



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN REMOTA DE PERSONAS

Alumno: Francisco José Nef Hernández

Tutora: Raquel Viciano Abad

Depto.: Ingeniería de Telecomunicación

Noviembre, 2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN REMOTA DE PERSONAS

Alumno: Francisco José Nef Hernández

Tutora: Raquel Viciano Abad

Depto.: Ingeniería de Telecomunicación

Noviembre, 2020

FIRMA AUTOR

FIRMA TUTORA

ÍNDICE

Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas.....	7
Glosario.....	9
1 Resumen.....	10
1.1 Resumen	10
1.2 Abstract.....	10
2 Introducción	12
2.1 Antecedentes	12
2.2 Contexto de desarrollo	14
2.3 Justificación	14
2.4 Estructura del documento	15
3 Objetivos.....	17
4 Características sobre redes neuronales	18
4.1 Discusión sobre datos y procesos previamente entrenados.....	18
4.2 Detección facial, puntos de referencia faciales y mediciones.....	18
4.3 Como funciona una red neuronal tipo CNN	19
4.4 Identificación basada en SVC	22
5 Materiales y Métodos	24
5.1 Tecnologías utilizadas.....	24
5.1.1 Python.....	24
5.1.2 Django	24
5.1.3 TensorFlow	24
5.1.4 Open Computer Vision (OpenCV)	24
5.1.5 You Only Look Once (YOLO)	25
5.1.6 Dlib	25
5.1.7 FaceNet	25
5.1.8 Face Recognition	25
5.1.9 MTCNN Multi-Task Cascade Convolutional Neuronal Networks	25

5.1.10	Scikit-learn	25
5.1.11	Numpy	25
5.1.12	Scipy.....	26
5.2	Material utilizado	26
5.3	Proceso de desarrollo y evaluación de las técnicas de identificación	26
5.3.1	Obtención de bancos de pruebas.....	26
5.3.2	Procesado de los bancos de pruebas	29
5.3.3	Detección facial, centrado y normalizado del banco de pruebas	31
5.3.4	Realización de los entrenamientos.....	38
5.3.5	Reconocimiento facial.....	39
5.4	Análisis y resultados obtenidos de las propuestas	40
6	Sistema de reconocimiento facial	52
6.1	Aplicación web “FaceRecognitionWeb”	52
6.1.1	Implementación general del servicio	52
6.1.2	Implementación del servicio “Analizar Imagen”	53
6.1.3	Implementación del servicio “Analizar Vídeo”	55
6.1.4	Servicio de identificación de imágenes obtenidas de una webcam	57
6.1.5	Implementación del servicio “Entrenamiento”	58
6.1.6	Implementación del servicio añadir persona	59
7	Conclusiones y resultados	61
7.1	Pruebas de un caso real	61
7.2	Conclusiones	62
7.3	Líneas futuras	63
8	Referencias bibliográficas	65
9	Anexo.....	68
9.1	Anexo I. Datos de pruebas.....	68
9.1.1	Lista de personajes.....	68
9.1.2	Tablas de resultados.....	69
9.1.3	Resultados prueba caso real.....	105

