CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL UTILIZANDO TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

SILVIO MAURICIO GUTIÉRREZ QUIÑONEZ

RODINSON SAMUEL TOMBE CLEVES

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

POPAYAN-CAUCA

2020

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL UTILIZANDO TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

SILVIO MAURICIO GUTIÉRREZ QUIÑONEZ

RODINSON SAMUEL TOMBE CLEVES

DIRECTOR DE PROYECTO:

Msc. MARÍA ISABEL VIDAL CAICEDO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

POPAYAN-CAUCA

2020

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1 ..... **7**

PRELIMINARES **7**

1.1. INTRODUCCIÓN 7

1.2. JUSTIFICACIÓN 9

1.3. ALCANCE 11

1.4. MARCO TEÓRICO 12

1.4.1. Inteligencia artificial 12

1.4.2. Redes neuronales 13

1.4.3. Aprendizaje 13

1.4.4. Reconocimiento facial 15

1.5. OBJETIVOS 16

1.5.1. Objetivo General 16

1.5.2. Objetivos Específicos 16

1.6. METODOLOGÍA 16

CAPITULO II **18**

ESTADO ACTUAL DE LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL USADAS EN RECONOCIMIENTO FACIAL. **18**

2.1. Identificación de los descriptores de búsqueda bibliográfica. 18

2.2. Seleccionar las bases de datos bibliográficas en las cuales se realiza la búsqueda. 19

2.3 Estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial en reconocimiento de imágenes 19

CAPITULO III **38**

SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA REALIZAR RECONOCIMIENTO FACIAL. **38**

3.1. Identificación de las diferentes técnicas y algoritmos de inteligencia artificial utilizados para el reconocimiento facial. 38

3.3. Exploración de los sitios de dataset públicos para seleccionar el conjunto de datos que será utilizado en el desarrollo del proyecto. 49

CAPITULO IV **54**

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA Y EL ALGORITMO DE INTELIGENCIA ARTIFICAIL SELECIONADO PARA REALIZAR EL RECONOCIMIENTO FACIAL. **54**

4.1 Seleccion el framework a utilizar 54

4.2 Revisión del Framework a utilizar 54

4.3 Tratamiento del dataset 55

4.4 Aplicación del algoritmo 56

CAPITULO V **58**

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL **58**

5.1 Especificación de requerimientos 58

5.2 Diseño de la aplicación 58

5.3 Implementación de la aplicación 66

6. CONCLUSIONES **68**

7. TRABAJOS FUTUROS **70**

BIBLIOGRAFÍA **73**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Metodología para el desarrollo del documento de estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial para el reconocimiento de imágenes. 17
Tabla 2: Descriptores utilizados en la búsqueda de referencias 19
Tabla 3: Resumen de métodos, técnicas y algoritmos empleados en el reconocimiento facial. 37

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tipos de aprendizaje automático 14
Ilustración 2: Fases de la revisión sistemática de la literatura SLR..... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3: proceso para reconocimiento facial..... 26
Ilustración 4: Reducción de dimensión de imagen 3D a 2D 40
Ilustración 5: PCA frente a LDA..... 41
Ilustración 6: Gabor Wavelet in different magnitude..... 42
Ilustración 7: Deep Neural Network for Face Recognition..... 44
Ilustración 8: Neural Networks with Gabor filters..... 44
Ilustración 9: Fuzzy Neural Network..... 45
Ilustración 10: Clasificadores Haar..... 48
Ilustración 11: Diagrama de actividades..... 58
Ilustración 12: Actividad de Reconocimiento Facial 59
Ilustración 13: Actividad del Estudiante..... 60
Ilustración 14: Actividad de los Libros 61
Ilustración 15: Actividad de Historial de Préstamos..... 62
Ilustración 16: Herramienta de Diseño Sketch 63
Ilustración 17: Primer Vista de la Aplicación 64
Ilustración 18: Segunda Vista de la Aplicación..... 65
Ilustración 19: Tercer Vista de la Aplicación..... 66

CAPITULO 1

PRELIMINARES

1.1. INTRODUCCIÓN

Con el transcurrir de los años el hombre se ha dedicado a mejorar su calidad de vida y facilitar las tareas que realiza con frecuencia, en esta aventura por mejorar sus condiciones de vida se ha topado con grandes oportunidades y dificultades al mismo tiempo, gracias al transcurrir de los años y el ingenio que ha tenido el hombre ha logrado grandes cosas. Un ejemplo claro es la construcción de máquinas que están realizando trabajos que normalmente el hombre los realizaba con cierto grado de dificultad. Una de las construcciones más fabulosas que se ha realizado en los últimos tiempos es la computadora la cual permite llevar a cabo un gran número de tareas de forma muy eficiente y rápida.

Desde la creación de esta máquina las posibilidades de mejorar el procesamiento de información han aumentado notablemente dando lugar al estudio de técnicas y algoritmos que permitan simular la capacidad de procesamiento que tienen los seres humanos y llevar este tipo de capacidades a la generación de nuevas tecnologías que permitan implementar otros tipos de procesos. Hoy en día gracias a la inteligencia artificial se puede ver como se han realizado novedosos inventos en los cuales se intenta descubrir y a la vez describir aspectos de la inteligencia humana que pueden ser simulados por máquinas.

La inteligencia artificial se puede definir como la “habilidad que tienen los ordenadores para hacer actividades que normalmente requieren inteligencia humana” (Petteri Rouhiainen, 2018) de esta forma a partir de datos históricos, los algoritmos de inteligencia artificial aprenden a partir de ellos y estos procedimientos son empleados en diferentes tareas como la clasificación, la predicción o la toma de decisiones. La idea de esta tecnología de inteligencia artificial se base en enseñar

a el sistema partiendo de experiencias simuladas que se consiguen a través del aprendizaje y entrenamiento de diferentes algoritmos, entre ellos una red neuronal, construida básicamente a partir del estudio del comportamiento de los seres humanos y la simulación de su cerebro, partiendo que básicamente la red neuronal se compone de la neuronas las cuales son células que constituyen el sistema nervioso de los seres humanos, pero que en términos de tecnología son ingresos, procesamiento y salida de un único dato de información.

Los seres humanos están utilizando este tipo de tecnologías para beneficiarse en mejoras significativas y mejorar su estilo y calidad de vida, es por esta razón que el tema de inteligencia artificial se ha convertido en una tecnología muy popular por la aplicabilidad que tiene en muchos aspectos de la vida cotidiana.

En la actualidad, los sistemas de identificación biométrica tienen una gran aceptación debido a la importancia que estos representan para la seguridad y otros aspectos de interés para la industria (Carrasco, Portugal, & Peralt) y se basan en el estudio de las características biológicas que son diferentes para cada ser humano por ejemplo las huellas dactilares, escritura y firma, voz, ojo (iris), ojo (retina), estas no se requieren actualmente de equipos costosos, y además no es necesario ingresar datos garantizando una alta confiabilidad en la captura de información de un humano.

La idea de identificar a un humano mediante el reconocimiento facial, es una tarea que está tomando fuerza y es que ese trabajo comenzó en 1960 por Woodrow Wilson Bledsoe clasificando fotos de rostros a mano utilizando lo que se conoce como una tableta RAND; y actualmente las empresas y gobiernos, la implementan en sistemas de seguridad o control de acceso donde es una opción, entre los dispositivos de detección biométrica, que ayuda a no tener contacto directo (por higiene), reduce posibles vulneraciones de seguridad y reduce las probabilidades de robo o suplantación de identidad, entre otras características.

Cada vez se avanza en esta tecnología y lucha cada día para que sea más precisa ya que debe tener en cuenta varios factores tales como: ángulo de orientación, el uso de lentes, sombreros, o la simple iluminación; estos pueden complicar el proceso de identificación y se han llevado a cabo estudios en el campo del reconocimiento facial proponiendo varios métodos tale como: métodos de histograma, redes neuronales, métodos estadísticos, (Valvert Gamboa, 2006) entre otros; pero ninguno de los métodos existentes le permite obtener un resultado del 100%.

Sin embargo, existe un conjunto de métodos que pueden lograr un mejor resultado, esto lleva al importante trabajo de elegir un cierto conjunto de métodos existentes y determinar cual permite mejor la aplicación en la construcción de un sistema de reconocimiento facial.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La inteligencia artificial forma parte de nuestra vida cotidiana, encontrando la aplicación de este tipo de tecnología en muchos aspectos, como por ejemplo la seguridad, el marketing, el análisis de grandes cantidades de datos y muchos usos más por parte de la industria.

Teniendo en cuenta cuales son las tecnologías, técnicas y algoritmos más utilizados en la implementación de sistemas de reconocimiento de imágenes, se pretende poder crear un prototipo que permita poner en práctica todo el tema relacionado en este documento, donde se verán reflejado todos los conceptos relacionados con el tema y además se encontrara información actualizada de los últimos avances referentes al tema tratado, siendo como base de todo el tema de inteligencia artificial el cual pretende poder llevar todas las tareas que normalmente realiza un individuo a un enfoque sistematizado en con el fin de lograr una mayor eficiencia y rapidez al momento de ejecutar tales tareas, pero en este caso por una máquina que estará

disponible todo el tiempo, en función de realizar las tareas para la cual fue construida.

Los sistemas biométricos comenzaron a aparecer a mediados de los noventa y por varias razones obvias, todos eran extremadamente caros. Sin embargo, la mejora de las cámaras digitales, permitió obtener cada vez más imágenes de alta calidad; y la informática, permitió procesar rápidamente cantidades significativas de datos, aparecieron nuevos métodos de procesamiento y análisis, y el desarrollo activo de tecnologías multimedia y digitales dieron un fuerte impulso al desarrollo de sistemas biométricos en especial el reconocimiento facial.

Anteriormente se pensaba que el reconocimiento facial se trataba de ciencia ficción, pero hoy, es una realidad y ha tomado popularidad ya que es una excelente opción para garantizar la seguridad, y su uso aleja al humano de tener contacto con dispositivos y puede llegar a usarse en muchas áreas que no han sido implementadas como en el marketing o en la forma de vender o promover un servicio, entre otras.

La ausencia de una descripción formal acerca de esta tecnología en reconocimiento facial y la implementación de un sistema que aporte a la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, nos propone desarrollar este proyecto, teniendo en cuenta que el uso de esta tecnología está tomando fuerza, además de las herramientas que existen actualmente para llevar a cabo una implementación están disponibles, por esta razón buscamos explorar y recopilar toda la información para el desarrollo del reconocimiento humano mediante detección facial.

En el proceso de reconocimiento facial, la inteligencia artificial es la responsable de proveer diferentes algoritmos que permitan su desarrollo, dentro de estos algoritmos se encuentran las redes neuronales artificiales, las redes convolucionales y en donde se han implementado en diferentes usos tales como: Ingeniería de conocimiento, que permite representar el conocimiento humano en estructuras de datos, modelos semánticos y reglas heurísticas. Robótica, es un dispositivo mecánico autónomo que puede realizar tareas e interactuar con el mundo físico o

real. Reconocimiento de voz, permite transformar el audio de las palabras de seres humanos en textos, y luego ser interpretadas por aplicaciones que brindan respuestas o realizar una conversación. Procesamiento del lenguaje natural, se orienta a comprender el significado de las palabras en conversaciones y textos escritos. Análisis de imágenes, permite identificar y comprender imágenes estáticas o videos. Aprendizaje automático, son técnicas y algoritmos para analizar datos y así crear modelos predictivos o identificar patrones dentro de los datos. Aprendizaje profundo, es una técnica que usa cálculos computacionales que busca mayor eficiencia y exactitud en la creación del patrón o solución buscada. Percepción sensorial, su uso se aplica en internet de las cosas recolectando información de propiedades físicas de las personas, ubicaciones o cosas. (Lepage Chumpitaz, 2016)

Todas estas tecnologías hacen parte de la inteligencia artificial la cual está transformando el mundo y es un deber para nosotros explorar las técnicas para desarrollo de próximos proyectos.

1.3. ALCANCE

Actualmente podemos encontrar mucha información a través de la web acerca de inteligencia artificial y de usos que tiene esta tecnología en muchos países desarrollados los cuales han acogido con gran expectativa estos novedosos sistemas de múltiples usos para la industria, pero en países menos desarrollados no cuentan con información suficiente para llevar a cabo la implementación de este tipo de tecnologías.

En este documento se pretende poder reunir información disponible que abarque el tema de inteligencia artificial enfocada en el reconocimiento de imágenes y que se encuentre disponibles para poder realizar futuras implementaciones de sistemas que permitan hacer uso del reconocimiento facial para seguridad y otro tipo de usos que las industrias requieran.

Mediante la implementación de este documento también se pretende dar una serie de recomendaciones de los algoritmos y técnicas más utilizadas en el desarrollo de sistemas de reconocimiento facial, de este modo se pretende que cada vez sean más las personas interesadas en poder llevar a cabo desarrollos de este tipo de tecnologías no solo como prototipos sino desarrollos a nivel industrial que permitan poder mejorar cada vez más la efectividad de este tipo de sistemas.

1.4. MARCO TEÓRICO

A continuación, se definen algunos conceptos a tener en cuenta para este artículo.

1.4.1. Inteligencia artificial

Dentro del área de la inteligencia artificial se pretende poder simular algunas de las facultades humanas, en este caso simular, entender y comprender el proceso del aprendizaje que tienen los seres humanos al momento de realizar reconocimiento de patrones que permita poder llevar a la toma de decisiones. La inteligencia artificial ha logrado llevar esto a través de la utilización de redes neuronales artificiales y otro tipo de tecnologías y algoritmos que permitan el aprendizaje automático y se emplean en varios ámbitos de la industria algunos ejemplos para mencionar son la demostración de teoremas matemáticos, los juegos de ajedrez o la traducción de automática de texto, entre otras aplicaciones que se le han dado a esta tecnología.

Uno de los detalles más destacados es que en la actualidad la única tecnología que permite la implementación de inteligencia artificial son los sistemas electrónicos basados en dispositivos de estado sólido como el transistor por ser rápidos, robustos y de tamaño reducido. (Benítez, Escudero, Kanaan, & Masip Rodó, 2014)

1.4.2. Redes neuronales

En el tema de las redes neuronales lo que se quiere es simular la composición del sistema nervioso de los seres humanos donde este se compone de millones de neuronas interconectadas entre sí, así mismo en las redes neuronales de tipo artificial existe ese componente clave que es llamado neurona y tiene una función de recibir un tipo de información para luego procesarla y dar como resultado una única respuesta, la interconexión de este componente clave permite poder dividirlas en diferentes capas y procesar datos muy complejos (Larrañaga, Inza, & Moujahid, 1997)

1.4.3. Aprendizaje

Es uno de los enfoques empleados en la inteligencia artificial, donde los sistemas cuentan con la capacidad de poder aprender sin necesidad de ser programados para ello mediante la utilización de algoritmos que permiten la identificación de patrones de datos o información, un claro ejemplo lo vemos cuando se utiliza los correos electrónicos y ser realiza un filtrado de correos basura con el fin de ser enviados como spam por decisión propia del algoritmo empleado para esta labor, en la siguiente imagen se puede observar los tipo de aprendizaje automático o también conocido en el idioma inglés como Machine Learning.

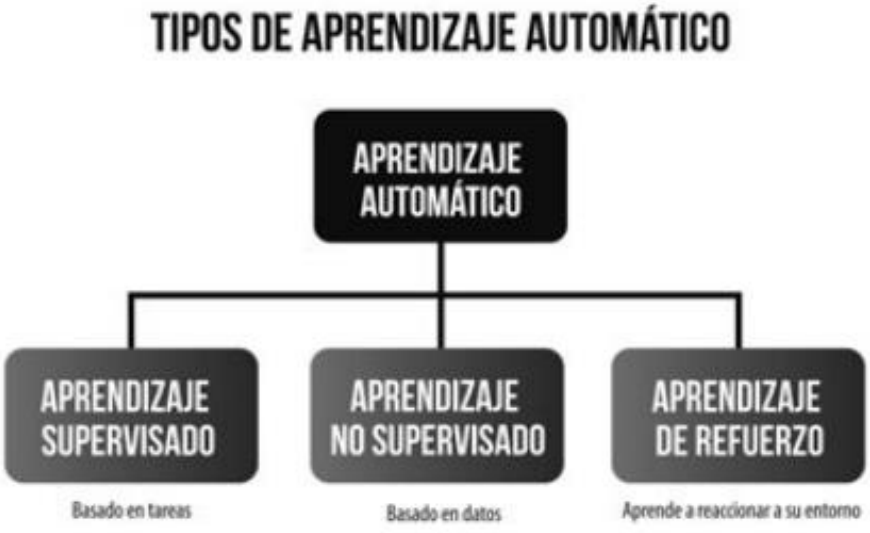

Ilustración 1: Tipos de aprendizaje automático

Fuente: Analytics Vidhya (Petteri Rouhiainen, 2018)

El **aprendizaje supervisado** trata básicamente de la retroalimentación por parte del ser humano hacia el sistema, con el fin de enseñarle y que este aprenda y obtenga experiencia para luego este en la capacidad de poder reconocer patrones de datos similares a los empleados en la enseñanza.

