADA REGISTRO DEVUELTO POR EL NOMBRE Y APELLIDO DE LOS DATOS QUE SE ENCUETRAN DENTRO DE LA CASA!". Underneath is a white banner with the text "BUSCAR LA CASA ACTUALIZAR EL MODELO DE IDENTIFICACION". A dropdown menu labeled "SELECCIONAR # CASA" is followed by a blue button labeled "BUSCAR". Below the button are two input fields: "Nombre" and "Apellido". Another blue button labeled "AGREGAR" is positioned below the input fields. At the bottom, a grey box displays a JSON array: `[[], {'userfirst': 'CORTES', 'usersecond': 'JOSUE'}, {'userfirst': 'ELSA', 'usersecond': 'CORDON'}, {'userfirst': 'ESTEBAN', 'usersecond': 'CORTES'}]`. The interface is framed by green bars at the top and bottom.

Figura 23

Pantalla para eliminación de modelos de un hogar.

Ilustración 3

The screenshot shows a web interface for deleting records. At the top, a navigation bar includes links for FACIAL-ACCESS, LOGIN, REGISTRAR, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA NUEVA, PROCESO DE IDENTIFICACION CASA EXISTENTE, ELIMINAR, CASAS, and SALIDA. Below this is a light blue banner with the text "El modelo de aprendizaje ha sido eliminado". Underneath is a white banner with the text "BUSCAR LA CASA QUE DESEA ELIMINAR EL MODELO DE APRENDIZAJE". A dropdown menu labeled "SELECCIONAR # CASA" is followed by a blue button labeled "ELIMINAR". Below the button is a grey box, and at the bottom is a large green bar. The interface is framed by green bars at the top and bottom.

Figura 24

Pantalla del proceso para acceso al condominio o toma de registros.



Figura 25

Pantalla para toma de registros, captura de fotografía.

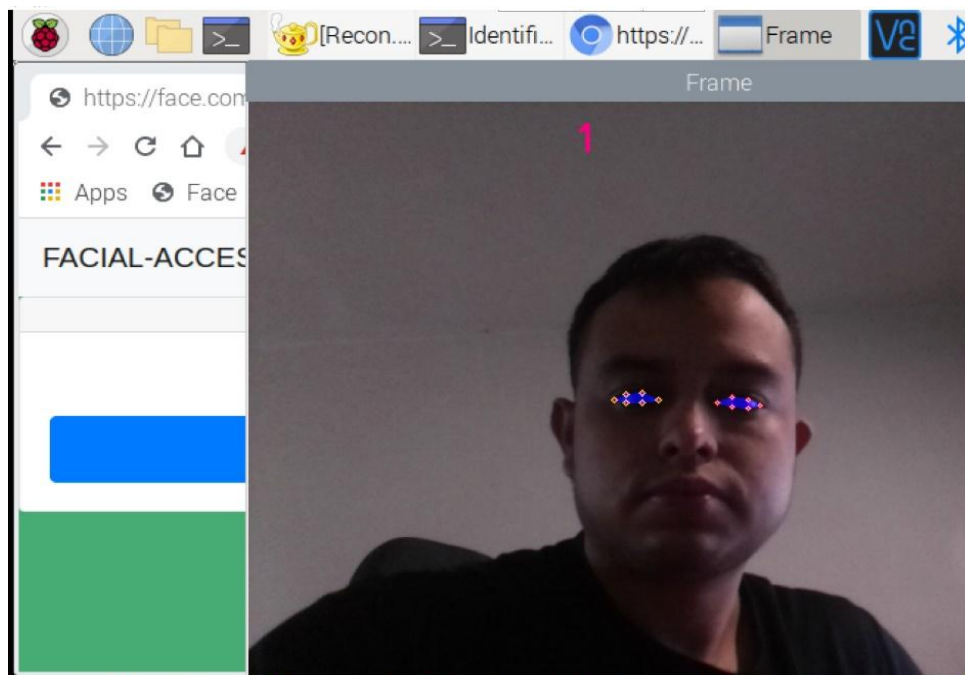


Figura 26

Pantalla para la selección de vivienda.