9.2	Anexo II. Manual de usuario.....	105
9.2.1	Manual de usuario	105
9.2.2	Analizar imagen	105
9.2.3	Analizar vídeo	106
9.2.4	Abrir Cámara Local	107
9.2.5	Abrir Cámara IP	109
9.2.6	Personas Reconocidas	109
9.2.7	Zona de Administración	110
9.3	Anexo III. Manual de administrador	110
9.3.1	Manual de administrador.....	111
9.3.2	Añadir nueva persona.....	111
9.3.3	Borrar reconocido	113
9.3.4	Borrar foto.....	113
9.3.5	Mostrar foto.....	114
9.3.6	Realizar Entrenamiento.....	115
9.4	Anexo IV. Preparación de datos.....	116
9.4.1	Procesado de los datos para añadir una nueva persona.....	116
9.5	Anexo V. Instalación del sistema.....	116
9.5.1	Descarga e instalación de Python	116
9.5.2	Descarga del servicio web	117
9.5.3	Instalación de las librerías de Python	118
9.5.4	Despliegue del servicio	118
9.5.5	Base de datos	118
9.5.6	Usuario administrador	119
9.6	Anexo VI. Documentación.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MUESTRA DE PUNTOS DE REFERENCIA FACIALES.	12
FIGURA 2: EVOLUCIÓN DE REDES UTILIZADAS EN EL CONCURSO IMAGENET.	13
FIGURA 3: FASES DE UNA APLICACIÓN DE RECONOCIMIENTO FACIAL	14
FIGURA 4: IMAGEN CONVERTIDA A SUS VALORES NUMÉRICOS.....	20
FIGURA 5: IMÁGENES TRAS UTILIZAR LOS FILTROS CONVOLUCIONALES	20
FIGURA 6: AGRUPACIÓN POR TÉCNICA DE MÁXIMOS.....	21
FIGURA 7: CONCATENACIÓN DE PROCESOS DE UNA RED NEURAL CNN DE CLASIFICACIÓN.	21
FIGURA 8: ARQUITECTURA CNN DE UNA RED VGG-16	22
FIGURA 9: DIFERENTES MODELOS SVC SEGÚN SU KERNEL.	23
FIGURA 10: MUESTRA DE DIFERENTES CRITERIOS DE LUMINOSIDAD DE GRADO 1 A 3.	28
FIGURA 11: MUESTRA DE DIFERENTES CRITERIOS DE LATERALIDAD	28
FIGURA 12: IMAGEN ORIGINAL ANTES DE SER PROCESADA (REDUCIDA)	30
FIGURA 13: IMAGEN PROCESADA	30
FIGURA 14: ORDEN DE ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS	31
FIGURA 15: IMÁGENES ORIGINALES ANTES DE SER ALINEADAS Y NORMALIZADAS	32
FIGURA 16: PROCESADO DE UNA IMAGEN UTILIZANDO MTCNN	33
FIGURA 17: MUESTRA DE IMÁGENES CON REFERENCIAS FACIALES UTILIZANDO LA PROPUESTA MTCNN.	33
FIGURA 18: MUESTRA DE IMÁGENES CENTRADAS Y NORMALIZADAS UTILIZANDO LA PROPUESTA MTCNN.	33
FIGURA 19: PROCESO DE DETECCIÓN FACIAL CON OPENCV	34
FIGURA 20: REPRESENTACIÓN DE PUNTOS FACIALES DE REFERENCIA EN DLIB.....	35
FIGURA 21: CENTRADO Y NORMALIZADO A TRAVÉS DE DLIB.....	35
FIGURA 22: MUESTRA DE IMÁGENES CON REFERENCIAS FACIALES UTILIZANDO LA PROPUESTA DLIB.	36
FIGURA 23: MUESTRA DE IMÁGENES CENTRADAS Y NORMALIZADAS UTILIZANDO LA PROPUESTA DLIB.	36
FIGURA 24: EJEMPLO DE UNA RED FAST R-CNN	37
FIGURA 25: MUESTRA DE IMÁGENES CON REFERENCIAS FACIALES UTILIZANDO LA PROPUESTA YOLO.....	37
FIGURA 26: MUESTRA DE IMÁGENES CENTRADAS Y NORMALIZADAS UTILIZANDO LA PROPUESTA YOLO.....	38
FIGURA 27: AJUSTE DE DISTANCIAS ENTRE IMÁGENES DE LA PERSONA CONOCIDA.....	39
FIGURA 28: RESULTADO DE UNA IMAGEN TRAS USAR RECONOCIMIENTO FACIAL.....	40
FIGURA 29: IMAGEN CON UNA DETECCIÓN FACIAL FALSO POSITIVO	40
FIGURA 30: EJEMPLO DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON UMBRAL VARIABLE POR COLOR.....	42
FIGURA 31: FASES DE UN PROCESO DE RECONOCIMIENTO FACIAL.....	52
FIGURA 32: DIAGRAMA MVC DE LA APLICACIÓN WEB	53
FIGURA 33; DIAGRAMA DE FLUJO DEL SERVICIO ANALIZAR IMAGEN.....	55
FIGURA 34: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SERVICIO ANALIZAR VIDEO	57
FIGURA 35: DIAGRAMA DEL SERVICIO DE ENTRENAMIENTO.....	59
FIGURA 36: DIAGRAMA DEL SERVICIO AÑADIR PERSONA.....	60
FIGURA 37: RECONOCIMIENTO FACIAL PRUEBA DE CASO REAL	61