El **aprendizaje no supervisado**, este tipo de aprendizaje no cuenta con la intervención del ser humano y se deja la clasificación de la información al algoritmo para que este sea capaz de identificar patrones que le permitan clasificar y categorizar la información proporcionada de maneja coherente.

Y el **aprendizaje por refuerzo** en este caso los algoritmos aprenden a partir de la experiencia y es necesario poder proporcionarles un refuerzo positivo cada vez que aciertan, un ejemplo básico para este tipo de aprendizaje lo podemos comparar cuando se le enseña a un perro a realizar diferentes acciones como lo es el caso de sentarse, acostarse, dar la mano y por cada acción bien hecha se le brinda ciertas recompensas.

También existe el **aprendizaje profundo** en el idioma ingles se conoce como Deep Learning y es una de las aplicaciones más poderosas y robustas para la solución

de problemas complejos con el mayor índice de crecimiento dentro de la tecnología de inteligencia artificial, para este tipo de aprendizaje se requiere de una gran cantidad de datos y se componen de varias capas de redes neuronales dependiendo de la complejidad del problema a resolver. (Petteri Rouhiainen, 2018)

1.4.4. Reconocimiento facial

Al igual que los temas anteriores el reconocimiento de imágenes se toma como de las características que tienen los seres humanos y se quieren similar de forma artificial empleando tecnologías que permitan llevar este hecho a una realidad, recientemente es un tema de mucha importancia en varias áreas de investigación y se lleva a cabo por medio de procesamiento de imágenes donde existe tres factores muy interesantes para el reconocimiento facial los cuales son: el reconocimiento del rostro, la extracción de las características y finalmente la clasificación.

Como se menciona anteriormente la primera etapa de reconocimiento del rostro se realiza mediante la utilización de un algoritmo que permite encontrar dentro de una imagen un sitio que contiene las características específicas que cada rostro humano de be tener y se requiere de una red neuronal que permita poder encontrar esa serie de patrones, en la parte de extracción de las características se pretende poder encontrar formas o patrones que hacen única a cada imagen con el fin de pasar al último paso que es poder clasificar esa determinada imagen de un rostro en particular comparándola con los datos que se obtuvieron en la prueba de entrenamiento previo a realizar esta función por parte de las redes neuronales. (Scarel & Muller, 2010)

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

- Construir un sistema de reconocimiento facial utilizando técnicas de Inteligencia Artificial

1.5.2. Objetivos Específicos

- Explorar el estado actual de las técnicas de inteligencia artificial usadas en reconocimiento facial.
- Seleccionar la técnica y el algoritmo de inteligencia artificial y el dataset público para realizar reconocimiento facial.
- Aplicar la técnica y el algoritmo de inteligencia artificial seleccionado para la construcción del sistema de reconocimiento facial.

1.6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este documento se establecerán 3 fases, las cuales corresponden a cada uno de los objetivos específicos con el fin de poder alcanzar la implementación de cada uno de estos. A continuación, en la Tabla 1: Metodología para el desarrollo del documento de estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial para el reconocimiento de imágenes. , se encontrar la descripción de cada una de las actividades que se llevaran a cabo.

Fase 1	Explorar el estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial.	**A1:** Identificación de los descriptores de búsqueda bibliográfica. **A2:** Seleccionar las bases de datos bibliográficas en las cuales se realiza la búsqueda. **A3:** Elaborar el documento del estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial en reconocimiento de imágenes.
Fase 2	Seleccionar la técnica de inteligencia artificial, el algoritmo de inteligencia artificial y el dataset público para realizar reconocimiento facial.	**A4:** Identificación de las diferentes técnicas y algoritmos de inteligencia artificial utilizados para el reconocimiento facial. **A5:** seleccionar el algoritmo y la técnica que se va a utilizar. **A6:** Exploración de los sitios de dataset públicos para seleccionar el conjunto de datos que será utilizado en el desarrollo del proyecto.
Fase 3	Aplicar la técnica y el algoritmo de inteligencia artificial seleccionado para realizar el reconocimiento facial.	**A7:** Selección del framework a utilizar. **A8:** Revisión del framework a utilizar. **A9:** Tratamiento del dataset. **A10:** Aplicación del algoritmo.
Fase 4	Construcción del sistema de reconocimiento facial.	**A11:** Especificación de requerimientos. **A12:** Diseño de la aplicación. **A13:** Implementación de la aplicación. **A14:** Pruebas funcionales.

Tabla 1: Metodología para el desarrollo del documento de estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial para el reconocimiento de imágenes.

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II

ESTADO ACTUAL DE LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL USADAS EN RECONOCIMIENTO FACIAL.

En este capítulo se presenta el estado actual de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) aplicadas en procesos de reconocimiento facial. Para el desarrollo de este capitulo inicialmente se identifican los descriptores de búsquedas, a continuación se seleccionan las bases de datos en las cuales se realizaran las búsquedas

2.1. Identificación de los descriptores de búsqueda bibliográfica.

Para iniciar el proceso de búsqueda se identifican los descriptores a utilizar. En la Tabla 2: Descriptores utilizados en la búsqueda de referencias se muestran dichos descriptores y la cantidad de artículos encontrados para cada uno de ellos y finalmente se describen los trabajos encontrados y seleccionados. Finalmente se presenta una tabla a manera de resumen de la exploración realizada.

Descriptor	No de artículos
Sistemas de reconocimiento facial	3
Sistema de reconocimiento facial	3
Técnicas de reconocimiento facial	3
Reconocimiento facial	1
Facial recognition	1
Facial recognition techniques	1
implementation of techniques in facial recognition	1

Sistema de reconocimiento facial mediante video	1
Detección facial	1
Eigenfaces	1

Tabla 2: Descriptores utilizados en la búsqueda de referencias

Fuente: Elaboración propia

2.2. Seleccionar las bases de datos bibliográficas en las cuales se realiza la búsqueda.

A partir de la revisión de posibles fuentes de búsqueda de artículos y material que permita realizar la revisión sistemática, se seleccionaron las siguientes bibliotecas:

- Google Académico (8) (https://scholar.google.com/)
- Dialnet (1) (https://dialnet.unirioja.es/)
- Redalyc.org (1) (https://www.redalyc.org/)
- World Wide Science (1) (https://worldwidescience.org/)
- Microsoft Academic (4) (https://academic.microsoft.com/home)
- Science Direct (2) (https://www.sciencedirect.com/)
- IEEE Xplorer (https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp)
- ACM (https://dl.acm.org/)

2.3 Estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial en reconocimiento de imágenes

Para la revisión del estado actual de las tecnologías de inteligencia artificial para el reconocimiento de imágenes se tiene en cuenta los proyectos y artículos desde el

2015 hasta el año actual con el fin de poder brindar información resiente de avance que ha tenido es te tipo de tecnología en los últimos años.

La Asociación Mexicana de Mecatrónica desarrollo un "*sistema de autenticación facial mediante la implementación del algoritmo PCA modificado en sistemas embebidos con arquitectura ARM*", donde explica claramente que el proceso de identificación facial consta básicamente de dos tareas muy importantes que son la detención y reconocimiento, la primer tarea tiene por objetivo localizar una o varias caras dentro de una imagen o una posible secuencia de video, mientras que la segunda es la encargada de realizar la comparación de la cara detectada con las imágenes que se encuentran almacenadas en la base de datos, en la implementación de este sistema se definieron 6 etapas: captura de la imagen, preprocesamiento, localización, escalamiento y ajuste, extracción de características y clasificación de toma de decisión.

Para la localización del rostro se emplean técnicas como la de PCA (Principal Component Analysis), otras como SIFT (Scale Invariant Feature Transform) ó SURF (Speeded Up Robust Features) con el fin de obtener un vector de características de baja dimensión para ser comparado con la base de datos de las imágenes previamente almacenadas, el sistema que se propone consta de un procesador con arquitectura ARM (advanced RISC máquinas) que es el módulo de procesamiento, un módulo de adquisición de vídeo, un módulo de visualización, una interfaz de transmisión de datos periférica, se empleara el algoritmo PCA por ser robusto, rápido y eficiente, igualmente con el método de Eigenfaces se realiza el reconocimiento facial, se utiliza el lenguaje c++ y la librería OpenCV. Se desarrollo en dos etapas, la primera fue la implementación del algoritmo SURf en C++ con librerías de OpenCV con el fin de valorar el algoritmo y la segunda se implementó en Python 2.7 y haciendo uso de la librería OpenCV y se provo con múltiples imágenes y se obtuvo un muy buen rendimiento, pero se puede cambiar algunas cosas como un análisis más profundo en la etapa de preprocesamiento, efecto de expresión facial y pose del usuario para obtener un porcentaje de autenticación y reconocimiento más alto (Lopéz Sandoval, y otros, 2015).

En el siguiente artículo se habla de "*Validación Experimental de la Influencia de Oclusiones en Reconocimiento Facial*", las oclusiones pueden afectar el rendimiento de los sistemas dedicados para este propósito de reconocimiento facial y estas pueden ser la iluminación, pose, expresiones o imágenes de baja calidad y también lo más común es que las personas puedan cubrir su rostro con objetos como gafas de sol bufandas o incluso pasamontañas, en el caso de criminales o ladrones por lo tanto se requiere dotar de mayor robustez a los sistemas de reconocimiento facial. Lo que se pretende es poder analizar el problema de oclusiones usando un enfoque basado en parches, donde se divide una imagen en 64 bloques y luego los descriptores Local Gabor Binary Pattern Histogram Sequence (LGBPHS) se calcula para cada bloque. Las bases de datos que se emplearon fueron la ARFace para dominio 2D y UMB-DB para el dominio 3D, la base de datos ARFace contiene 136 imágenes de 76 hombres y 60 mujeres, de cada persona hay 26 imágenes que contienen variaciones entre emociones, iluminación y las oclusiones (gafas de sol y bufanda).

En la implementación se consideraron dos sistemas diferentes el Face++ (Sistema comercial basado en redes neuronales profundas) y el LBP (Local Binary Pattern) multiescala. Para los resultados se tienen tres escenarios: neutral, gafas de sol y bufanda, además que se evalúan 4 regiones faciales, obteniendo mejores resultados con el sistema comercial de Face++ demostrando empíricamente la efectividad de la utilización de regiones faciales no oclusas (Gonzalez-Sosa, Vera-Rodriguez, Fierrez, & Ortega-Garcia, 2016).

En el artículo "*Reconocimiento Facial Mediante Imágenes Estereoscópicas Para Control de Ingreso*", lo primero con lo que se debe contar es la adquisición de la imagen estereoscópica y se logra obtener a través de dos cámaras calibradas y ubicadas de manera ortonormales, con los ejes de toma paralelos y normales al segmento que une los puntos de vista de las cámaras, para lo cual se implementó un mecanismo basado en visión estéreo, con la que se emula la visión humana con dos cámaras digitales, para poder dotar al sistema de habilidad para realizar

medidas sobre modelos 3D y asegurar cierta precisión. El proceso se lleva a cabo tomando fotos de 18 personas algunas de estas para almacenarlas en la galería de imágenes y las otras con el fin de simular el posterior reconocimiento, la idea es obtener un modelo 3D de dos imágenes de una misma escena y es necesario realizar un apareo estereoscópico que consiste en la identificación de puntos correspondientes, pares de puntos, denominados puntos homólogos, para obtener un modelo numérico de la cara como una nube de puntos tridimensionales haciendo uso de la biblioteca open source de CGAL (Computational Geometry Algorithms Library), dentro de las conclusiones más destacadas se tiene que la confección de los MNSF (Modelo Numérico 3D de Superficies Faciales) influye directamente en la obtención de los resultados, sin un buen modelo tridimensional no es posible conseguir un nivel de reconocimiento válido. Los inconvenientes que se encuentran son al momento de calibrar las cámaras, resolución de las imágenes y la obtención de los puntos homólogos. En la implementación se utilizó la biblioteca FaceSDK con la cual se obtuvo un alto nivel de reconocimiento de los puntos homólogos, para realizar la comparación se trabajó con LDA (Linear Discrimant Analysis) y error cuadrático medio, también se aclara que en la implementación del sistema solo se tuvo en cuenta el manejo de rostros con expresión neutra, dejando a un lado imágenes con expresiones faciales (Pereyra, 2015).

En el siguiente artículo "*Reconocimiento Facial por el Método de Eigenfaces*" se destacan algunos de los métodos con los cuales se obtiene un mejor desempeño para el reconocimiento y estos son el algoritmo de fisherface, el método de Eigenfaces, el modelo de cadenas ocultas de Markov, LDA (Linear Discriminant Analysis), el Subespacio de Aprendizaje Multilineal y la Contrapartida de Enlace Dinámico.

En la implementación de este proyecto se trabaja con la siguiente metodología donde el primer paso es crear un formulario de registro basándose en el lenguaje de programación de C#, luego se crea un segundo formulario para el reconocimiento donde se realizara la acción de identificación y que permitirá guardar los registros,

también se encuentra una etapa de entrenamiento donde la cámara será la encargada de reconocer el rostro de la persona y esta deberá llenar un pequeño formulario para poder ingresarla al sistema, una etapa de reconocimiento donde se compara las imágenes guardadas por medio de una red neuronal con el fin de determinar quién es la persona.

El desarrollo de la aplicación se llevó a cabo en dos partes la primera es el registro de la persona y la siguiente es el reconocimiento para los que se encuentran previamente almacenados en el sistema, se tiene en cuenta la librería de OpenCV, implementada en una computadora de escritorio con sistema operativo de Windows 8 utilizando su webcam integrada, el sistema en su parte experimental se lleva a cabo con 10 usuarios de los cuales ocho de ellos eran hombre y dos son mujeres, con un total de 10 pruebas a cada usuario se obtuvo un resultado de 100% de reconocimiento incluso para usuarios no registrados (Franco Gabriel Caballero, Vidal Reyes, López Sánchez, & Jerónimo Ríos, 2017).

En el artículo "*Sistema de reconocimiento facial con visión artificial para apoyar al ECU 911 con la identificación de personas en la lista de los más buscados*", en Ecuador debido al alto índice de inseguridad se decidió llevar a cabo un sistema que permita la identificación y ubicación en tiempo real de personas buscadas por haber participado en actos delictivos, los materiales y métodos empleados en la implementación de este sistemas son una carcasa que contenga los componentes que se van a emplear para el desarrollo del sistema, una placa de control reducida Raspberry Pi 3, por su gran capacidad de memoria RAM, gran desempeño y velocidad de procesamiento y su bajo costo, un módulo Ublox M6 que brinda una solución de GPS totalmente integrada, de sencilla instalación y excelente eficiencia, para obtener las imágenes se determinó utilizar una cámara Genius 321 por sus características las cuales cumplen con los requerimientos necesarios. Para el desarrollo del proyecto se emplea visual studio 2015 empleando el lenguaje de programación C#, la comunicación se realiza a través de la red Wireless gracias a la compatibilidad del sistema operativo Windows IoT Core instalado en la placa

Raspberry Pi 3, para el almacenamiento se emplea SQLite por su velocidad de ejecución y contar con una licencia gratuita.