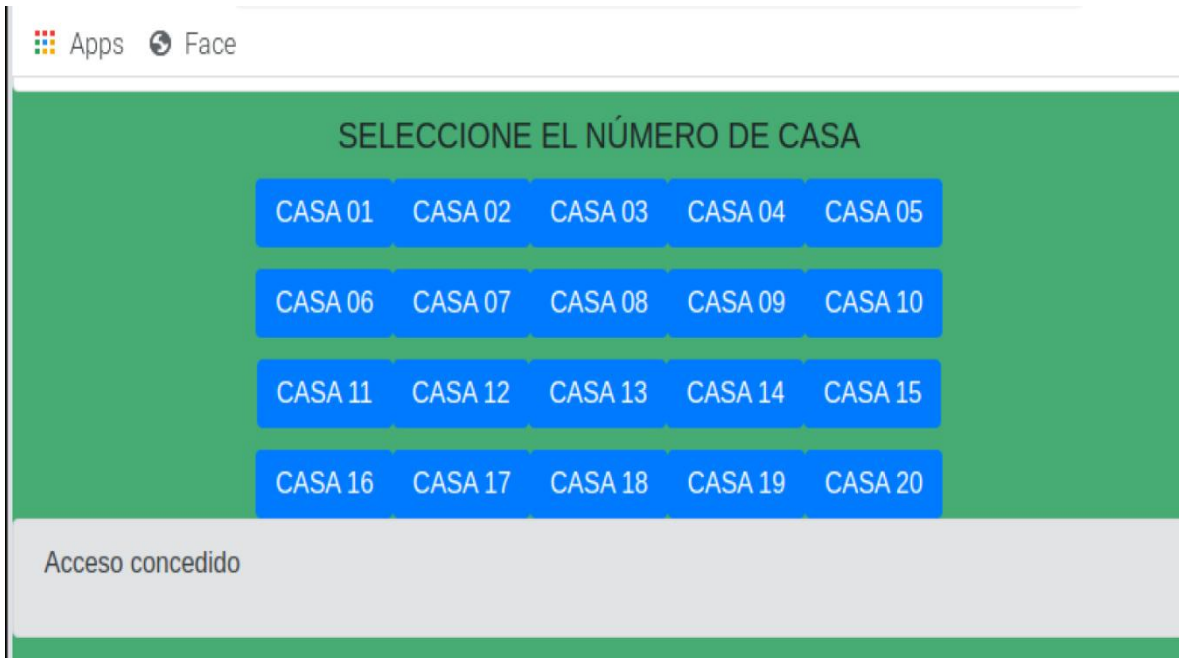


Figura 27

Pantalla de base de datos dentro de MongoDB.