FIGURA 38: MENÚ DE NAVEGACIÓN	105
FIGURA 39: ACCESO AL SERVICIO ANALIZAR IMAGEN.....	106
FIGURA 40: SELECCIÓN DE IMAGEN.....	106
FIGURA 41: ACCESO AL SERVICIO ANALIZAR VÍDEO	107
FIGURA 42: SELECCIÓN DE VÍDEO	107
FIGURA 43: ACCESO AL SERVICIO ABRIR CÁMARA LOCAL.....	107
FIGURA 44: INICIAR WEBCAM	108
FIGURA 45: ENVÍO DE IMÁGENES	108
FIGURA 46: ESTADOS DEL BOTÓN AUTO CAPTURA.....	108
FIGURA 47: ACCESO AL SERVICIO ABRIR CÁMARA IP	109
FIGURA 48: INTRODUCIR IP.....	109
FIGURA 49: SERVICIO PERSONAS RECONOCIDAS.....	110
FIGURA 50: ACCESO A ZONA DE ADMINISTRACIÓN	110
FIGURA 51: ACCESO COMO USUARIO ADMINISTRADOR	110
FIGURA 52: LOGIN DE ACCESO A ADMINISTRACIÓN	111
FIGURA 53: MENÚ DE NAVEGACIÓN	111
FIGURA 54: ACCESO AL SERVICIO AÑADIR NUEVA PERSONA.....	112
FIGURA 55: INTRODUCCIÓN DE DATOS DE LA NUEVA PERSONA	112
FIGURA 56: ENVÍO DE DATOS DE LA NUEVA PERSONA	112
FIGURA 57: ACCESO AL SERVICIO BORRAR UN RECONOCIDO	113
FIGURA 58: INTRODUCIR PERSONA A BORRAR	113
FIGURA 59: ACCESO AL SERVICIO BORRAR UNA FOTO.....	114
FIGURA 60: INTRODUCIR PERSONA PARA BORRAR SU FOTO	114
FIGURA 61: ACCESO AL SERVICIO VER FOTOS.....	115
FIGURA 62: INTRODUCCIÓN DEL USUARIO PARA VER SUS FOTOS	115
FIGURA 63: ACCESO AL SERVICIO REALIZAR ENTRENAMIENTO	115
FIGURA 64: INSTALACIÓN DE PYTHON	117
FIGURA 65: FINALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE PYTHON	117
FIGURA 66: DESCARGA DEL SERVICIO VÍA WEB	118
FIGURA 67: DIRECTORIOS DE DATOS PARA ENTRENAMIENTO.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: MUESTRA DE DIFERENTES CRITERIOS DE TAMAÑO	27
TABLA 2: POSIBILIDADES SEGÚN CRITERIOS ESCOGIDOS	29
TABLA 3: MUESTRAS DE BANCOS DE PRUEBAS.....	29
TABLA 4: APLICACIÓN 1 ESTADOS PRUEBA CON 5 FOTOS.	43
TABLA 5: APLICACIÓN 1 ESTADOS PRUEBA CON 10 FOTOS.	43
TABLA 6: APLICACIÓN 1 ESTADOS PRUEBA CON 15 FOTOS.	44
TABLA 7: APLICACIÓN 1 ESTADOS PRUEBA CON 20 FOTOS.	44
TABLA 8: APLICACIÓN 2 ESTADOS PRUEBA CON 5 FOTOS.	45
TABLA 9: APLICACIÓN 2 ESTADOS PRUEBA CON 10 FOTOS.	45
TABLA 10: APLICACIÓN 2 ESTADOS PRUEBA CON 15 FOTOS.	46
TABLA 11: APLICACIÓN 2 ESTADOS PRUEBA CON 20 FOTOS.	46
TABLA 12: APLICACIÓN 3 ESTADOS PRUEBA CON 5 FOTOS.	47
TABLA 13: APLICACIÓN 3 ESTADOS PRUEBA CON 10 FOTOS.	47
TABLA 14: APLICACIÓN 3 ESTADOS PRUEBA CON 15 FOTOS.	48
TABLA 15: APLICACIÓN 3 ESTADOS PRUEBA CON 20 FOTOS.	48
TABLA 16: MÁXIMO RATIO DE ACIERTO PARA CADA APLICACIÓN.	49
TABLA 17: TIEMPOS DE PROCESADO POR IMAGEN.....	49
TABLA 18: TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	50
TABLA 19: ESTADOS DE PRUEBA CASO REAL	62
TABLA 20: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	69
TABLA 21: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	70
TABLA 22: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	71
TABLA 23: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	72
TABLA 24: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	73
TABLA 25: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	74
TABLA 26: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	75
TABLA 27: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	76
TABLA 28: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	77
TABLA 29: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	78
TABLA 30: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	79
TABLA 31: APLICACIÓN 1 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	80
TABLA 32: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	81
TABLA 33: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	82
TABLA 34: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	83
TABLA 35: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	84
TABLA 36: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	85
TABLA 37: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	86

TABLA 38: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	87
TABLA 39: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	88
TABLA 40: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	89
TABLA 41: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	90
TABLA 42: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	91
TABLA 43: APLICACIÓN 2 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	92
TABLA 44: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	93
TABLA 45: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	94
TABLA 46: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 5 FOTOS.....	95
TABLA 47: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	96
TABLA 48: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON PERSONAS Y FOTOS.....	97
TABLA 49: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 10 FOTOS.....	98
TABLA 50: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	99
TABLA 51: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	100
TABLA 52: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 15 FOTOS.....	101
TABLA 53: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 15 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	102
TABLA 54: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 20 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	103
TABLA 55: APLICACIÓN 3 RESULTADOS CON 25 PERSONAS Y 20 FOTOS.....	104
TABLA 56: RESULTADOS PRUEBA DE CASO REAL.....	105

GLOSARIO

AMD Advanced Micro Devices
API Application Programming Interface
CNN Convolutional Neural Network
CPU Central Processing Unit
CUDA Compute Unified Device Architecture
FPS Frame per second
GPU Graphics Processing Unit
HOG Histogram of Oriented Gradients
HTML HyperText Markup Language
MTCNN Multi-Task Cascade Convolutional Neuronal Networks
MVC Modelo Vista Controlador
OpenCV Open Computer Vision
RAM Random Access Memory
RGB Red Green Blue
SSD Solid State Drive
SVC Support Vector Classifier
SVM Support Vector Machine
URL Uniform Resource Locator
VCPU Virtual Central Processing Unit
YOLO You Only Look Once

1 RESUMEN

1.1 Resumen

El reconocimiento facial ha constituido un gran campo de estudio debido a su variedad de aplicaciones prácticas. Esto ha sido motivado al auge de tener cámaras embebidas en numerosos sistemas como móviles o drones, desarrollándose aplicaciones que se basan sobre todo en aspectos de detección facial. Una de las principales aplicaciones prácticas donde más se utiliza el reconocimiento facial, son en sistemas de seguridad por vídeo vigilancia, esto conlleva a la problemática de necesitar una viabilidad de análisis en tiempo real, sumando normalmente a estos sistemas limitaciones propias, como son volumen de datos o calidad de imagen, otras limitaciones impuestas provenientes de los protocolos utilizados en aplicaciones web, como el tipo de formato en envío de datos a través de la red

Si bien es cierto que existe múltiples aplicaciones y tecnologías de reconocimiento facial, vía web no existen tantas y las más famosas son las desarrolladas por plataformas cloud, como Amazon Rekognition de AWS [\[1\]](#) que no suelen ofrecer la posibilidad de usar una base de datos propia. Por ello el objetivo de este Trabajo Fin de Grado será el de comprender, analizar y comparar diversas tecnologías para realizar detección y reconocimiento facial, mostrando una aplicación web para la identificación remota de personas, como resultado de la viabilidad de estos servicios.