El sistema puede arrojar tres tipos de resultado el primero de ellos es **Persona Buscada – Identificada**, sucede cuando la persona buscada es identificada por el sistema, el segundo es **Persona Buscada - No Identificada** y ocurre cuando la persona buscada pasa por la ubicación del sistema, pero no es identificada y el último de los casos es **Persona No Buscada – No Identificada** sucede al momento que una persona pasa por el sistema y no es identificada. La librería utilizada para el procesamiento de imágenes es Análisis de Componentes Principales (PCA) que funciona mediante el algoritmo Eigenfaces, se puede comprobar que el sistema ofrece un alto porcentaje de efectividad al momento de realizar el reconocimiento, pero igualmente existe factores que pueden hacer que el sistema pierda su efectividad y estas pueden ser la luminosidad y la presencia de factores como anteojos, sombreros, gafas, etc. (Garcés N. & Jurado L., 2016)

Se tiene en cuenta también el desarrollo de reconocimiento facial para el sistema operativo Android como se relaciona en el siguiente artículo "*Desarrollo de un proceso de autenticación facial en un sistema Android utilizando el algoritmo LDA (Análisis de Discriminación Lineal)*", el algoritmo PCA es muy parecido a LDA con la diferencia que LDA realiza una mejor reducción de la dimensionalidad de los datos y además una mejor separación de clases mediante una etiqueta colocada a los datos lo cual permite que se agrupen mucho mejor, para la implementación se cuenta con una vasta colección de 1.176 imágenes de 49 personas con 24 imágenes para cada una, se emplea la plataforma Anaconda para ejecutar librerías open source, además que se emplea el lenguaje de programación Python y se realizaron pruebas con la base de datos publica conocida como Yale Facedatabase ó Yalefaces, realizando un total de 10 pruebas a cada uno de los usuarios obteniendo un porcentaje de autenticación que va de un 80% a un 88.75% demostrando de esta forma la eficiencia con la que cuenta este algoritmo en función a las condiciones de iluminación y distancias diferentes al momento de capturar la

foto, pero de igual forma se concluye que es posible mejorar el trabajo siguiendo una metodología de autenticación facial y pre procesamiento de imágenes además que la implementación se llevó a cabo en un dispositivo que cuenta con el sistema operativo Android programado con el lenguaje de programación Java y se realizó únicamente con el fin de probar la eficiencia. (Aguayo Serrano, Pedraza Ortega, Rivas Araiza, & Rivas Araiza, 2018)

En el artículo *"Facial recognition techniques using SVM: A compárate analysis*", con el fin de resolver problemas que surgen con el reconocimiento 2D se analizan técnicas que funcionan a través de una perspectiva 3D donde se representan imágenes de 180° en coordenadas cilíndricas, lo cual representan una ventaja en cuestión de textura, obtención de información de profundidad y además el sistemas de reconocimiento es más robusto contra cambios de iluminación, pose y expresión debido a que la profundidad no cambia. El objetivo de este trabajo es poder analizar algunas técnicas de reconocimiento facial tales como: PCA (Análisis de Componentes Principales), que permiten reducir la dimensionalidad de una imagen y el SVM (Vectores de Máquinas de Soporte) que se considera como clasificador de patrones. El uso de SVM produce 77.9% de tasa de reconocimiento en un ambiente no controlado, mientras que un 90.16% en un ambiente controlado, en comparación con PCA que en un ambiente no controlada alcanza 76.9% y 82% en un ambiente controlado, utilizando la base de datos GAVAB que contiene 420 imágenes faciales en 3D de 60 personas diferentes.

Hay muchas técnicas que permiten alcanzar el objetivo del reconocimiento facial de las cuales se tienen Supporting vectors, Core Component Analysis, Neighbouring K-nn, Independent Component Analysis, Eigenface, muchos también han optado por trabajar con combinaciones tales como PCA-SVM, DCV-NN, KDCV-NN, DCV-RBF, KDCV-RBF, IDCV-SVM, ICA-FLS_SVM, RKDA-SVM, GABOR-SVM, entre otros. Y se ha logrado la eficiencia especialmente cuando interviene el clasificador de patrones SVM. (Moreano Cadena, La Serna Palomino, & Llano Casa, 2019)

El reconocimiento facial en tiempo real ya es una realidad como se comenta en el artículo "*IMPLEMENTATION OF A REAL TIME FACE RECOGNITION SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORKS*", donde se emplea el lenguaje de programación Python que incluye una interfaz GUI hecha con Kivy y Tkinte, se implementa en el sistema operativo Windows 10 y se sigue el siguiente proceso:

Ilustración 2: proceso para reconocimiento facial

Fuente: Implementation of a real time fase recognition system based on neural networks *(Mendrán del Río, 2019)*

En la parte de **Input** se utiliza una cámara con el fin de capturar en tiempo real las imágenes para luego ser procesadas, en la segunda etapa **MTCNN** se realiza con base a redes convolucionales en cascadas de tareas múltiples para detectar puntos de referencia que se utilizan para detectar caras individuales y obtener un cuadro delimitador alrededor de la cara que se recortará y redimensionará según los requisitos, en la tercera etapa **Recognition** es necesario contar con al menos 10 imágenes para poder ser entrenado correctamente y no ver afectado el rendimiento, que en este caso el rendimiento se define con los siguientes valores: exactitud que es una medida estadística que define que tan buen una prueba de clasificación binaria identifica o excluye correctamente una clase, es decir la precisión del reconocimiento, el siguiente valor es Tasa positiva verdadera (Sensitivity) que mide la proporción de positivos reales que se identifican correctamente, luego esta Tasa de falso positivo (Specificity) que mide la porción de negativos reales que se identifican correctamente, Área bajo curva (AUC) es un gráfico que muestra el rendimiento de un modelo de clasificación de todos los umbrales. En conclusión, se

afirma que los resultados obtenidos para el sistema de reconocimiento facial en tiempo real fueron muy exitosos. (Mendrán del Río, 2019)

La implementación de sistemas de reconocimiento facial se puede realizar en dispositivos de bajo costo como lo son las tarjetas de Arduino o Raspberry Pi, que se menciona en el artículo "*SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL BASADO EN REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES SOBRE EL DISPOSITIVO RASPBERRY PI*", el proyecto se realizó en 4 fases: la primera es elecciones tecnológicas: en esta fase se decide adquirir una tarjeta Raspberry Pi 3B debido, principalmente a gran capacidad de memoria RAM y el lenguaje de programación Python que utiliza la tarjeta y se emplearan bibliotecas de TensorFlow y Keras. La segunda: preprocesamiento del dataset: existen numerosos dataset para la aplicación algunas son 10k US Adult Faces Database, AT & T-The Database of Faces, Caltech Faces o MIT-CBCL fase recognition database. Todos ellos proporcionan imágenes faciales de una gran cantidad de sujetos. Para este proyecto se ha seleccionado MIT por el tamaño de las imágenes y el número de imágenes por sujeto que en este caso son 20 imágenes de 10 personas, la tercera elección y entrenamiento de la estructura de la CNN para este caso se tienen dos opciones, usar una red previamente entrenada y solo entrenar las ultimas capas o entrenar una red desde cero, en este caso se va a probar con dos redes ya entrenadas usando la técnica "Transfer Learning", la primer red a utilizar es la ResNet50 y la segunda es VGGnet16, se va a usar una plataforma de entrenamiento con características especiales como las que nos brinda Google Colab y por último la comparación de las estructuras: las redes pre-entrenadas tienen una precisión alta en comparación con las redes que se han entrenado desde cero, la red neuronal ResNet20 modificada proporciona mejores resultados con nuestro dataset (94.51%), entonces comparando los resultados obtenidos entre un ordenador y un dispositivo de bajo coste, se ha comprobado como la elección de la estructura no se debe realizar solo por la función de precisión, si no también estudiando su aplicación sobre el dispositivo, ya que los tiempos de ejecución puedan que sean

demasiado grandes o que debido a los recursos del propio dispositivo, sea irrealizable dicha estructura.

Pero en realidad se han conseguido unos resultados satisfactorios ya que la precisión alcanzada con la Raspberry Pi 3B ha sido del 94.51% con un tiempo de ejecución de 2.32 segundos, lo que puede que no permita su uso en tiempo real, pero si en aplicaciones que no requieran un tiempo de ejecución muy pequeño. (Méndez Gómez, 2019)

Algunas de las implementaciones de los sistemas de reconocimiento facial más específicos se ven en el siguiente artículo "*SISTEMA RECONOCIMIENTO FACIAL INTEGRADO A SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO Y A SOFTWARE DE NOMINA*", donde el cliente requería un control de acceso integrado a la nómina de la compañía, con la finalidad de obtener resultados certeros y adecuados de las horas de entrada y salida del personal, con el fin de poder liquidar las horas extras de los trabajadores y ver que cumplieran con su horario laboral.

La implementación del sistema se lleva a cabo dentro de las siguientes fases:

Fase 1: Dimensionamiento o sizing de la solución. Donde se tienen en cuenta los siguientes aspectos: la identificación de los roles de acceso, identificación de las condiciones del entorno, arquitectura de la solución y diseño físico de la solución.

Fase 2 y 3: Despliegue y pruebas del sistema de reconocimiento facial. Se realiza una configuración del sistema que permita una conexión estable de cada componente en la intranet, para ello se tiene en cuenta la hoja de ruta de instalación, verificación de pre requisitos, pre requisitos del servidor, instalación del servidor de NEC, despliegue de la base de datos en SQL server, despliegue de la interfaz web, configuración de la cámara e instalación de servicios adicionales, administrador de servicios del software de reconocimiento facial, acceso a la plataforma web, creación de lista de usuarios, enrolamiento del personal.

Fase 4 y 5: Desarrollo de Web Service para la conexión del sistema de control de acceso con el sistema de reconocimiento facial y módulo de software de nómina (ERP), en esta fase se tiene en cuenta la creación de la Api, configuración de la Api, códigos de integración, código de integración con módulo de habilitación veasytor, código de integración para generación de reportes, topologías de redes, Veasytor sistema de control de acceso y módulo de ERP.

Fase 6: Enrolamiento de los trabajadores, para lo cual se enrolaron 400 personas.

Fase 7: Implementación del sistema de control de acceso por reconocimiento facial.

Fasee 8: etapa de estabilización, aquí se mide la calidad de la solución y se depura en caso de falla.

Finalmente se concluye el buen impacto positivo que obtuvo la implementación del sistema de reconocimiento facial, donde se logra un mejor control de los empleados y sus tiempos laborales. (Díaz Buelvas, 2019)

Otro ejemplo de reconocimiento facial realizado para dispositivos móviles es el que se mencionará en el artículo "*ANÁLISIS DE MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO FACIAL BAJO EL SISTEMA OPERATIVO ANDROID*", para la implementación del proyecto se tiene muestra la captura de 15 fotos a 50 personas y se realiza el proceso de adquisición de imágenes teniendo un total de 750 que fueron procesadas y almacenadas en la base de datos para su posterior clasificación, los resultados obtenidos se midieron en porcentaje de precisión y el tiempo que tarda en reconocer a las personas, las imágenes se evalúan en un ambiente no controlado con variación de iluminación, entre las 7:00 AM a 9:00 AM se obtuvo el tiempo promedio de 0.456 segundos para la implementación del método LBP (Local Binary Pattern), mientras que para el método de Eigenfaces se obtuvo 0.761 segundos, entre la 1:00 PM a 3:00 PM se obtuvo un tiempo de 0.940 segundos para el primer método y 1.020 segundos para el segundo método y finalmente entre las 7:00 PM a 9:00 PM para el primer método se contabiliza un tiempo de 0.980 segundos y

1.087 segundos para el método de Eigenfaces. Otro tipo de evolución fue la de aciertos los cuales se realizaron en los mismos horarios y para un mejor desempeño del sistema se pudo notar que en las horas de la noche empleando la iluminación artificial permite poder alcanzar un 100% del desempeño que tiene el sistema empleando el método de LBP, mientras que empleando el método de Eigenfaces solo se obtuvo un desempeño del 85% por parte del sistema.

La implementación de los métodos de reconocimiento facial se realiza en el lenguaje de programación java y el lenguaje C, además de la utilización de la librería de OpenCV 3.3.1, finalmente se concluye que el método de LBP cumple con las principales características y necesidades para la implementación en dispositivos inteligentes, logrando un tiempo de respuesta aceptable. (Bernal & Yuri, 2018)

A continuación, un sistema de videovigilancia titulado "*SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS MEDIANTE RECONOCIMIENTO FACIAL APLICADO A VIDEOVIGILANCIA*", para este proyecto se necesitado 7 etapas que se describen a continuación

Primera etapa: Esta etapa es considerada la etapa inicial del proyecto en la cual se realiza una búsqueda amplia de las diferentes técnicas de detención facial, descriptores, formas de entrenar códigos, bases de datos, tratamiento de imágenes y posibles cámaras a utilizar.

Segunda etapa: En la segunda etapa se realiza el control de la cámara de video vigilancia.

Tercera etapa: Esta etapa del desarrollo está centrada en la conexión de la cámara y la captación de imágenes a través de Labview.

Cuarta etapa: En la cuarta etapa del desarrollo se realiza el procesamiento de imágenes por medio de Matlab.

Quinta etapa: reconocimiento facial mediante Matlab.

Sexta etapa: pruebas con el código de Matlab para calcular la tasa de error poder rectificar el código inicial.

Séptima etapa: pruebas sobre todo el sistema y se ha generado una interfaz final.

Las pruebas realizadas se han dividido en nueve pruebas diferentes comenzando de menor a mayor número de imágenes por clase de datos, se han utilizado 20 imágenes de prueba de las cuales 14 perteneces a personas que existen en la base de datos y las otras 6 no existían en la base de datos, la tasa de aciertos se ha conseguido un 80% haciendo uso de cuatro imágenes por persona y teniendo 8 componentes Fisher y se logra alcanzar el objetivo de la implementación del proyecto (Cañego Navio, 2017)

Los cajeros electrónicos hoy en día son muy utilizados y es por eso que el nivel de seguridad debe ser cada vez mejor, como lo podemos mirar en el siguiente artículo titulado como: "*Enhanced security for ATM machine with OTP and facial recognition features*". La finalidad de este artículo es poder mejorar la experiencia de usuario y la seguridad al momento de hacer uso de los cajeros electrónicos, permitiendo dejar a un lado el fraude al momento de que se realicen robos o duplicidad de tarjetas, consiguiendo con esto que la cuenta de cada uno de los usuarios sea más segura con una forma de identificación única la cual sería la escaneado de su rostro que funciona como contraseña al momento de hacer uso de estos cajeros automáticos.

El proyecto consta básicamente con las siguientes características de detención y reconocimiento de rostros, donde el usuario debe mirar a la cámara ubicada en el cajero con el fin de poder realizar el proceso de identificación y si el usuario es identificado en la base de datos que maneja su cuenta de banco, se realizara un segundo proceso que es el de generar un código aleatorio que llegara al móvil de la persona identificada y esta podrá ingresarlo para continuar con el proceso que desea realizar, de esta forma se omiten los PIN que normalmente el usuario debe recordar al realizar el uso de los cajeros automáticos.

El método de Eigenfaces emplea un reconocimiento plano del rostro y por lo tanto no es muy seguro el uso de este, por lo tanto es importante tener en cuenta los métodos de reconocimiento facial en 3D los cuales proporcionan unas características más detalladas de la persona que realiza el uso del cajero, pero no siendo suficiente para garantizar la seguridad al momento de realizar transacciones se propone el uso de la tecnología OPT donde asegura que el usuario es auténtico y le envía un código de 6 dígitos a su teléfono, igualmente se emplea el análisis de componentes principales (PCA), el análisis de componentes independientes (ICA) y el análisis de discriminación lineal (LDA). Pero según algunas estadísticas recomiendan que el método PCA es muy preciso, además de requerir menos tiempo para realizar cálculos y finalmente necesita menos espacio de almacenamiento. (Karovaliya, Karedia, Oza, & Kalbande, 2015)

Un breve resumen de los proyectos mencionados anteriormente destacando los métodos, técnicas y algoritmos utilizados en la implementación de cada uno de estos, lo podemos observar en la siguiente tabla: Tabla 3: Resumen de métodos, técnicas y algoritmos empleados en el reconocimiento facial.