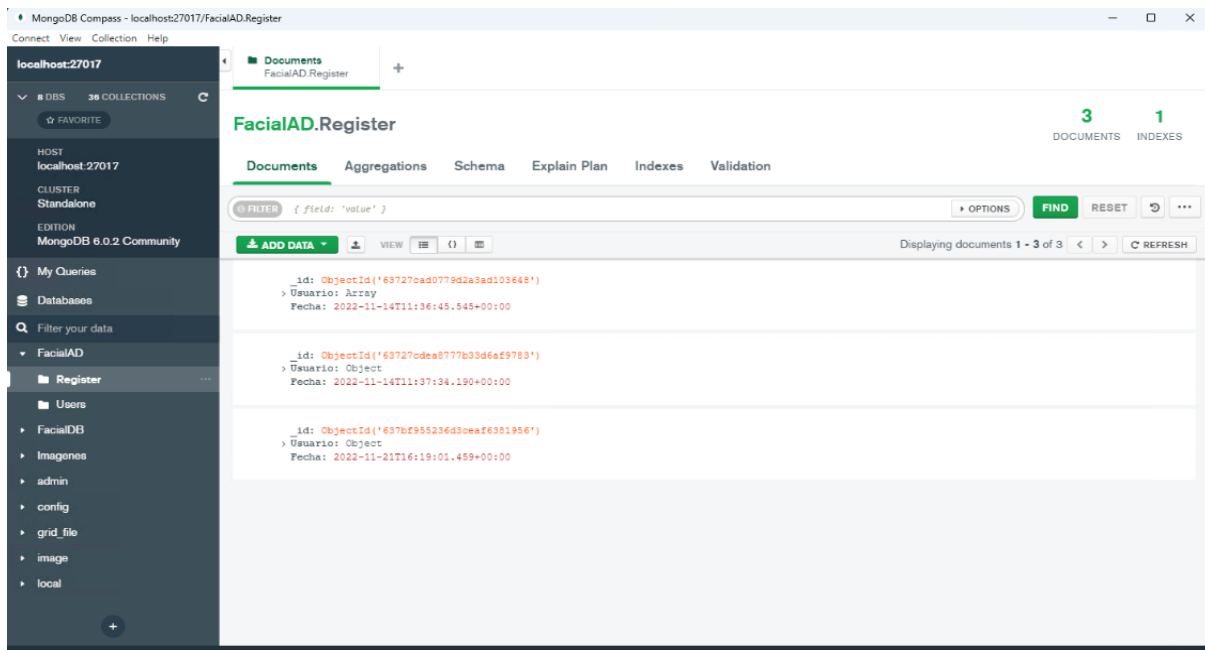


Figura 28

Hardware del ordenador de placa reducida



Capítulo V

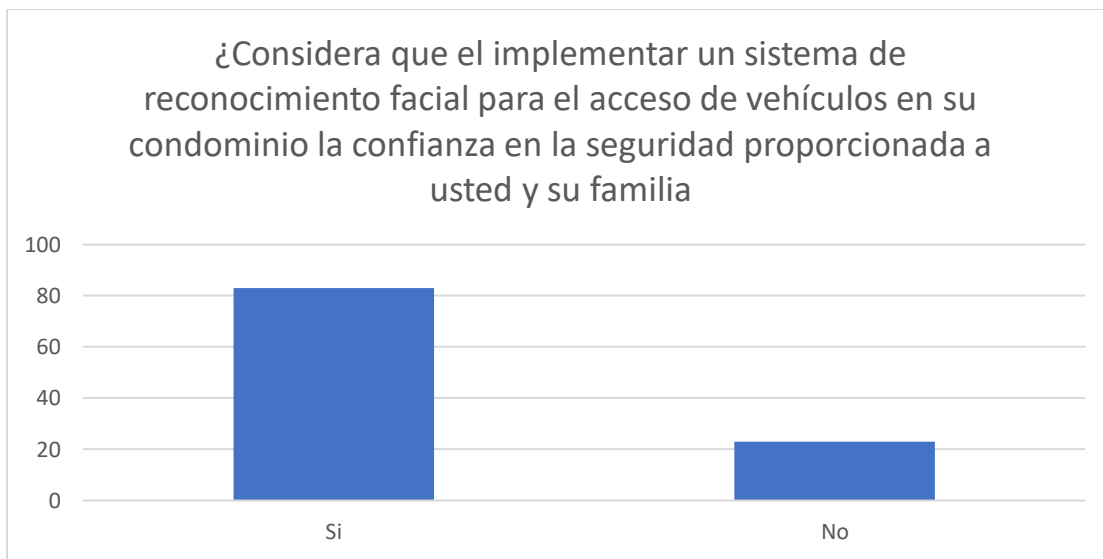
Discusión y Análisis de Resultados

5.1 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos referentes a las ciento seis (106) personas encuestadas evidencian que el ochenta y tres por ciento (83%) de los participantes manifiestan interés en la implementación de herramientas tecnológicas que puedan automatizar y promover un nivel de confianza en la seguridad física de los habitantes de un condominio, con la finalidad de mejorar el control a través del reconocimiento facial automatizado para el ingreso de vehículos.