1.2 Abstract

Facial recognition is a broad field of study due to its many practical applications. This spread is also motivated because of the existence of cameras into a lot of systems like mobile phone or drones. This has allowed the development of many applications built upon object recognition and face detection algorithms. One of the main practical applications where facial recognition is most commonly used is in video surveillance security systems. This leads to the problem of needing the feasibility of real-time analysis, normally adding to these systems their own limitations, such as volume of data or image quality, other limitations imposed by the protocols used in web applications, such as the type of format in which data is sent over the network

Although it is true that there are many applications and technologies for facial recognition, there are not many on the web, and the most famous are those developed by cloud platforms such as AWS's Amazon Rekognition [\[1\]](#), which do not usually offer the possibility of using a database of their own. Therefore, the objective of this degree thesis is to understand, analyze and compare various technologies for performing facial detection

and recognition. Moreover a web application for remote identification of people has been developed and tested, as a result of the viability study made of different applications,

2 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este capítulo se introducen los antecedentes, contexto de desarrollo de este Trabajo Fin de Grado y su justificación, complementando con la estructura del presente documento y detallando los contenidos de cada capítulo.

2.1 Antecedentes

Aunque este término de reconocimiento facial pueda parecer completamente nuevo, existe desde 1960 donde Woodrow Wilsow Bledsoe desarrolló, aunque de una manera muy precaria, una herramienta donde se tenía una base de datos con registros de ciertos puntos de la cara, como se muestra en la figura 1. Al introducir los registros de una nueva cara esta nos ofrecía el resultado más aproximado [2], aunque este método sea algo precario fue la base para crear nuevos sistemas de reconocimiento facial cada vez más automatizados.

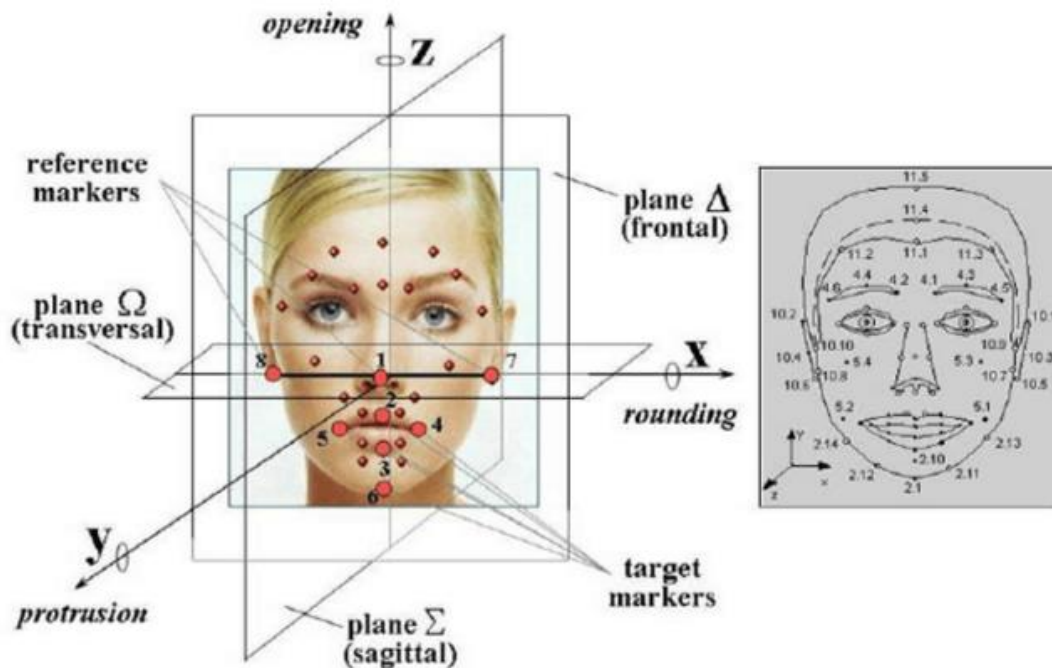


Figura 1: Muestra de puntos de referencia faciales.

No obstante no se puede hablar de reconocimiento facial sin detección facial, esta tecnología se empezó a desarrollar la década de los años 1980 a través del proyecto EIGENFACES realizado por Sirovich y Kirby y ampliado por Matthew A. Turk y Alex P. Pentland [3], donde se empezó a detectar caras dentro de imágenes, propiciando de esta manera un proceso de aprendizaje automático en detección de caras y obtener de estas, las referencias faciales automáticamente, agilizando el proceso de crear bases de datos, a un mecanismo casi automático.