No.	Título del articulo	Descripción	Algoritmos y técnicas empleadas
1	Sistema de autenticación facial mediante la implementación del algoritmo PCA modificado en sistemas embebidos con arquitectura ARM	La implementación del sistema se realiza en 6 etapas • Captura de la imagen. • Preprocesamiento. • Localización. • Escalamiento y ajuste. • Extracción de características.	• Algoritmo PCA (Principal Component Analysis). • SIFT (Scale Invariant Feature Transform) • SURF (Speeded Up Robust Features) • Librería OpenCV

		• Clasificación de la toma.	• Método Eigenfaces
2	Validación Experimental de la Influencia de Oclusiones en Reconocimiento Facial	Las oclusiones son objetos como gafas de sol, bufandas o incluso pasamontañas que pueden afectar el rendimiento de los sistemas de reconocimiento facial.	• Local Gabor Binary Pattern Histogram Sequence (LGBPHS) • Local Binary Pattern (LBP) • Algoritmo PCA (Principal Component Analysis).
3	Reconocimiento Facial Mediante Imágenes Estereoscópicas Para Control de Ingreso	Las imágenes estereotípicas se logran obtener a partir de 2 cámaras ubicadas de manera ortonormales, con el fin de conseguir un modelo 3D del rostro de una persona y alcanzar cierta precisión en el momento del reconocimiento facial, algunos de los inconvenientes se presentan tratando de calibrar las cámaras, así mismo como la resolución de las imágenes.	• Modelo numérico 3D de superficies faciales (MNSF). • Modelo digital de la cara (MDC) • Algoritmo PCA (Principal Component Analysis). • Algoritmo LDA (Linear Discrimant Analysis) • Algoritmo EBGM (Elastic Bunch Graph Matching) • Método de Eigenfaces. • Metodo de FisherFaces

			• Metodo Fisher Linear Discriminant Analysis (FLDA)
4	Reconocimiento Facial por el Método de Eigenfaces	Para la implementación de este proyecto se emplea el lenguaje de programación C#, la librería Open CV y se maneja una etapa de entrenamiento y una etapa de reconocimiento, mediante el uso de redes neuronales.	• Algoritmo fisherface. • Metodo de Eigenfaces. • Modelo de cadenas ocultas de Markon. • Algoritmo LDA (Linear Discriminant Analysis). • Librería de OpenCV. • Algoritmo Logic Binary Patterns Histograms (LBPH).
5	Sistema de reconocimiento facial con visión artificial para apoyar al ECU 911 con la identificación de personas en la lista de los más buscados	Este proyecto se implementó en Ecuador con el fin de combatir con la inseguridad que se está presentando por parte de personas que realizan actos delictivos.	• Algoritmo PCA. • Método Eigenfaces.
6	Desarrollo de un proceso de autenticación facial en un sistema Android utilizando el algoritmo	En la implementación de este proyecto se emplea la plataforma Anaconda que se trabaja con el lenguaje de programación Python y utiliza	• Algoritmo PCA. • Algoritmo LDA

	LDA (Análisis de Discriminación Lineal)	una base de datos llamada Yalefaces.	• Algoritmo ICA (Analisis de Componentes Independientes) • Método Firsherfaces
7	Facial recognition techniques using SVM: A compárate analysis	Este trabajo se realizó con el fin de poder analizar algunas técnicas de reconocimiento facial, teniendo en cuenta que mediante el reconocimiento en 2D presenta problemas, se estudian técnicas para reconocimiento en 3D.	• Algoritmo PCA • Algoritmo SVM (Vectores de Maquinas de Soporte) • Algoritmo LDA • Algoritmo LBP (Patrón Binario Local)
8	IMPLEMENTATION OF A REAL TIME FACE RECOGNITION SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORKS	La implementación de este proyecto se realiza mediante una cámara que captura las imágenes en tiempo real, para luego ser procesadas, empleado redes convolucionales.	• Algoritmo PCA • Redes convolucionales en cascada de tareas múltiples. • DeepFace • FaceNet
9	SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL BASADO EN REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES SOBRE EL	La implementación del proyecto se realiza en 4 fases en las cuales se elige trabajar con la tarjeta Raspberry Pi, luego se realiza el procesamiento del dataset, entrenamiento de la	• Redes Neuronales Convolucionales (CNN) • TensorFlow • Keras • Plataforma Google Colab

	DISPOSITIVO RASPBERRY PI	estructura CNN y finalmente la comparación de los datos obtenidos.	
10	SISTEMA RECONOCIMIENTO FACIAL INTEGRADO A SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO Y A SOFTWARE DE NOMINA	Se realiza la implementación de un sistema que permite el control de acceso mediante reconocimiento facial y a su vez permite un mejor control sobre el horario laboral de cada uno de los empleados.	• Análisis de componentes principales (PCA). • Análisis de discriminación lineal (LDA). • Máquina de soporte vectorial (SMV). • Redes neuronales artificiales (ANN).
11	ANÁLISIS DE MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO FACIAL BAJO EL SISTEMA OPERATIVO ANDROID	En la implementación de este proyecto se tienen en cuenta dos métodos muy importantes y reconocidos dentro del tema de reconocimiento facial, el primero es Patrón Binario Local y Eigenfaces, utilizando el lenguaje de programación C y para el prototipo el lenguaje java.	• Método Patrón Binario Local (LBP). • Método Eigenfaces. • Análisis de componentes principales (PCA). • Support Vector Machines (SVM). • Librería Open CV • Base de datos de imágenes Cohn-Kanade

12	SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS MEDIANTE RECONOCIMIENTO FACIAL APLICADO A VIDEOVIGILANCIA	La implementación de este sistema consta básicamente de la detención facial en tiempo real mediante una cámara de videovigilancia, luego se recurre a el proceso de reconocimiento facial mediante las imágenes almacenadas en una base de datos de varias personas.	• Algoritmo Viola-Jones. • Principal Component Alalysis (PCA). • Linear Discriminant Analysis (LDA). • Método Eigenfaces.
13	Enhanced security for ATM machine with OTP and facial recognition features.	La seguridad al momento de hacer uso de los cajeros electrónicos es una prioridad en la cual trabajan las empresas, con el fin de brindar una grata experiencia de usuario y seguridad realizando sus transacciones.	• Método Eigenfaces. • Análisis de componentes principales (PCA). • Análisis de componentes independientes (ICA). • Análisis de discriminación lineal (LDA).

Tabla 3: Resumen de métodos, técnicas y algoritmos empleados en el reconocimiento facial.

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA REALIZAR RECONOCIMIENTO FACIAL.

3.1. Identificación de las diferentes técnicas y algoritmos de inteligencia artificial utilizados para el reconocimiento facial.

A continuación, se mencionan algunos de los principales métodos, técnicas y algoritmos de inteligencia artificial empleados en el reconocimiento facial

- Geometric Based / Template based (Basado en geometría / basado en plantillas)

Este es un tipo de algoritmo de reconocimiento facial basado en la geometría o basado en plantilla, se construyen utilizando herramientas estadísticas como SVM (Máquinas de Vectores de Soporte), PCA (Análisis de Componentes Principales), LDA (Análisis Discriminante Lineal), métodos Kernek o Trace Transforms. Este tipo de métodos que se basan en características geométricas faciales analizan la relación geométrica y también se le conocen como métodos basados en características.

- Piecemeal / Wholistic

Se basa en la relación con los elementos o la conexión de una función con todo el rostro, muchos de los investigadores han trabajado en este enfoque tratando de deducir las características más relevantes a tener en cuenta al momento de realizar el reconocimiento facial. Algunos métodos intentan realizar una serie de combinaciones entre los ojos y demás características del rostro, algunos otros métodos como es el caso de Hidden Markov Model (Modelo Oculto de Markov), también entran en esta categoría, y el procesamiento de características es muy famoso en el tema de reconocimiento facial.

- Appearence-Based / Model-Based (Basado en apariencia / basado en modelo)

En este método basado en apariencia se muestra un rostro con respecto a varias imágenes, la imagen se considera como un vector de alta dimensión. Esta técnica es usada para derivar un espacio de características a partir de la división de imágenes donde la imagen de muestra es comparada con el conjunto de entrenamiento, en este caso el enfoque basado en modelos intenta modelar un rostro, la nueva implementación en el modelo con los parámetros se emplea para reconocer la imagen.

Los métodos basados en la apariencia se pueden clasificar como lineal o no lineal como por ejemplo Ex - PCA, LDA, IDA usan un enfoque directo mientras kernel PCA usa un enfoque no lineal, en los métodos basados en modelos se pueden clasificar como 2D o 3D Ex – Elastic bunch Graph Matching utilizado.

- Template / Statistical / Neural Networks Based (Basado en plantillas / estadísticas / redes neuronales)

1. Template Matching (Coincidencia de plantillas):

En la coincidencia de plantillas los patrones se representan mediante muestras, modelos, pixeles, texturas, etc. La función de reconocimiento suele ser una medida de correlación o distancia.

2. Statistical Approach (Enfoque estadístico)

Para el enfoque estadístico los patrones se expresan como características, en este caso la función de reconocimiento es discriminante donde cada imagen es representada por sus características, por lo tanto, es importante elegir y aplicar la herramienta estadística adecuada para la extracción y el análisis.

Hay muchas herramientas estadísticas que se utilizan para el reconocimiento facial, este tipo de herramientas analíticas se utilizan en dos o más grupos o métodos de clasificación, estas herramientas son las siguientes:

- Principal Component Analysis (PCA)

Este es uno de los métodos estadísticos más utilizados y citados en el Análisis de Componentes Principales, Se basa en un procedimiento matemático que realiza una reducción de dimensionalidad extrayendo el componente principal de datos multidimensionales.

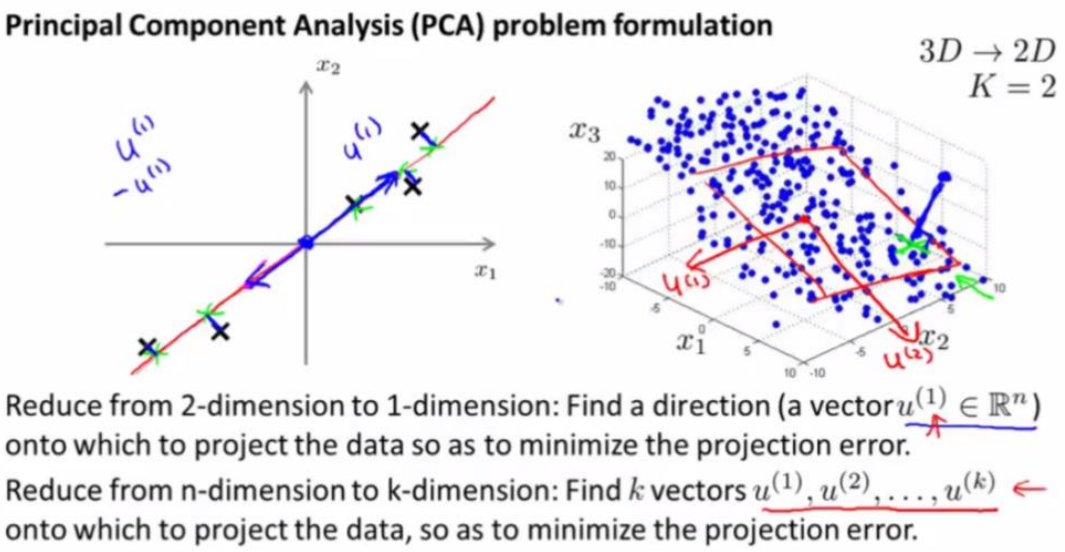

Ilustración 3: Reducción de dimensión de imagen 3D a 2D

Fuente: Face Recognition for Beginners *(Dwivedi, 2018)*

- Discrete Cosine Transform (DCT)

Nos indica una serie de puntos de datos con respecto a una suma de funciones coseno de diferentes frecuencias oscilantes, la transformada discreta del coseno se basa en la transformada discreta de Fourier y, por lo tanto, al comparar las

variaciones se puede utilizar para transformar imágenes y permitir una reducción de dimensionalidad eficiente.

- Linear Discriminant Analysis (LDA)

El Análisis Discriminante Lineal se utiliza ampliamente para encontrar la combinación lineal de características conservando la separabilidad de clases, a diferencia de PCA, el LDA intenta modelar la diferencia entre niveles, para cada nivel el LDA encuentra la diferencia en los múltiples vectores de proyección.

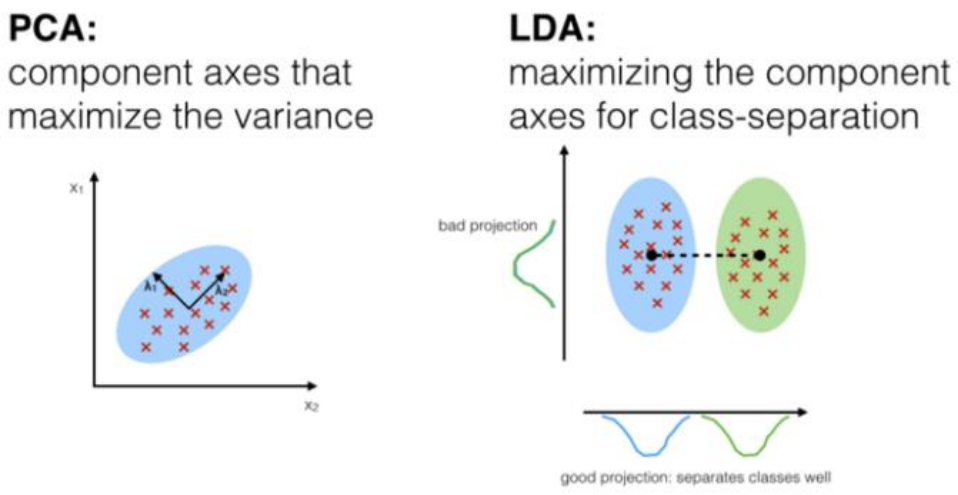

Ilustración 4: PCA frente a LDA

Fuente: Face Recognition for Beginners (Dwivedi, 2018)

- Locality Preserving Projections (LPP)

HE y NIYOGI presentaron LPP, es la mejor alternativa de PCA para preservar la estructura localidad y el diseño, los algoritmos de reconocimiento de patrones suelen realizar la búsqueda del patrón o los vecinos más cercanos, por este motivo la localidad que mantiene la calidad de LPP puede acelerar el reconocimiento.

- Gabor Wavelet

Para este algoritmo, significa que la evidencia de los datos neurofisiológicos de la corteza visual pueden verse como una familia de ondas de Gabor 2D auto-similares. Las funciones de Gabor propuestas por Daugman son filtros de paso de banda espaciales

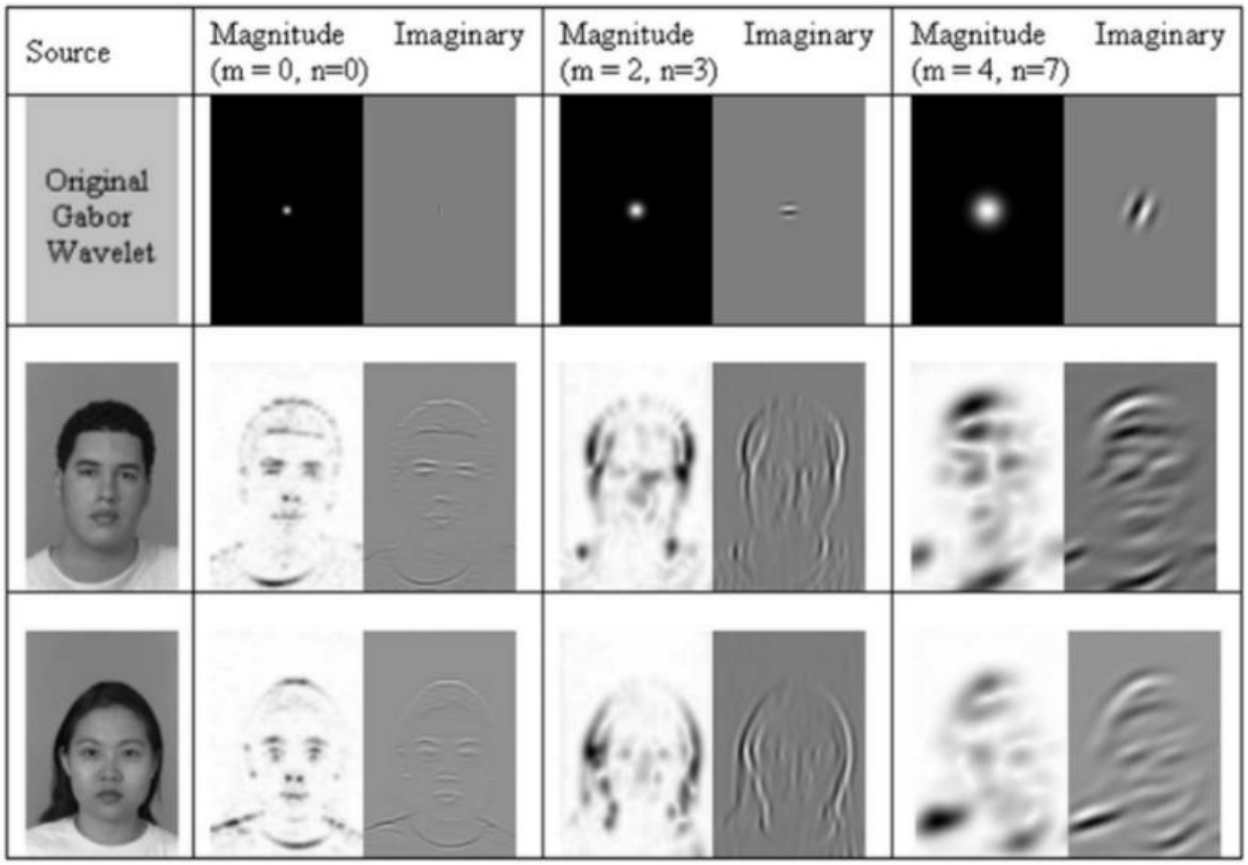

Ilustración 5: Gabor Wavelet in different magnitude

Fuente: Face Recognition for Beginners (Dwivedi, 2018)

- Independent Component Analysis (ICA)

El Análisis de Componentes Independientes tiene como objetivo transformar los datos como combinaciones lineales del punto de datos estadísticamente independiente, tiene por objetivo realizar una representación de imagen independiente en lugar de una no correlacionada, ICA es una alternativa a PCA, que proporciona una representación de datos más potente, en su criterio de análisis discriminante que se puede emplear para mejorar el funcionamiento de PCA.