Gráfica 9

Resultados de la pregunta 8

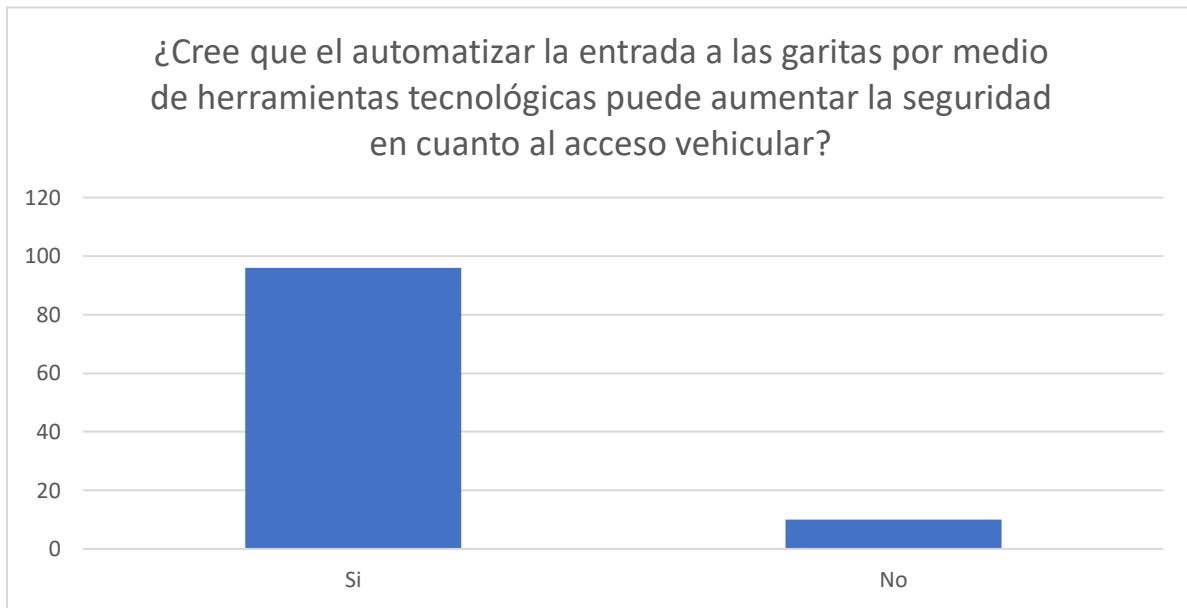


Nota. La gráfica evidencia que la mayoría de los encuestados consideran que automatizar la entrada de garitas mediante sistemas de reconocimiento facial aumenta la seguridad de acceso a las garitas.

Según los resultados obtenidos se concluye que el noventa y seis por ciento (96%) de los entrevistados se encuentran de acuerdo con la primicia que la automatización de entradas a las garitas mediante herramientas tecnológicas aumenta la seguridad en el acceso vehicular.

Gráfica 10

Resultados de la pregunta 7.



Nota. Los datos recopilados evidencia que un alto porcentaje está de acuerdo o concuerda con lo planteado en la interrogante.

A raíz de los datos recopilados, se considera que la herramienta desarrollada puede ser de utilidad para cualquier residencial que requiera aumentar la seguridad física de los residentes, así como mantener un control o trazabilidad de las personas que acceden al condominio.

5.2 Conclusiones

Con base en el trabajo desarrollado, se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- El sistema implementado cumple con los requerimientos iniciales para proveer una herramienta de reconocimiento facial para el acceso vehicular a los condominios.
- El sistema proyectado en el trabajo de investigación fue desarrollado de tal manera que es factible escalarlo, es decir que, los modelos de reconocimiento facial puedan ser empleados para otros casos prácticos como el acceso a casas de los residentes.
- La implementación de dicho proyecto en los condominios pretende optimizar el tiempo y la seguridad vehicular a residentes del complejo habitacional.

5.3 Recomendaciones

- El condómino adquirirá la solución de software y hardware planteando en el presente trabajo, por lo que se recomienda que pueda proveérsele de energía y red interna para la implementación de la solución.
- Se recomienda ejecutar planes de mantenimiento preventivo de manera anual para el hardware adquirido, principalmente para el servidor, base de datos y ordenador de placa reducida.
- Se sugiere capacitar al personal de garitas para el uso adecuado y óptimo de la herramienta desarrollada.

Lista de Referencias

- Aranza, E. (2021). Identidad, biometría e inteligencia artificial: Ética, mitos y realidades. *VeriDas*.
<https://veridas.com/es/biometria-etica-mitos-realidades/>
- Calvo, D. (2018). Aprendizaje supervisado. *Diego Calvo*. <https://www.diegocalvo.es/aprendizaje-supervisado/>
- Cámara fotográfica. (2014). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_fotogr%C3%A1fica#:~:text=Una%20c%C3%A1mara%20fotogr%C3%A1fica%20o%20c%C3%A1mara,en%20aquella%20C3%A9poca%20no%20hab%C3%ADa
- Cámara IP. (2020). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_IP#:~:text=Una%20c%C3%A1mara%20I
[P%20\(o%20una,por%20s%C3%AD%20mismo%20a%20Internet](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_IP#:~:text=Una%20c%C3%A1mara%20I)
- Caseta de vigilancia. (2020). En *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Caseta_de_vigilancia
- Castaño, D. L., & Alonso, J. D. (2019). *Sistema de reconocimiento facial para el control de acceso de vivienda* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Colombia].
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/c627cd7f-698d-4dc8-b552-736c318cae4c/content>
- Congreso de la República de Guatemala. (2010). Decreto 52-2010 Congreso de la República de Guatemala. En *Dirección General de Servicios de Seguridad Privada*. Congreso de la República de Guatemala. https://mingob.gob.gt/wp-content/uploads/2020/10/DECRETO_NUMERO_52-2010.pdf