Aunque el verdadero auge del reconocimiento facial se ha debido gracias al avance y mejora de la tecnología, ya que los proyectos predecesores impusieron su concepto como base, el cual no ha cambiado demasiado actualmente. La mejora y el abaratamiento de esta, ha favorecido a la creación de nuevas tecnologías aún más potentes para realizar los procesos de detección y reconocimiento facial, donde hoy por hoy tenemos tecnologías que realizan la función de detección facial, etiquetado de puntos de referencia y reconocimiento, a través de técnicas de inteligencia artificial, como por ejemplo las apoyadas en redes neuronales, las cuales crean un proceso de trabajo totalmente automatizado.

Pero no fue hasta la década de los años 2010, que se empezaron a mejorar los estudios y resultados en el desarrollo de redes neuronales tipo CNN utilizadas para el reconocimiento de imágenes, siendo la red neuronal AlexNet, una red de aprendizaje automático utilizada para ganar el concurso ImageNet¹ [4]. Consiguiendo disminuir el error en este tipo de problemas ampliamente con respecto al año anterior, al utilizar una red de ocho capas de profundidad, además de utilizar técnicas de paralelización de procesamiento mediante GPU, consiguiendo implantar la base para años posteriores, las cuales acabaron reduciendo el error por debajo del umbral humano, con redes cada vez más profundas como se muestra en la figura 2.

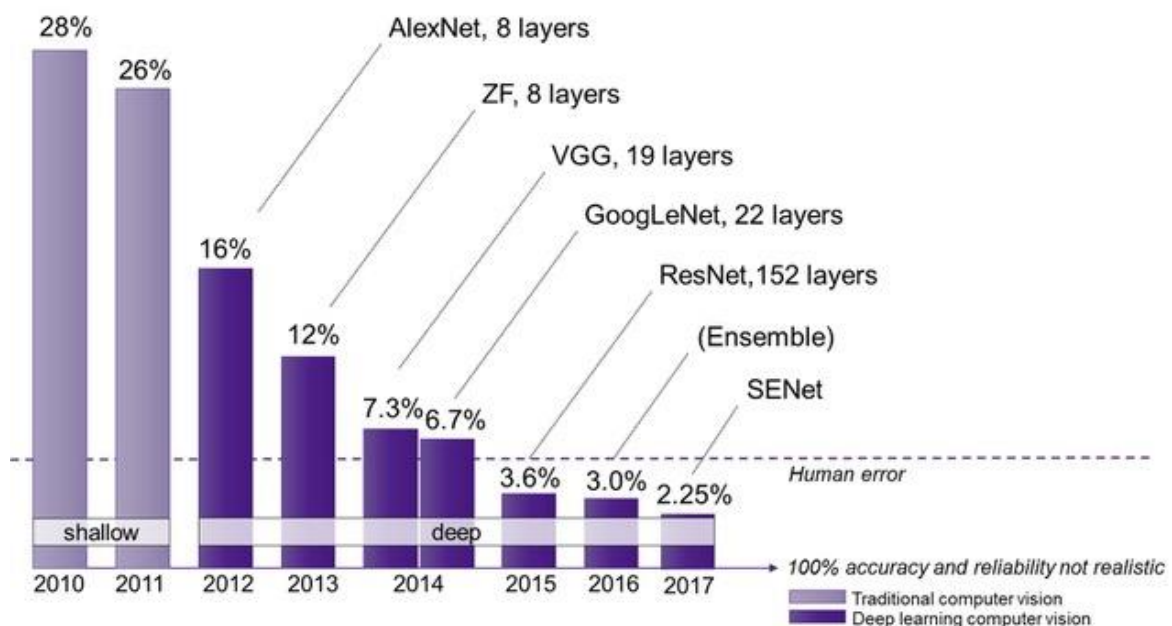


Figura 2: Evolución de redes utilizadas en el concurso ImageNet.

Estos sistemas han evolucionado tanto, que incluso a día de hoy, podemos desbloquear nuestros Smartphone u otros sistemas a través del rostro o sistemas con

¹ Concurso desarrollado por algunas de las compañías más exitosas de tecnología, como Amazon, Google o universidades como la de Stanford, buscan a través de desafíos, encontrar nuevo algoritmos de detección de objetos que disminuyan el error de detección y reconocimiento.

banco de datos inmensos para utilizar en aplicaciones de vídeo vigilancia en estadios, evitando el ingreso a estos por parte de hinchas violentos [5].

2.2 Contexto de desarrollo

A continuación se van a detallar las propuestas evaluadas en este proyecto con el objetivo de analizar la viabilidad de estas para ser desplegadas como un servicio web en tiempo real. Se detallan a continuación, el autor y tecnologías que emplea cada propuesta, las cuales se describen con más detalle en el capítulo 5.

- Aplicación 1, denominada propuesta MTCNN, es desarrollada por AISangam [6] apoyadas en las tecnologías, OpenCV, MTCNN, Tensorflow y Facenet.
- Aplicación 2, denominada propuesta Dlib, es desarrollada por Adrian Rosebrock [7] apoyadas en las tecnologías, OpenCV, Dlib, Face Recognition.
- Aplicación 3, denominada propuesta YOLO, es desarrollada por AzureWoods [8] apoyadas en las tecnologías OpenCV, YOLO, TensorFlow y Facenet.

Utilizando estas propuestas como base se han realizado una serie comparaciones y experimentos entre las diferentes tecnologías de cada una y así, obtener los resultados y conclusiones necesarias, para poder realizar este Trabajo Fin de Grado.