- Krenel PCA

Scholkopf, introdujo el uso de funciones de Kernel para realizar PCA no lineal, Su metodología básica es aplicar un mapeo no lineal a la entrada y luego resolver un PCA lineal en el subespacio de características resultantes.

- Neural Networks

Las redes neuronales han seguido utilizando el reconocimiento y la clasificación de patrones, Kohonen fue el primero en demostrar que se podía utilizar una red de neuronas para reconocer rostros alineados y normalizados, hay métodos que realizan la extracción de características mediante redes neuronales, al igual que hay muchos métodos que se combinan con herramientas como PCA o ICA para realizar un clasificador hibrido empleado para el reconocimiento facial. Un ejemplo de estos es como la red neuronal Feed Forward con sesgo adicional, mapas auto organizados con PCA y redes neuronales convolucionales con percepción multicapa, etc. De esta forma se puede aumentar la eficiencia de los modelos.

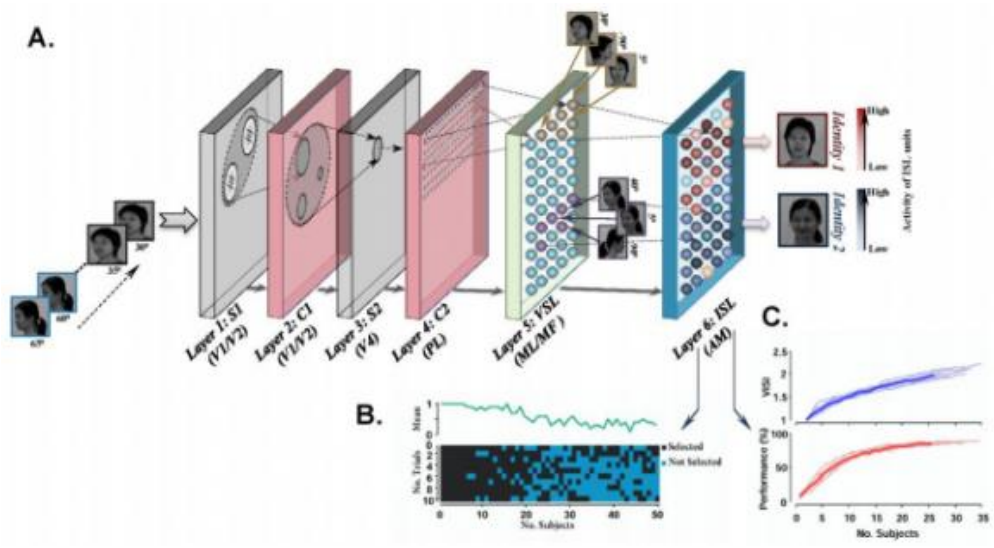

Ilustración 6: Deep Neural Network for Face Recognition

Fuente: Face Recognition for Beginners (Dwivedi, 2018)

- Neural Networks with Gabor Filters

Para este caso el algoritmo logar el reconocimiento facial mediante la implementación de un perceptrón multicapa con un algoritmo de retro propagación, lo primero es realizar un paso de preprocesamiento, cada imagen normalizada en faces de contraste e iluminación. Luego cada imagen se procesa a través de un filtro Gabor. El filtro de Gabor tiene cinco parámetros de orientación y tres frecuencias espaciales, por lo que hay 15 longitudes de onda de Gabor.

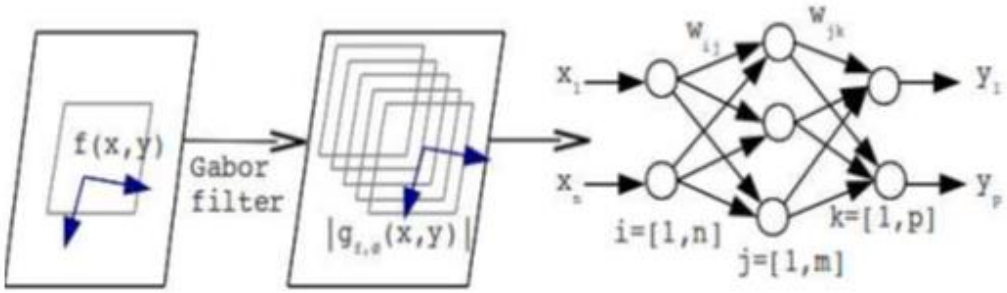

Ilustración 7: Neural Networks with Gabor filters

Fuente: Face Recognition for Beginners (Dwivedi, 2018)

- Neural Networks and Hidden Markov Models

Las redes neuronales y los modelos ocultos de Markov son una herramienta estadística utilizada en el reconocimiento facial, se han utilizado un conjunto de redes neuronales. Se género en una red neuronal que entrena pseudo 2D HMM, la entrada es de proceso HMM 2D es la salida de la ANN y proporciona al algoritmo la reducción de dimensionalidad adecuada.

- Fuzzy Neural Networks

Las redes neuronales difusas para el reconocimiento facial se introducen en 2009, es un sistema de reconocimiento facial que utiliza un perceptrón multicapa. El concepto detrás de este enfoque es capturar superficies de decisión en variedades no lineales, una tarea que un MLP simple difícilmente puede completar. Los vectores de características se obtienen utilizando transformadas de longitud de onda de Gabor.

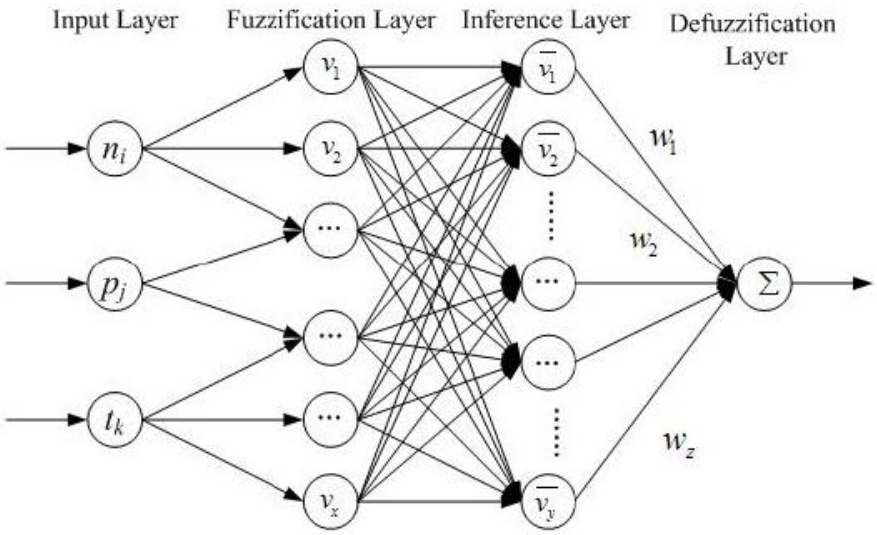

Ilustración 8: Fuzzy Neural Network

Fuente: Face Recognition for Beginners (Dwivedi, 2018)

La librería de OpenCV cuenta con la detención de rostros de personas utilizando los clasificadores de HaarCascade que son de libre distribución y además de uso libre con la implementación de cada uno de sus métodos.

- Red Neuronal ResNet50

Los parámetros ya están entrenados y se entrenan las capas posteriores que se añadirán, estas si se deben entrenar que son dos capas totalmente conectadas, la primera de 512 neuronas y la segunda de 256, la última capa que se añade es de 4 neuronal totalmente conectadas por el hecho de que esta capa es la encargada de la clasificación final

- Red neuronal VGGnet16

Esta estructura cuenta con las primeras capas previamente entrenadas y solo se añaden las mismas capas finales que en la ResNet50 para la clasificación final.

3.2. Selección el algoritmo y la técnica que se va a utilizar.

Para la implementación de este proyecto se hace uso de la librería de OpenCV para el reconocimiento facial, primeramente, se realiza preparación del preprocesamiento de la imagen y luego se realiza el entrenamiento del reconocedor facial, luego de enseñar a el reconocedor se realiza la prueba de reconocimiento para poder ver los resultados, los reconocedores de rostros de OpenCV son de tres tipos EigenFaces, FisherFaces y Local Binary Patterns Histograms, hay que tener en cuenta que OpenCv es una librería de Computer Vision, el cual es de código abierto y contiene varios módulos con distintas funcionalidades como por ejemplo: Core functionality, Image Processing, Video Analysis, Object Detection, etc. Por la gran capacidad de procesamiento y funcionalidad que tiene esta librería se ha

decidido realizar la implementación de sistema de reconocimiento facial a partir de los métodos y funcionalidades que proporciona esta librería.

Los tipos de reconocedores para implementar en el sistema son los siguientes:

- EigenFaces Face Recognizer

EigenFaces se le conoce al conjunto de vectores propios para el reconocimiento de la cara humana, este método fue planteado por Sirovich y Kirby en 1987, con fin de realizar el reconocimiento y desarrollo unos años después en la clasificación del rostro humano por Matthew Turk y Alex Pentland en 1991. Cuando nos referimos al termino “eigen” se refiere a un conjunto de vectores propios, la principal virtud de este método es poder representar un conjunto de imágenes cuya dimensión es mucho más pequeña que el conjunto original.

EigenFaces compara los vectores propios de reconocimiento con todas las imágenes de entrenamiento de todos los personajes para intentar deducir los componentes, estos son necesarios y útiles para descartar el resto de imágenes y de esta forma no solo extrae los elementos esenciales de los datos de entrenamiento sino también ahorra memoria al rechazar los segmentos menos críticos.

- Local Binary Patterns Histograms (LBPH)

Se tiene en cuenta que los rostros propios y los rostros de prueba se ven afectados por la luz, no se pueden garantizar condiciones de iluminación perfectas. El reconocimiento facial LBPH es una mejora para superar este inconveniente, la idea es no encontrar las características locales de una imagen, el algoritmo LBPH lo que

intenta es encontrar la estructura local de la imagen y lo hace comparando cada pixel con sus vecinos. (Dwivedi, 2018)

- HaarCascade

El clasificador en cascada se puede utilizar para detectar objetos en una secuencia de video, esta detención de objectos mediante clasificadores en cascada basados en características de Haar es un método eficaz de detención de objetos propuesto por Paul Viola y Michael Jones en el 2001. Es un enfoque basado en aprendizaje automático en el que la función de cascada se entrena a partir de muchas imágenes positivas y negativas, luego se usa para detectar objectos en otras imágenes.

El algoritmo necesita imágenes positivas (imágenes de rostros) e imágenes negativas (imágenes sin rostros) para entrenar el clasificador y extraer las características, se utilizan las funciones de Haar que podemos ver en la siguiente imagen:

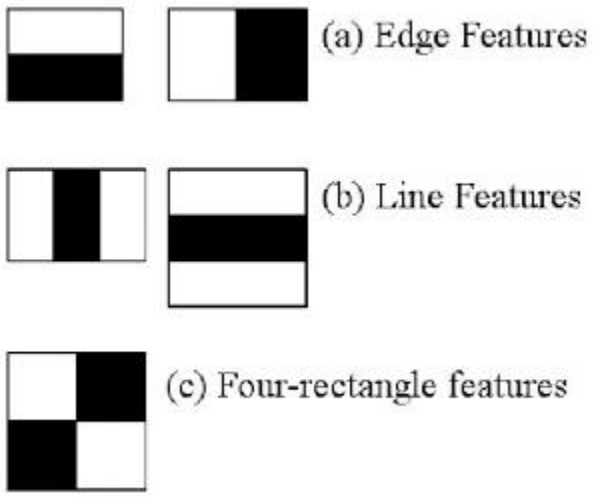

Ilustración 9: Clasificadores Haar

Fuente: Documentacion OpenCV (opencv, s.f.)

Estas imágenes son nuestro núcleo convolucional, donde cada característica es un valor único obtenido al restar la suma de pixeles debajo del rectángulo blanco de la suma de pixeles debajo del rectángulo negro. La clasificación final es una suma ponderada de todos los clasificadores débiles y se le llama débiles porque por sí solo no puede clasificar la imagen, pero junto con otros clasificadores forman un clasificador mucho más fuerte, con solo 200 funciones se puede obtener una detención de un 95% de precisión y OpenCV proporciona un método de entrenamiento o modelos previamente entrenados que se pueden usar fácilmente. (opencv, s.f.)

3.3. Exploración de los sitios de dataset públicos para seleccionar el conjunto de datos que será utilizado en el desarrollo del proyecto.

Al comparar un algoritmo es recomendable utilizar un conjunto de datos de prueba estándar para que los investigadores puedan comparar directamente los resultados. Es importante elegir una base de datos adecuada teniendo en cuenta la iluminación o imágenes con diferentes expresiones faciales.

Existe algunos sitios donde se encuentran varias colecciones de dataset, solo por nombrar algunos de estos sitios tenemos: UIC Machine Learning Repository (https://archive.ics.uci.edu/ml/index.php), este sitio cuenta con 559 conjuntos de datos para el servicio de la comunidad de aprendizaje automático, así mismo cuenta con una interfaz de búsqueda muy interesante, nos permite poder citar las publicaciones dependiendo de las políticas que se están manejando en el sitio y también es posible donar un conjunto de datos que sirvan para realizar futuras investigaciones.

También se cuenta con la “FACE RECOGNITION HOMEPAGE” (https://www.face-rec.org/databases/), donde se pueden encontrar gran número de datasets utilizados para el aprendizaje automático que los investigadores suelen utilizar en el desarrollo de sus proyectos.

Otro de los sitios muy interesantes es “VIDEO SURVEILLANCE” (http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/video_surveillance/databases.html), en este sitio podemos encontrar una gran variedad de bases de datos que se encuentran disponibles para sistemas de detención, seguimiento y reconocimiento de rostros en imágenes estáticas y secuencias de video.

Para la implementación del proyecto fue necesario poder explorar varios tipos de datasets con el fin de encontrar el más adecuado y que se adapte a nuestras necesidades, entre estos se mencionan los siguientes:

- Dataset ARFace

Esta base de datos de rostros fue creada por Aleix Martínez y Robert Benavente en el centro de Visión por Computadora (CVC) de la UAB. Contiene más de 4000 imágenes en color correspondientes a 126 rostros de personas (70 hombres y 56 mujeres). Las imágenes muestran caras de visión frontal con diferentes expresiones faciales, condiciones de iluminación y oclusiones (gafas de sol u bufanda). Las fotografías fueron tomadas en el CVC bajo condiciones estrictamente controladas, no se impusieron a las participantes restricciones de uso (ropa, gafas, etc.), maquillaje, peinado, etc. Cada persona participo en dos sesiones, separadas por dos semanas y se tomaron las mismas fotografías en ambas sesiones.

- Yale Facedatabase o también conocida como Yalefaces

Yale es un dataset que se compone de 165 imágenes en escala de grises en formato GIF de 15 personas, hay 11 imágenes por cada persona, una por cada expresión o configuración facial diferente como luz central, con lentes, feliz, luz izquierda, sin lentes, normal, luz derecha, triste, sorprendido y guiño.

- Dataset ORL

Cuenta con diez imágenes diferentes de cada uno de los 40 sujetos distintos, las imágenes se tomaron en diferentes momentos, variando la iluminación, las expresiones faciales (ojos abiertos / cerrados, sonriendo / no sonriendo) y los detalles fáciles (anteojos / sin anteojos). Todas las imágenes fueron tomadas con un fondo oscuro y homogéneo con los sujetos en posición vertical y frontal.

- McGill Real – WORLD FACE VIDEO DATABASE

Es una base de datos de secuencias de video recopiladas para estudiar el problema de clasificación de rostros sin restricciones a partir de videos. Esta base de datos contiene 18000 fotogramas de video con una resolución de 640 x 480 de 60 secuencias de video, cada una de las cuales fue grabada de un sujeto diferente (31 mujeres y 29 hombres). Cada video se recopiló en un entorno diferente (interior o exterior), lo que resultó en condiciones de iluminación arbitrarias y desorden de fondo. Además, los sujetos eran completamente libres en sus movimientos, lo que generaba escalas faciales arbitrarias, expresiones faciales arbitrarias, postura de la cabeza (en guiñada, cabeceo y balanceo), desenfoque de movimiento y oclusiones locales o globales.