- DCAF – Geneva Centre for Security Sector Governance. (2021). *Business and security*. DCAF – Geneva Centre for Security Sector Governance. <https://www.dcaf.ch/business-and-security#>
- Ecdisis Estudio. (2019). ¿Qué es la identificación biométrica? *ECDISIS ESTUDIO*. <https://ecdisis.com/que-es-la-identificacion-biometrica/>
- Flores, A. (2021). Librería Python para la transformación digital. *Crehana - Future of People*. <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/librerias-python/>.
- Garnica, A. P., & Usiña, A. E. (2022). *Desarrollo e implementación de una plataforma de reconocimiento facial en tiempo real para la búsqueda de personas desaparecidas utilizando aprendizaje profundo sobre unidades de procesamiento gráficas* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22341/1/UPS-CT009675.pdf>
- Heaton, J. (2020). Applications of deep neural networks. *GitHub*. https://github.com/jeffheaton/t81_558_deep_learning/blob/master/manual_setup.ipynb
- Iberdrola. (2022). ¿Qué es inteligencia artificial? *Iberdrola*. [https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial#:~:text=%C2%BFQuieres%20cambiar%20el%20mundo%3F&text=La%20Inteligencia%20Artificial%20\(IA\)%20es,capacidades%20que%20el%20ser%20humano.](https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial#:~:text=%C2%BFQuieres%20cambiar%20el%20mundo%3F&text=La%20Inteligencia%20Artificial%20(IA)%20es,capacidades%20que%20el%20ser%20humano.)
- Identificación de personas. (2021). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/Identificaci%C3%B3n_de_personas#:~:text=La%20Identificaci%C3%B3n%20de%20personas%20se,o%20biometr%C3%ADa%20con%20cualquiera%20de

Inteligencia artificial. (2022). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_artificial

Juan. (2022). Tipos de lenguajes de programación. *Assembler Institute of Technology*.
<https://assemblerinstitute.com/blog/tipos-lenguaje-programacion/>

Ministerio de Gobernación. (2020). *Historia – Dirección General de Servicios de Seguridad Privada*. Ministerio de Gobernación. <https://digessp.gob.gt/historia/>

Porto, J. P., & Gardey, A. (2009). *Video cámara - qué es, en el hogar, definición y concepto*. Definición.de. <https://definicion.de/video-camara/>

Presidente envía mensaje por el 25 aniversario de la firma de los Acuerdos de Paz. (2022). En *Ministerio de Energía y Minas - MEM - . 25 aniversario de la Firma de los Acuerdos de Paz, Guatemala*. <https://mem.gob.gt/blog/presidente-envia-mensaje-por-el-25-aniversario-de-la-firma-de-los-acuerdos-de-paz/>

¿Qué es NoSQL? (2021). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/nosql/>

Redacción APD. (2020). Las ramas de la inteligencia artificial y sus diferentes aplicaciones. *APD*.
<https://www.apd.es/tecnicas-de-la-inteligencia-artificial-cuales-son-y-para-que-se-utilizan/>

Roca, J. (2021). ¿Qué diferencia los procesadores para IA de una CPU convencional? *Hard Zone*.
<https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/procesadores-inteligencia-artificial/>

SantanderOpenAcademy. (s. f.). *Santander Open Academy*. Santander Open Academy.
<https://app.santanderopenacademy.com/es/program/becas-santander-estudios-analisis-de-datos-con-python>

- Simanca, B. (2019). *Desarrollo de un sistema de identificación mediante técnicas de reconocimiento facial* [Tesis de maestría, Universidad De León].
https://digital.csic.es/bitstream/10261/193529/1/201909_1733_70420464F.pdf
- Slowing, K. (2015). “Seguridad” en condominios. *Prensa Libre*.
<https://www.prensalibre.com/opinion/seguridad-en-condominios/>
- Solano, G. (2022). Contador de parpadeos en Python con MediaPipe FaceMesh y OpenCV. *OMES*.
<https://omes-va.com/contador-de-parpadeos-python-mediapipe-facemesh-opencv/>
- Spotfire. (s. f.). What is supervised learning? *Spotfire*. <https://www.spotfire.com/glossary/what-is-supervised-learning>
- Sudheer, G. (2020). *Deploy Django + AI ML Face Recognition Web App in AWS*. Udemy.
<https://www.udemy.com/course/complete-face-recognition-app-machine-learning-django-heroku/?couponCode=LETSLEARNNOW>
- Thais Guillén. (2022). ¿Cómo funciona el reconocimiento facial?: Tecnología facial. *Signicat*.
<https://www.signicat.com/es/blog/como-funciona-el-reconocimiento-facial#:~:text=El%20reconocimiento%20facial%20es%20una,una%20aplicaci%C3%B3n%20sistema%20o%20servicio.>
- Villalón, D. E. (2012). *Diseño e implementación de una plataforma de software para reconocimiento facial en video* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile].
https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112271/cf-villalon_dd.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wikipedia. (2019). *Aprendizaje automático*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre.
https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje_autom%C3%A1tico