En particular, siguiendo la propuesta cuyas prestaciones la sitúan como la mejor opción, se ha desarrollado un servicio web descrito en el capítulo 6 y en los anexos del capítulo 9, mediante el uso de la misma como núcleo.

Todas estas propuestas siguen un proceso en fases, como se indica en la figura 3, las cuales se estudiarán y explicarán en el capítulo 5.

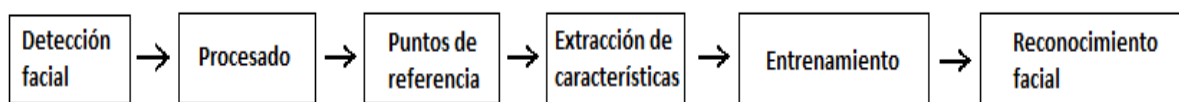


Figura 3: Fases de una aplicación de reconocimiento facial

2.3 Justificación

El uso de estas tecnologías está en auge, ya no solo para reconocimiento facial, si no para otros tipos de reconocimientos también, ya que el reconocimiento facial es solo una parte de estos sistemas, siendo la detección y reconocimientos de objetos su uso principal y otros ámbitos que normalmente persiguen que un sistema de inteligencia

artificial pueda modelar o mapear el entorno en el que se encuentra para realizar la toma de decisiones inteligentes, como se produce con los coches autónomos. Por eso conocer estas técnicas es importante, para conocer los procesos actuales, aunque solo sea uno de los componentes de un sistema más complejo.

Además, una vez conocidos los procesos de detección de objetos, se pueden crear otros sistemas, creando aplicaciones que pueden tener ámbitos totalmente diferentes al reconocimiento, como pueden ser sistemas de contabilidad del número de individuos en manadas a través de reconocimiento de patrones, como utiliza actualmente el sistema Wilde Me de AI for Earth desarrollado por Microsoft [\[9\]](#), dando lugar a un sinfín de posibilidades. Por lo que podemos constituir que este campo además, cuenta con una gran cantidad de interés tanto por pequeños usuarios como por grandes empresas, ya que su desarrollo en diversas aplicaciones tienen una infinidad de soluciones posibles, que abarcan tanto sectores tecnológicos, como robótica y domótica, como sectores no tecnológicos, como la biología o turismo.

2.4 Estructura del documento

A continuación se presenta el estructurado del documento presentado en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 1. Resumen:** Se introduce de una manera breve los objetivos de este Trabajo Fin de Grado.
- **Capítulo 2. Introducción:** Se introduce el contexto en que se desarrolla el Trabajo Fin de Grado, así como sus antecedentes y justificación.
- **Capítulo 3. Objetivos:** Se indican los criterios a analizar, comparar y lograr en el presente proyecto.
- **Capítulo 4. Características sobre redes neuronales:** Se introducen conceptos y aclaraciones sobre redes neuronales con el objetivo de ayudar a la comprensión del presente documento.
- **Capítulo 5. Materiales y métodos:** Tecnologías y métodos utilizados durante el desarrollo del Trabajo Fin de Grado, además se exponen los resultados de éstas.
- **Capítulo 6. Sistema de reconocimiento facial:** Desarrolló de la aplicación web creada para cumplir el objetivo de identificación remota.
- **Capítulo 7. Resultados y conclusiones:** Se introducen los resultados, conclusiones obtenidas y líneas futuras a desarrollar.

- **Capítulo 8. Referencias bibliográficas:** Introduce las referencias a estudios, artículos y recursos online, consultados para el desarrollo del presente documento.
- **Capítulo 9. Anexos:** Se introducen resultados obtenidos a través de las pruebas realizadas con las distintas propuestas, manuales y documentación de la aplicación web.

3 OBJETIVOS

En este Trabajo Fin de Grado de tipo, trabajo experimental, tratará de analizar las capacidades de diversas tecnologías de detección y reconocimiento facial, analizando de estas las siguientes prestaciones:

- Detección facial.
- Tiempos de entrenamientos y procesado.
- Resultados en reconocimiento facial.

Además de estos aspectos también se realizarán las pruebas con diversas bases de datos de imágenes para intentar conseguir el ratio más óptimo de imágenes por persona. Estas bases de datos están realizadas para cumplir los aspectos de distancia, luminosidad y lateralidad².

Obtenida la propuesta que ofrezca mejores prestaciones se procederá a desarrollar una aplicación web que permita:

- Realizar entrenamientos.
- Añadir o borrar una persona.
- Realizar tareas de detección y reconocimiento facial.

Estas tareas deben cumplir el paradigma de un modelo cliente/servidor, siendo los entrenamientos realizados en el servidor a través de la base de datos de imágenes alojadas en él. La tarea de reconocimiento facial y análisis en imagen o vídeo para la identificación remota de personas se realiza en el servidor, siendo el cliente el que envía los datos de imagen o vídeo y el que recibe la información sobre la identificación por parte del servidor.

Además, para comprobar la viabilidad del proyecto en un posible caso más realista, se ha realizado una prueba, con fotos de personas obtenidas a través de cámaras de baja resolución.

² Con lateralidad nos referimos a que la persona se encuentre en un cierto grado de perfil, de esta manera conseguimos que no todas las muestras sean con una cara vista desde el frente.