- SCFACE – SURVEILLANCE CAMERAS FACE DATABASE

SCFACE es una base de datos de imágenes estáticas de rostros humanos. Las imágenes se tomaron en un ambiente interior no controlado utilizando cinco cámaras de videovigilancia de diversas calidades. La base de datos contiene 4160 imágenes estáticas (en espectro visible e infrarrojo) de 130 sujetos. Las imágenes de diferentes cámaras de calidad imitan las condiciones del mundo real y permiten pruebas sólidas de algoritmos de reconocimiento facial, enfatizando diferentes escenarios de casos de uso de vigilancia y aplicación de la ley.

- TALKING FACE VIDEO

El video de Talking Face consta de 5000 cuadros tomados de un video de una persona en conversación. Esto corresponde a unos 200 segundos de grabación. La secuencia se tomó como parte de un experimento diseñado para modelar el comportamiento del rostro en una conversación natural.

El sujeto estaba conversando en una habitación con otra persona, durante un período de tiempo prolongado. La intención era producir un comportamiento natural, a pesar de las circunstancias no naturales. Se apuntó una cámara estática a cada individuo, encuadrada de modo que el movimiento del rostro durante la secuencia estuviera casi por completo dentro de la imagen.

Para el desarrollo del proyecto se utiliza la base de datos The Honda / UCSD Video Database (http://vision.ucsd.edu/~leekc/HondaUCSDVideoDatabase/HondaUCSD.html).

Teniendo en cuenta que en la implementación del proyecto a desarrollar se tiene en cuenta el reconocimiento por medio de video y la más apropiada es esta base de datos de videos estándar para evaluar algoritmos de reconocimiento y seguimiento facial. Cada secuencia de video se graba en un ambiente interior a 15 cuadros por segundo y cada uno dura al menos 15 segundos. La resolución de cada secuencia de video es 640x480. Cada individuo se graba en al menos dos secuencias de video. Dado que creemos que la variación de pose proporciona el mayor desafío para el reconocimiento, todas las secuencias de video contienen rotaciones de cabeza significativas en 2-D (en el plano) y 3-D (fuera del plano). En cada video, la persona gira y gira la cabeza en su propio orden y velocidad preferidos y, por lo general, en aproximadamente 15 segundos, el individuo puede proporcionar una amplia gama de poses diferentes. Adicionalmente.

La base de datos de video Honda / UCSD contiene dos conjuntos de datos. El primer conjunto de datos es registrado por una cámara SONY EVI-D30 en el Instituto de Investigación Honda en 2002. Incluye tres subconjuntos diferentes, Entrenamiento, Pruebas y Pruebas de Oclusión. Cada subconjunto contiene 20, 42, 13 videos respectivamente de 20 sujetos humanos. El segundo conjunto de datos es registrado por una cámara SONY DFW-V500 en Computer Vision Labortory, Universidad de California, San Diego en 2004. Incluye dos subconjuntos, Entrenamiento y Prueba de 30 videos de otros 15 sujetos humanos diferentes.

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA Y EL ALGORITMO DE INTELIGENCIA ARTIFICAIL SELECIONADO PARA REALIZAR EL RECONOCIMIENTO FACIAL.

4.1 Seleccion el framework a utilizar

El framework que se va a utilizar en la implementación del proyecto es Django.

Django es la opción perfecta para realizar el desarrollo del sistema de reconocimiento facial, el framework permite la creación de aplicaciones web de forma rápida y utilizando menos código, además la importancia radica en que el fremawork está basado en el lenguaje de programación Python el cual es necesario para poder realizar la implementación del reconocimiento facial que para este caso se desarrolla con este tipo de lenguaje, por la facilidad que nos proporciona Python para ejecutar sentencia de código de forma más sencilla en comparación con otros tipos de lenguaje de programación.

4.2 Revisión del Framework a utilizar

Django es un marco que facilita el desarrollo de aplicaciones web de alto nivel fomentando el desarrollo rápido con un diseño limpio y de fácil manejo. Este framework fue creado por desarrolladores experimentados además es gratis y de código abierto (open source), con la gran ventaja que incluye una gran variedad de librerías extras que se pueden usar para el manejo de tareas comunes en el desarrollo de sitios web, Django se encarga de la autenticación de usuarios, la administración de contenido, los mapas del sitio, las fuentes RSS y muchas más tareas, desde el primer momento.

Otra parte importante es la seguridad de la aplicación que Django ayuda a los desarrolladores a evitar muchos errores de seguridad comunes, como por ejemplo la inyección de SQL, las secuencias de comandos entre sitios, la falsificación de solicitudes entre sitios y el secuestro de clics, su sistema de autenticación de usuarios proporciona una forma segura de administrar cuentas de usuario y contraseñas.

Django es extremadamente escalable y algunos de los sitios más concurridos del planeta utilizan la capacidad de Django para escalar de manera rápida y flexible con el fin de satisfacer las demandas de tráfico más pesadas.

Django es increíblemente versátil, empresas, organizaciones y gobiernos han utilizado Django para crear todo tipo de cosas desde sistemas de gestión de contenido hasta redes sociales y plataformas informáticas científicas.

Es muy sencillo de instalar, además que cuenta con una documentación muy completa y organizada con ejemplo sencillos de implementar y para comenzar a trabajar con este maravilloso framework y lo podemos encontrar en la siguiente url: https://www.djangoproject.com

4.3 Tratamiento del dataset

Como ya se había mencionado anteriormente el dataset que se está empleando para el desarrollo de este sistema de reconocimiento facial es la base de datos de video Honda / UCSD, la cual cuenta con secuencias de video que inicialmente serán leídos gracias a la utilización de la librería de OpenCv la cual facilita la lectura de este tipo de videos modificados a formato MP4 con la finalidad de conseguir una estandarización al momento de poder reproducir videos de formato compatible con el sistema que se está implementando.

Inicialmente para la fase de captura del rostro se debe realizar la reproducción de los videos para que el algoritmo comience su trabajo de realizar la captura de al menos unas 100 fotos de cada persona que se registre en el sistema, estas fotos se tomaran de manera instantánea en el trascurso de la lectura del video y se guardaran en una carpeta especial que tendrá el nombre y número de identificación de la persona que realice el registro dentro de la aplicación, esta serie de capturas se realizan con la finalidad de poder entrenar la red neuronal proporcionada por la librería de OpenCv.

4.4 Aplicación del algoritmo

Anteriormente se mencionó que para la implementación del sistema de reconocimiento facial se realiza con la ayuda de la librería OpenCV, (Open Source Computer Vision), que básicamente es una librería de software open-source de visión artificial y machine learning.

OpenCV tiene cuenta con una licencia BSD, lo que permite utilizar y modificar el código, tiene una comunidad de más de 47000 personas y más de 7 millones de descargas, es una librería muy usada a nivel comercial, desde Google, Yahoo, Microsoft, Intel, IBM, Sony, Honda, Toyota, Appliend Minds, Video Surf, Zeitera, etc.

La librería tiene más de 2500 algoritmos, que incluye algoritmos de machine learning y de visión artificial, estos algoritmos permiten identificar objetos, caras, clasificar acciones humanas en video, hacer tracking de movimientos de objetos, extraer modelos 3D, encontrar imágenes similares, eliminar ojos rojos, seguir el movimiento de los ojos, reconocer escenarios, etc.

Se usa en aplicación como la detención de intrusos por medio de video, monitorización de equipamientos, ayuda a navegación de robosts, inspeccionar etiquetas en productos. OpenCV está escrito en C++, tiene interfaces en C++, C, Python, Java y MATLAB interfaces y funciona en Windows, Linux, Android y Mac OS. (Gracia, 2013)

Para el reconocimiento facial inicialmente se prepara la imagen, refiriéndose a realizar el reconocimiento del rostro para el preprocesamiento y luego proceder a entrenar el reconocedor facial a partir de los rostros capturados en la primer parte de captura del rostro, luego de que se realiza en proceso de entrenamiento se realizan pruebas para revisar los resultados del reconocedor, en nuestro caso se trabaja con dos tipos de algoritmos reconocedores como lo son el Reconocimiento facial EigenFaces e Historia de Patrones Binarios Locales (LBPH).

CAPITULO V

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL

5.1 Especificación de requerimientos

La especificación de requisitos para este proyecto de reconocimiento facial se realiza mediante historias de usuario que se pueden observar en el Anexo 1.

5.2 Diseño de la aplicación

Con el fin de tener claridad acerca de la implementación del sistema de reconocimiento facial se plantean una serie de actividades desarrolladas, las cuales son especificadas mendiante un diagrama de actividades utilizando la herramienta StarUML (https://staruml.io/). A continuación, se presenta el diagrama de actividades general

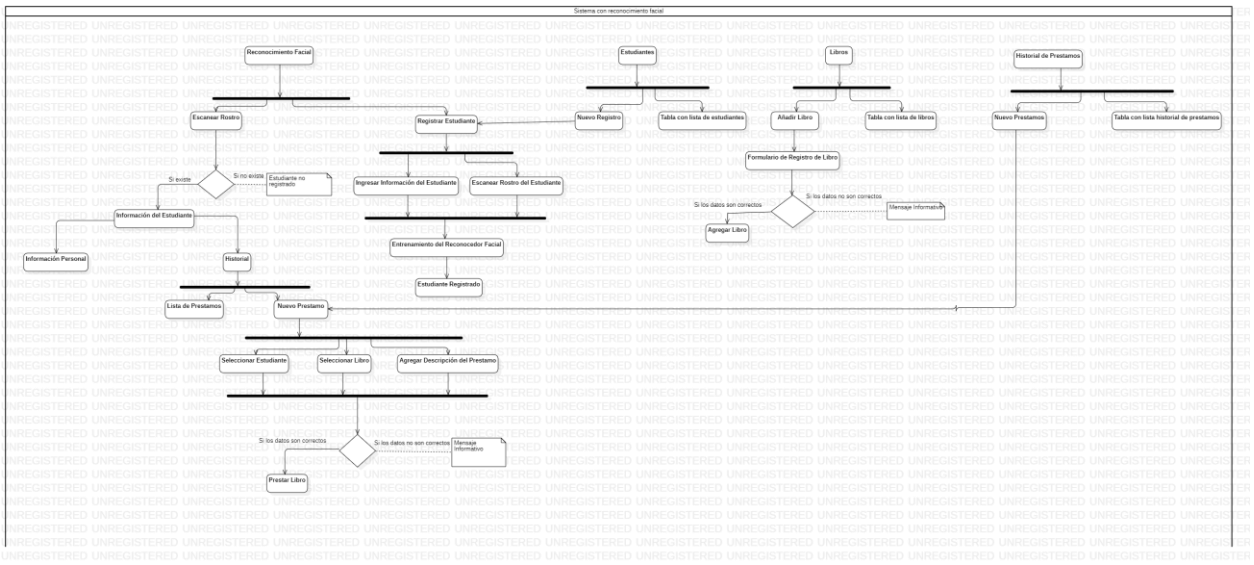

Ilustración 10: Diagrama de actividades

Fuente: Elaboración propia

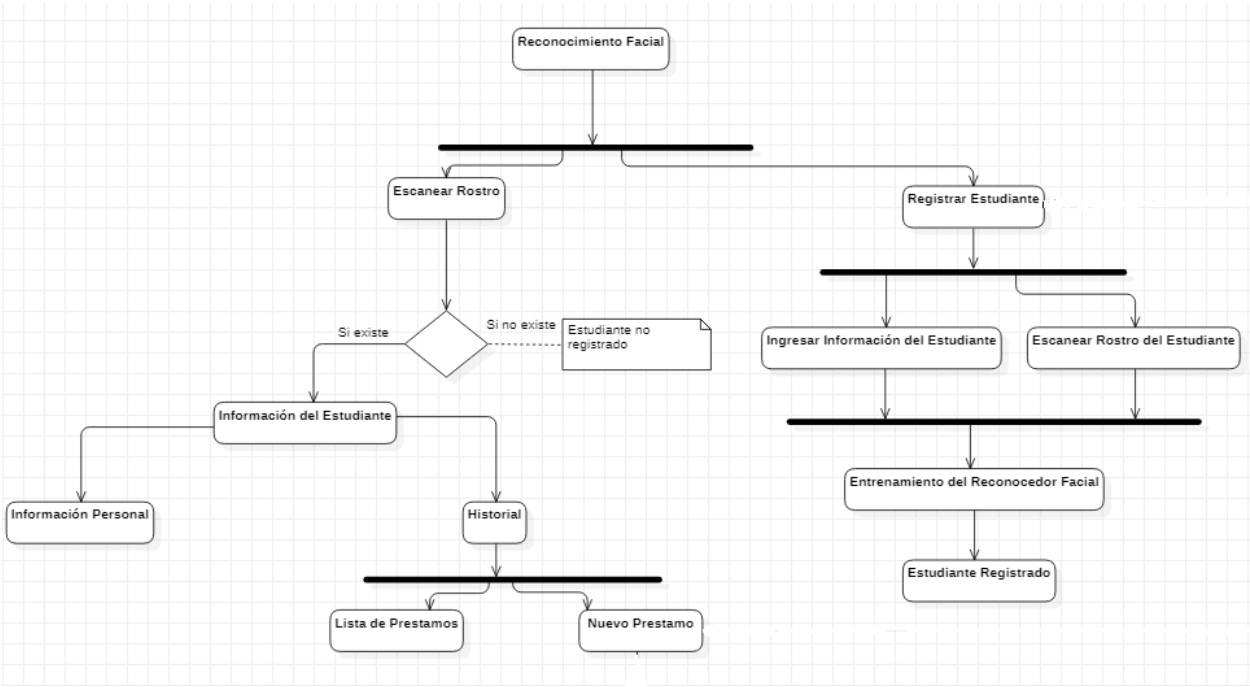

Ilustración 11: Actividad de Reconocimiento Facial

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración No. 12, se presentan las actividades relacionadas con la actividad de registro, en donde se puede observar se cuenta con dos opciones donde se puede registrar un estudiante o en el caso de que ya se encuentre registrado realizar el escaneo de su rostro. En el caso de registrar un estudiante se debe ingresar la información solicitada en el registro y luego de esto se debe escanear el rostro del estudiante con el fin de tener una carpeta con las capturas de su rostro y continuar con la siguiente actividad que realiza el sistema, que es el entrenamiento de la red y finalmente el sistema proporciona un aviso que indica que el estudiante fue registrado de forma exitosa. Para la parte de escanear el rostro el sistema compara la captura actual del rostro del estudiante con las imágenes que están almacenadas en el sistema con el fin de encontrar alguna coincidencia y si existe el registro del estudiante, el sistema le permite ingresar mostrando su información personal y el historial de prestamos de libros. En el caso de que el estudiante no se encuentre registrado el sistema va a indicar en la captura del rostro de que es desconocido y

se debe proceder a registra a esta persona para poder ingresar de lo contrario no le permitirá poder ingresar a las opciones que brinda el sistema.