4 CARACTERÍSTICAS SOBRE REDES NEURONALES

En este capítulo se presentan ciertas características de las redes neuronales tipo CNN y algunas discusiones previas a modo de aclaración, previos a metodología y resultados realizados sobre aprendizaje profundo.

4.1 Discusión sobre datos y procesos previamente entrenados.

Uno de los paradigmas cuando se trabaja con redes neuronales e inteligencia artificial, es el volumen de datos necesario con el que se suele trabajar. Normalmente el volumen de datos debe ser lo más amplio posible para abarcar la mayoría de posibilidades, por este motivo se suelen usar dataset ya generados como el LFW Face Database [10]. Además, existen redes ya entrenadas para tareas específicas utilizando estos dataset, evitando el crear redes neuronales desde cero y poder utilizar las ya existentes como Inception ResNet [11]. Esto proporciona ciertas ventajas, como agilizar los tiempos de entrenamiento del modelo antes los nuevos datos de entrada o variables y disminuir el tamaño de almacenamiento asociado a los bancos de pruebas. Además, con estos tipos de redes se obtiene una abstracción matemática, ya que estas redes han sido previamente ajustadas gracias al uso de estos dataset ya existentes.

4.2 Detección facial, puntos de referencia faciales y mediciones.

La detección de puntos de referencia faciales tan solo es un problema de predicción de formas dada una imagen, por lo tanto, esto es un proceso de dos pasos, detección facial y detección de los puntos de referencia.

La detección facial consiste en un problema de clasificación de objetos, cuyo objetivo es el de la localización de rostros de personas dentro de una imagen. Existen múltiples maneras de poder realizar la detección facial, como las técnicas HOG, técnicas basadas en redes CNN o diferentes algoritmos. Un pequeño estudio recogido en [12] realiza una comparación entre algunas de estas técnicas que se resumen en una comparación entre falso positivos en la detección, los FPS a los que puede trabajar y su porcentaje de acierto, siendo MTCNN y Dlib dos técnicas que se utilizan en el presente documento, se extrae información sobre su parecida tasa de FPS y superior porcentaje en falsos positivos de Dlib frente MTCNN, algunas de estas comparaciones se pueden ver brevemente en el siguiente [vídeo](#) de comparativa. En particular las técnicas usadas en este trabajo están descritas en las secciones 5.3.3.1 a 5.3.3.3.

En relación a la detección de puntos de referencia, usada para obtener las características que permitirán hacer posible la identificación de un rostro una vez detectado, la mayoría de estas tecnologías suelen utilizar distancias y referencias de boca,

ojos, cejas, nariz y mandíbula como principales regiones faciales. Estos puntos aportan robustez frente a problemas de iluminación, tamaño o calidad de imagen. Así por ejemplo, el uso del color de piel, ojos u otras características que a priori para una persona son las más relevantes para la identificación y reconocimiento facial, no son tan robustas para un sistema de procesado que no atiende a la imagen como un todo, sino mediante el procesamiento de píxeles, cuyo valor es más sensible a diferencias en la toma de las imágenes

Así un enfoque más preciso para tomar las mediciones consiste en dejar al propio sistema de identificación realizar un aprendizaje profundo y determinar qué partes de la cara son las más importantes para medir y cuáles son las que pueden ofrecer un modelo más robusto [13]. Así por ejemplo el uso de redes neuronales convolucionales CNN permite que a partir de imágenes hacer una extracción de características que sea robusta frente a rotaciones, traslaciones, y deformaciones de escalado, mediante la extracción automática de características faciales.

4.3 Como funciona una red neuronal tipo CNN

A lo largo del presente proyecto, se han usado redes neuronales, para realizar tanto los entrenamientos como la detección facial. Estas redes neuronales son del tipo CNN y se describen a continuación.

La información de entrada para estas redes, es obtenida tras procesar las imágenes, qué en un principio son tratadas como un conjunto de píxeles con varios valores. Así como se muestra en la figura 4, si se separan los canales RGB de los píxeles, hacen por ejemplo, que para una imagen de 64x64 píxeles, se tengan 4096*3 (RGB) valores como mínimo. El procesado por parte de la red neuronal de toda esta información puede no ser manejable, ni necesario, así que una de las transformaciones iniciales es la de eliminar la escala de color RGB y trabajar con imágenes en escala de grises. A partir de aquí se sigue reduciendo la dimensión de los datos de entrada mediante técnicas de convolución y agrupaciones para regiones de interés.

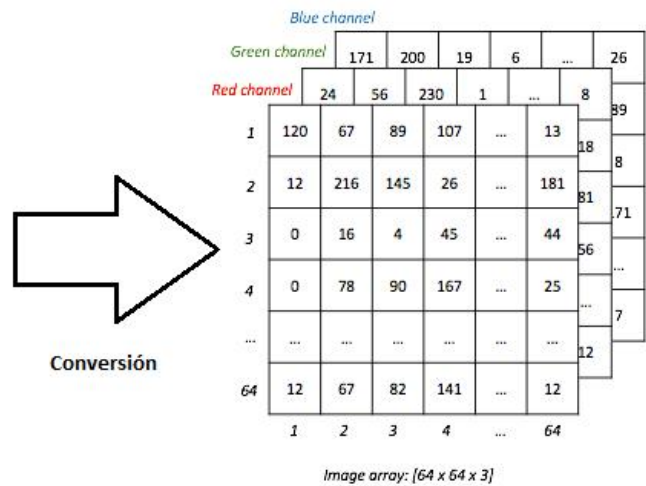


Figura 4: Imagen convertida a sus valores numéricos.