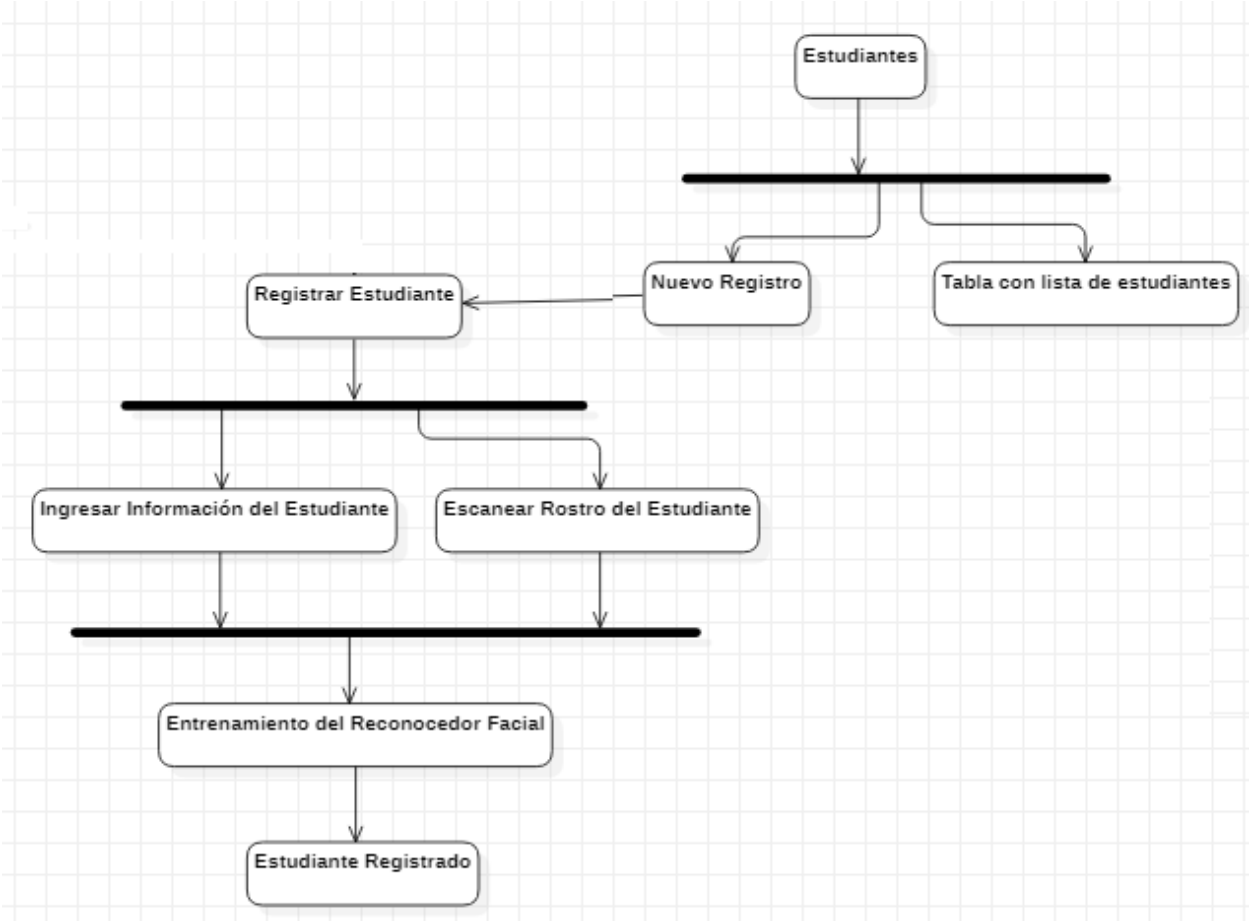

Ilustración 12: Actividad del Estudiante

Fuente: Elaboración propia

Para esta actividad se tiene la opción de ver una tabla con un listado de estudiantes registrados en el sistema con su foto de perfil y su información personal, la opción de nuevo registro permite poder realizar el proceso de ingresar los datos solicitados por el sistema, escanear el rostro de la persona que esta realizando el registro para realizar la fase de entrenamiento, es necesario realizar este proceso de entrenamiento por el hecho de que es un nuevo registro que se realiza y no se cuenta con ningún tipo de información en el sistema para poder realizar un

reconocimiento, finalmente el sistema muestra al usuario la información de que el registro se realizado con éxito.

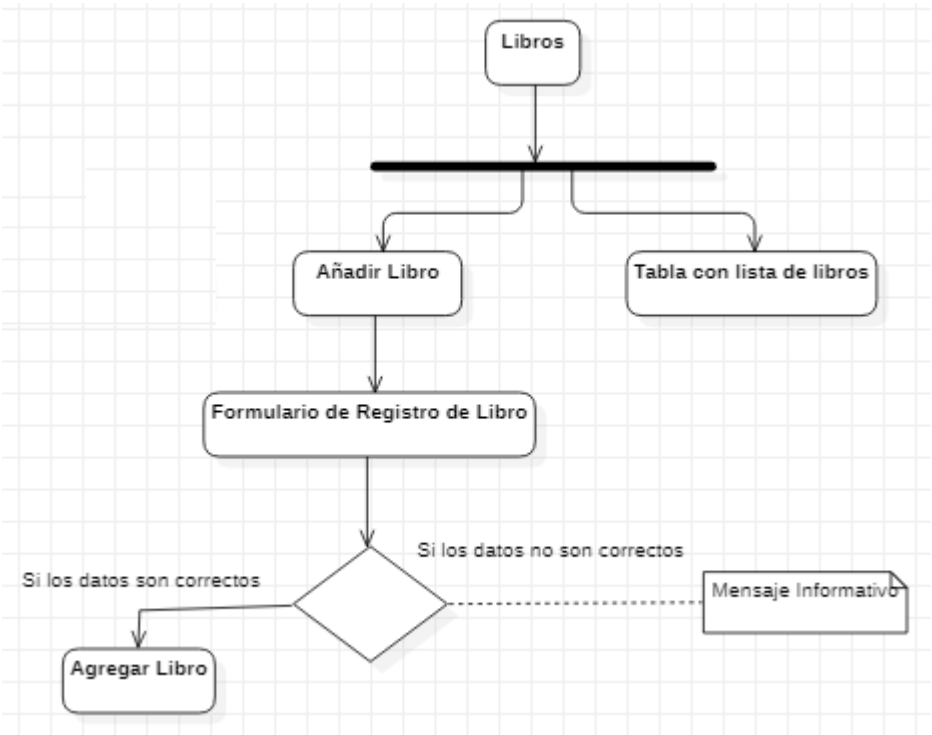

Ilustración 13: Actividad de los Libros

Fuente: Elaboración propia

Para esta actividad se cuenta con la opción de poder ver un listado de los libros que se encuentran registrados en el sistema, aunque no se visualice en el diagrama esta parte también cuenta con la opción de actualización de la información de un libro y la parte de eliminar un libro. La opción de añadir un nuevo libro permite ingresar la información correspondiente al libro en un formulario con los datos mínimos que se requieren a la hora de hacer un registro, si los datos son correctos el sistema informa de que el registro se realiza con éxito y de lo contraria el sistema informa al usuario de que hay algún inconveniente al momento de registrar el libro.

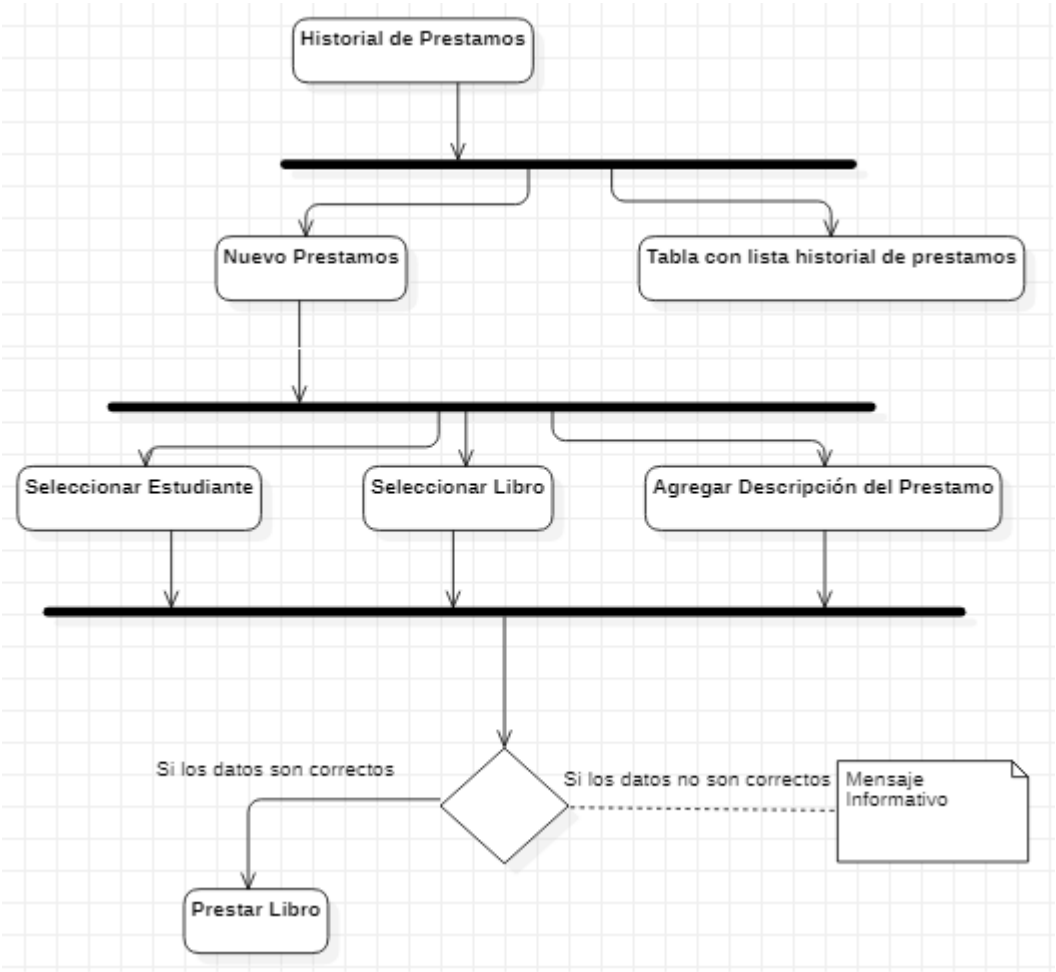

Ilustración 14: Actividad de Historial de Préstamos

Fuente: Elaboración propia

Para esta actividad de historial de préstamos el sistema permite poder visualizar en una tabla la información con los prestamos que se han realizado anteriormente, la opción de nuevo préstamo lleva al usuario a una nueva vista donde se muestran los datos necesarios para realizar esta actividad, en el caso que se haga directamente desde la opción que proporciona el sistema la persona encargada de la biblioteca deberá seleccionar el nombre del estudiante, seleccionar el libro agregar una fecha de devolución, un comentario, con el fin de realizar este registro, si los datos son correctos el sistema proporciona un aviso que indica que el registro se realizó con éxito, de lo contrario notificara algún error presentado a la hora de hacer el registro.

La aplicación inicial del sistema de reconocimiento facial se desarrolla utilizando la herramienta de diseño SKETCH, esta es una herramienta de diseño que cuenta con una interfaz intuitiva, funciones muy bien pensadas y todo el poder en una aplicación nativa de MacOS, para el diseño de productos increíbles.

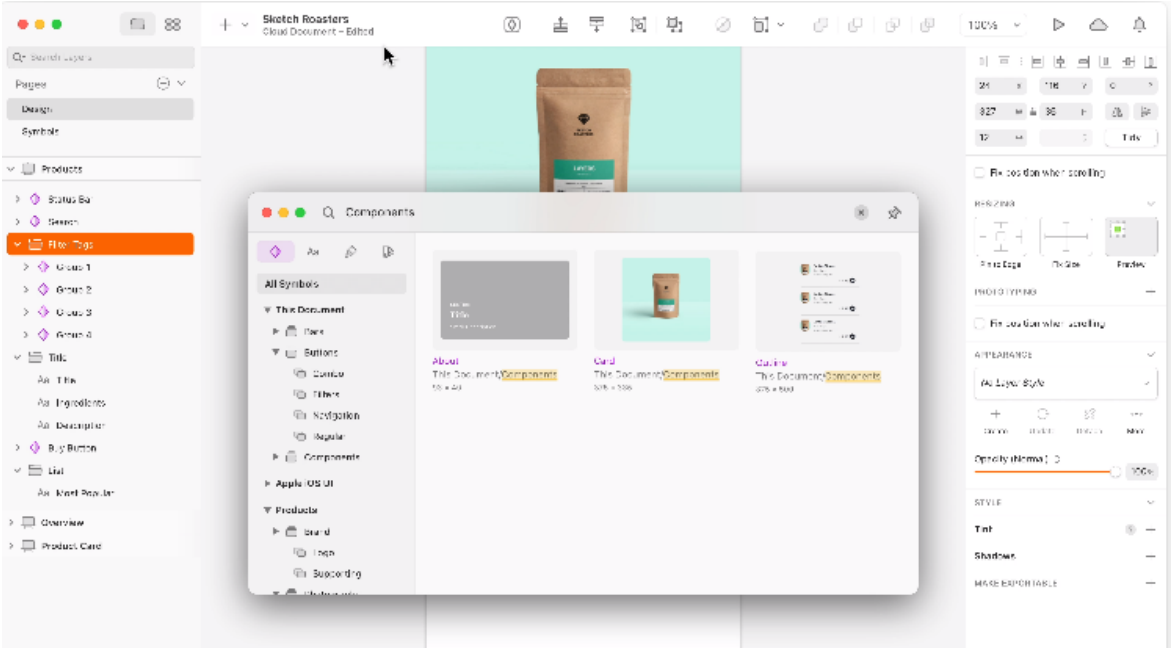

Ilustración 15: Herramienta de Diseño Sketch

Fuente: sketch.com

Haciendo uso de esta maravillosa herramienta se plantean tres vistas para la implementación del reconocimiento facial:

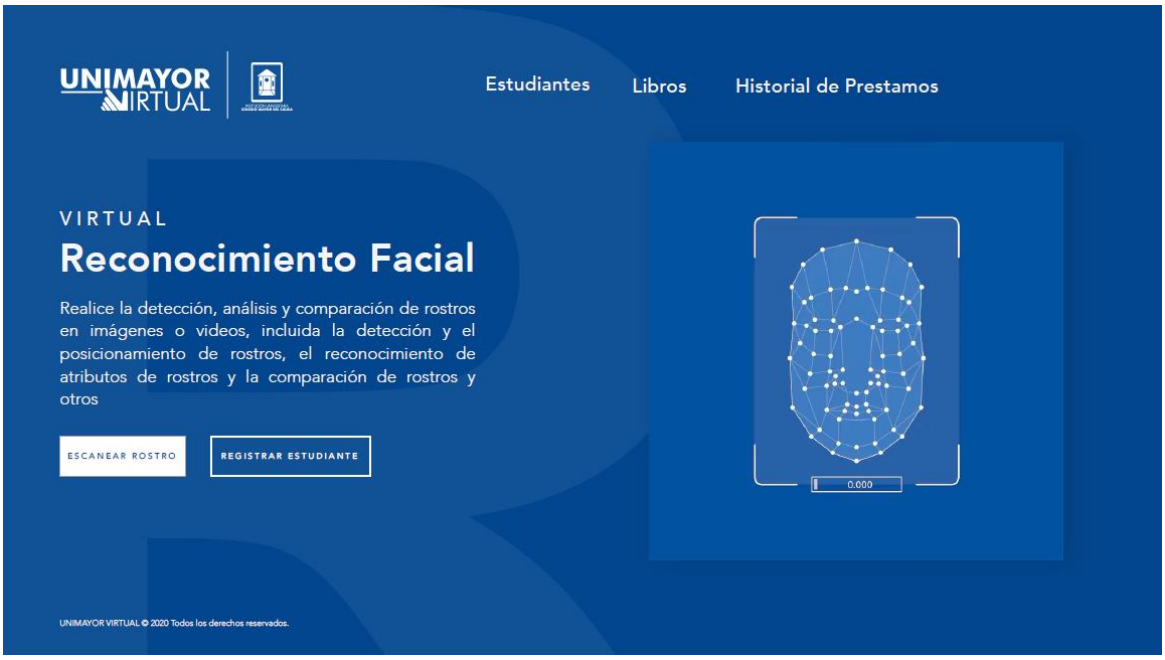

Ilustración 16: Primer Vista de la Aplicación

Fuente: Propia

Como se puede observar en la ilustración No. 17, se tiene una interfaz de usuario muy sencilla intuitiva y fácil de manejar, con un diseño bastante minimalista donde se encuentra solo la información necesaria para dar a conocer la funcionalidad de este maravilloso sistema de reconocimiento facial. En este sistema se encuentra primeramente el logo de la institución, un pequeño menú donde se puede mirar la información de los estudiantes registrados, una opción de libros donde se puede consultar un listado de libros previamente registrados dentro de la base de datos de la institución y una opción de historial de préstamos donde se puede revisar la información de que estudiantes han solicitado el prestamos de algunos libros.

De igual manera, se encuentra una pequeña descripción de lo que hace el sistema, seguido de dos bonotes para realizar el escaneo del rostro y otro botón donde se puede registrar un estudiante, también se dispone de una imagen que hace referencia a lo que es la escaneada de un rostro finalmente la parte del footer donde se puede leer que todos los derechos del sistema son reservados para la institución.

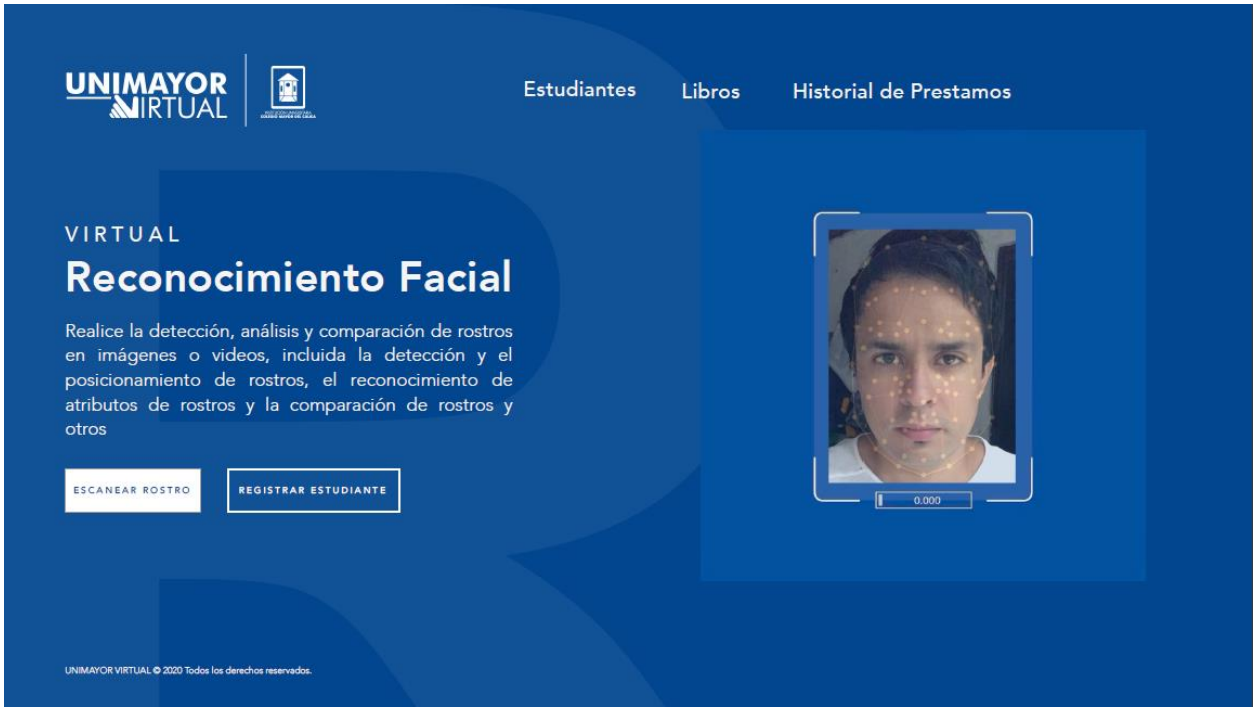

Ilustración 17: Segunda Vista de la Aplicación

Fuente: Propia

En esta segunda vista de la aplicación se ve la cámara realizando el trabajo de escanear el rostro de uno de los estudiantes de la institución con el fin de ser detectado y poder ingresar a revisar sus datos personales y poder solicitar algún prestamos de un libro si lo desea.

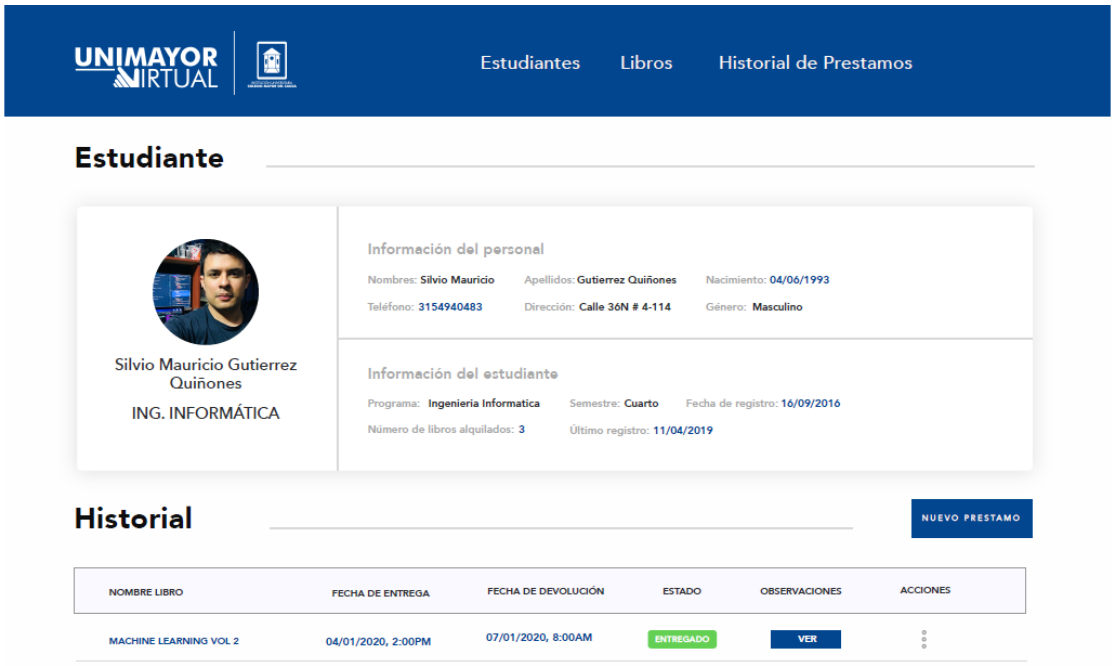

Ilustración 18: Tercer Vista de la Aplicación

Fuente: Propia

Ya en esta tercera vista de la aplicación se encuentra la información del estudiante que previamente se encuentra registrado en la base de datos de la institución y además una tabla con el historial de préstamos que la persona ha realizado.

La aplicación no solamente contara con estas vistas, sino que además contara con las vistas de gestión de estudiantes, libros e historial de préstamos, solo que no se ponen es esta parte, porque estas vistas no están directamente relacionadas con el reconocimiento facial, sino que hacen parte de funcionalidades básicas con que el sistema debe contar.

5.3 Implementación de la aplicación

La aplicación se desarrolla utilizando el framework Django, la librería OpenCV, el lenguaje de programación Python en su versión 3.8.1, para el almacenamiento de datos se utiliza SQLite3 por su fácil manejo e integración con el framework Django,

la base de datos de video Honda / UCSD, además se usó del lenguaje JavaScript, librerías como JQuery, se realizan peticiones Ajax, se utiliza HTML5 para la estructura de la página web y el framework Bootstrap para el manejo de los estilos CSS, en la parte de desarrollo se trabaja con el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) PyCharm, que es un producto de JetBrains en su versión Community dedicado especialmente para el lenguaje de programación Python, también se utiliza Visual Studio Code que es otro IDE que nos permite poder interactuar de forma sencilla con Git que es el sitio donde se encuentra alojado el código de la aplicación.

Como se menciona anteriormente se utilizan diferentes tecnologías para realiza la implementación del sistema de reconocimiento facial y poder obtener una aplicación completamente funcional y con un diseño bastante minimalista e intuitivo para el usuario.

Por cierto, al momento de mencionar que el código de la aplicación se encuentra alojada en GitHub se da la siguiente ruta: (https://github.com/rodinson17/Reconocimiento-Facial), con el fin de poder ingresar a este repositorio que es público.

Las pruebas que se realizan son para comprobar el buen funcionamiento de la aplicación y se presenta en un video donde se muestra igualmente el uso de esta el cual se puede visualizar en el anexo 2.

6. CONCLUSIONES

- En el desarrollo del proyecto se realiza una exploración de la diferentes técnicas, métodos y algoritmos de inteligencia artificial empleados en el uso de reconocimiento facial donde se puede encontrar que el método más utilizado es el de Principal Component Analysis (PCA), así mismo que la técnica de EigenFaces para realizar la detención de los rostros. De igual manera en los trabajos que utilizan Redes Neuronales Artificiales se hace necesario utilizar algún método de procesamiento digital de imágenes para la extracción de caractderisticas que permitan que la Red Neuronal pueda procesar los datos.

- Al momento de realizar el desarrollo de la aplicación, la librería que se tienen en cuenta para el reconocimiento facial es OpenCV, aunque se tenían otras opciones como VLX, Torch3vision, RAVL, se determinó usar esta librería de OpenCV teniendo en cuenta que es ampliamente usada por lo tanto hay mayor disponibilidad de información. Otro criterio que se consideró para su uso es que la libreria tiene Wrappers para otros lenguajes de programación. Esta programada en C++ y ahora mismo se puede ejecutar en otros lenguajes de programación como Java, Python, C#, Swift, Object C.

- Luego de revisar la implementación del reconocimiento facial con algunos lenguajes de programación como PHP, Java, JavaScript, Angular y Python, se puede llegar a la conclusión que la mejor opción que más se adapta a las necesidades para la implementación de la aplicación, es el lenguaje de programación Python.

- Teniendo en cuenta lenguaje Python con el cual se decide realizar la implementación de la aplicación de reconocimiento facial, se utiliza el framework Django el cual permite ejecutar código Python de manera fácil y rápida.

- Se emplea la base de datos de video de Honda / UCSD que permite de poder realizar la descarga de los videos que hacen parte de este dataset, los videos se descargan en un formato .avi y es conveniente hacer la conversión a un formato de tipo .MP4 para garantizar la lectura de este tipo de videos, además que el MP4 es un formato de tipo estándar que se puede interpretar en cualquier reproductor de video, además de este tratamiento que se le brinda a el dataset es necesario poder realizar la captura de por lo menos 100 o más imágenes del rostro de las personas que aparecen en los videos con el fin de garantizar un buen entrenamiento del reconocedor y poder garantizar que se va a realizar un reconocimiento con más de un 95% de efectividad.

- Para realizar la aplicación se tiene en cuenta la biblioteca de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca porque por la forma como funciona esta dependencia es un buen escenario para la implementación de este tipo de tecnologías que permiten automatizar los procesos de una forma mucho más rápida y eficiente, además que se deja una aplicación funcional de prueba piloto para poder adaptarla con la base de datos propios de la institución.

- Los algoritmos para procesamiento de imágenes y reconocedores de rostros usados, fueron reconocimiento facial EigenFaces y Local Binary Patterns Histograms (LBPH), estos algoritmos se encuentran incluidos en la librería de OpenCV, permitiendo procesar imágenes a través de vectores y para el desarrollo de la aplicación son usados dando flexibilidad.

7. TRABAJOS FUTUROS

- Para mejorar el proceso de reconocimiento facial en futuros proyectos se propone la idea de trabajar con Deep Learning con el fin de mejorar el rendimiento y desempeño de la aplicación, ya que el aprendizaje profundo permite el entrenamiento de modelos de reconocimiento cada vez más precisos por la cantidad de datos obtenidos, se debe tener en cuenta que la base para el reconocimiento es entrenar de forma eficiente la red neuronal que se esta utilizando con una base de datos solidad y diversa. Algunas de las técnicas derivadas de Deep Learning para afrontar el problema de detención facial son las siguientes AlexNet, VGGNet, DeepFace, GoogleNet, FaceNet, ResNet, entre otras técnicas empleadas en Deed Learning.

- Los procesos de aprendizaje se pueden mejorar empleando las redes neuronales convolucionales (CNN), es una de las propuestas que se plantean para realizar una nueva investigación y mejorar caca vez más el sistema de reconocimiento facial que se desea implementar en la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Este tipo de redes realizan una extracción automática de cada una de las características que poseen las imágenes y uno de los aspectos más determinantes es que las características mas relevantes no se entrenan previamente, sino que se aprenden mientras la red se entrena con un conjunto de imágenes. Este procesamiento hace los modelos sean muy precisos para la detención facial.

- En el momento solo se realizan pruebas con datos que se obtienen de manera libre en internet, se espera realizar la implementación de esta aplicación con mayor funcionalidad y con el dataset propio de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, para que quede funcionando dentro de la biblioteca y poder automatizar este proceso de préstamo de libros sin

necesidad de tener que presentar el carnet de la institución para solicitar el préstamo de los libros. Sino que se pueda realizar este proceso solo con la captura de nuestro rostro, así mismo tener la capacidad de poder adaptar esta aplicación para el ingreso de los mismos estudiantes a la Institución Universitaria Colegio mayor del Cauca.

ANEXOS

Anexo 1: Historias de usuario

Anexo 2: Video funcionamiento de la aplicación

BIBLIOGRAFÍA

Aguayo Serrano, F. E., Pedraza Ortega, J. C., Rivas Araiza, E. A., & Rivas Araiza, J. E. (Febrero de 2018). *Desarrollo de un proceso de autenticación facial en un sistema Android utilizando el algoritmo LDA (Análisis de Discriminación Lineal).* Obtenido de Pistas Educativas: http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1167/932

Benítez, R., Escudero, G., Kanaan, S., & Masip Rodó, D. (2014). *Inteligencia Artificial avanzada.* Obtenido de Editorial UOC.: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eT7ABAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Inteligencia+artificial+&ots=9whFm25KBh&sig=a0Zxj-xr-PPdwJDXyrR7diHw0eA#v=onepage&q=Inteligencia%20artificial&f=true

Bernal, L., & Yuri, A. (2018). *Análisis de métodos de reconocimiento facial bajo el sistema operativo Android.* Obtenido de Repositorio Institucional - Universidad Señor de Sipán: http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/6324/Bernal%20Leyva%20Alex%20Yuri.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cañego Navio, N. (2017). *Sistema de identificación de personas mediante reconocimiento facial aplicado a videovigilancia.* Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86962/memoria_53258252.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrasco, M., Portugal, R., & Peralt, B. (s.f.). Reconocimiento Biometrico de audio y ristro: Un sistema variable de identificación. *Pontificia Universadad Católica de Chile Departamento de Ciencia de la Computación.*

Díaz Buelvas, C. A. (2019). *Sistema de reconocimiento facial integrado a un sistema de control de acceso y a un software de nomina.* Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14811/1/DiazBuelvasCindyAudrey2019.pdf

Franco Gabriel Caballero, J., Vidal Reyes, M., López Sánchez, A., & Jerónimo Ríos, C. (Diciembre de 2017). *Reconocimiento facial por el método de Eigenfaces.* Obtenido de Pistas Educativas: http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1068/878

Garcés N., A., & Jurado L., M. (2016). *Sistema de reconocimiento facial con visión artificial para apoyar al ECU 911 con la identificación de personas en la lista de los más buscados.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: http://192.188.46.193/bitstream/123456789/31075/1/Garc%c3%a9s%20N%c3%ba%c3%b1ez%20Alex%20Fernando-2016.pdf

Gonzalez-Sosa, E., Vera-Rodriguez, R., Fierrez, J., & Ortega-Garcia, J. (2016). *Validación Experimental de la Influencia de Oclusiones en Reconocimiento Facial.* Obtenido de Universidad Autonoma de Madrid: http://atvs.ii.uam.es/atvs/files/2016_URSI_face_Ester.pdf

Larrañaga, P., Inza, I., & Moujahid, A. (1997). *Tema 8. redes neuronales.* Obtenido de Redes Neuronales, U. del P. Vasco: http://68.183.100.199/libroNNA/t8neuronales.pdf

Lepage Chumpitaz, C. (2016). *Aplicaciones actuales de la inteligencia artificial y su uso con tecnología IBM Watson.* Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7030/Lepage_chc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lopéz Sandoval, A. E., Mendoza Martínez, C., Reyes Cruz, L. Á., Rivas Araiza, E. A., Ramos Arreguín, J. M., & Pedraza Ortega, J. C. (Mayo de 2015). *Sistema de Autenticación Facial mediante la Implementación del algoritmo*

PCA modificado en Sistemas embebidos con arquitectura ARM. Obtenido de La Mecatrónica en Mexico: http://www.mecamex.net/revistas/LMEM/revistas/LMM-V04-N02-02.pdf

Méndez Gómez, J. (Agosto de 2019). *Sistema de reconocimiento facial basado en redes neuronales convolucionales sobre el dispositivo Raspberry Pi.* Obtenido de Universidad de Sevilla: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/95442/TFM-1472-MENDEZ%20GOMEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mendrán del Río, J. L. (Septiembre de 2019). *Implementation of a real time face recognition system based on neural networks.* Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127884/Medr%c3%a1n%20-%20Implementaci%c3%b3n%20de%20un%20sistema%20de%20reconocimiento%20facial%20en%20tiempo%20real%20basado%20en%20redes%20neu....pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moreano Cadena, J. A., La Serna Palomino, N., & Llano Casa, A. C. (2019). *Facial recognition techniques using SVM: A comparative analysis.* Obtenido de Universidad Tecnológica Equinoccial: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572261719008

Pereyra, P. A. (2015). *Reconocimiento Facial Mediante Imágenes Estereoscópicas Para Control de Ingreso.* Obtenido de Universidad de Buenos Aires Argentina: http://materias.fi.uba.ar/7500/PamelaPereira.pdf

Petteri Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia Artificial .* Obtenido de Madrid: Alienta Editorial: https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf

Scarel, G., & Muller, O. (2010). *Sistema de Reconocimiento Facial.* Obtenido de Universidad nacional del Litoral de Santa Fé: http://sinc.unl.edu.ar/sinc-publications/2010/SMS10/sinc_SMS10.pdf

Valvert Gamboa, J. R. (Junio de 2006). *Métodos y técnicas de reconocimiento de rostros e imagenes digitales bidimensionales.* Obtenido de biblioteca.usac.edu.gt: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0310_CS.pdf