En las técnicas de convolución, se aplica un filtro que ira recorriendo la imagen creando una nueva imagen. Al hacer esto se crea por cada filtro, una nueva imagen con valores distintos. Este proceso aunque añade complejidad, es necesario ya que cada filtro puede estar diseñado para una tarea en específico, como puede ser encontrar referencias faciales como ojos, labios, nariz o incluso hallar los contornos faciales dentro de una imagen, como se muestra en la figura 5. El uso de estos filtros ayuda a las redes neuronales encontrar más fácilmente las regiones de interés deseadas.

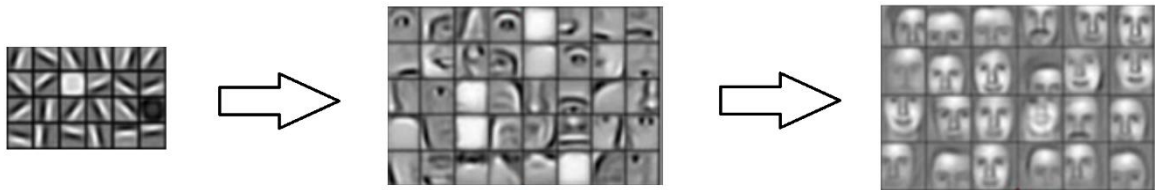


Figura 5: Imágenes tras utilizar los filtros convolucionales

Una vez aplicada la convolución, las técnicas de agrupación son necesarias para reducir la complejidad del sistema, ya que realizan un proceso de reducción de imagen a través de técnicas como, la selección de valores máximos o valores medios de una capa de partida, pasando a capas más reducidas, como se muestra en la siguiente figura 6.

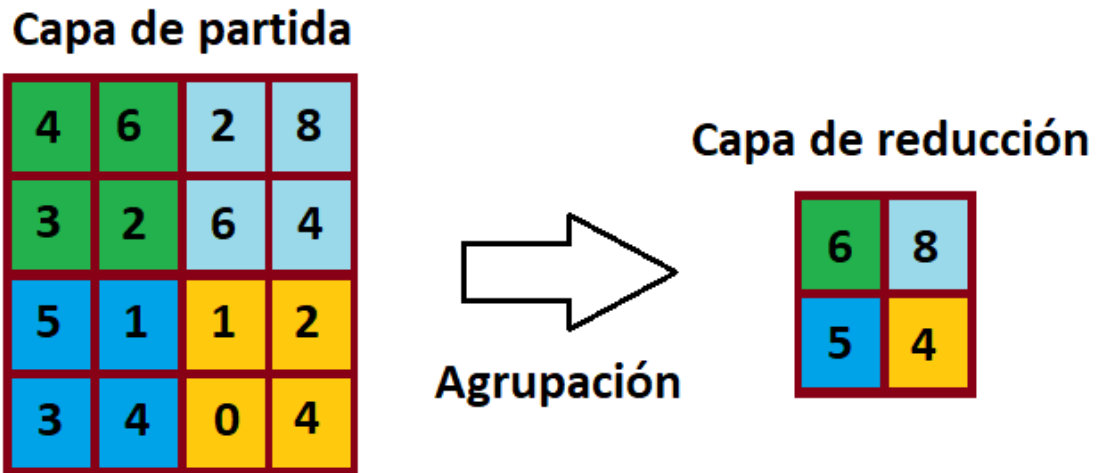


Figura 6: Agrupación por técnica de máximos

Al usar estas dos técnicas en conjunto tenemos una red neuronal de tipo CNN, como la que se muestra en la figura 7, la cual tan solo es un ejemplo de un proceso de clasificación objetos, siendo la identificación facial un subconjunto de este tipo de procesos.

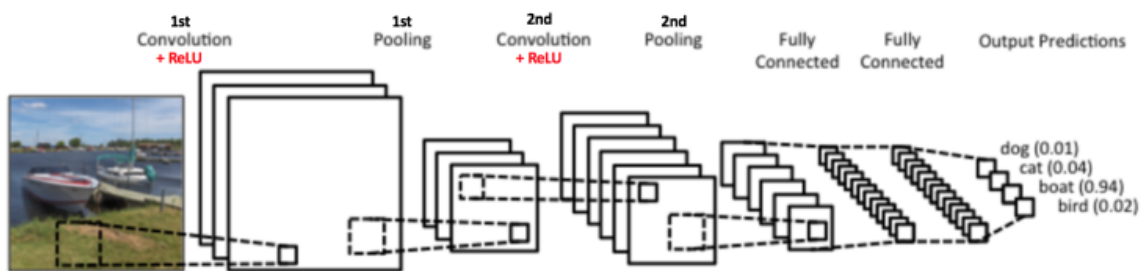


Figura 7: Concatenación de procesos de una red neural CNN de clasificación.

El uso de redes neuronales CNN es tan efectivo en este tipo de problemas gracias al uso de análisis matricial a través de los filtros convolucionales, con estos se pueden encontrar patrones, que debido a metodología de trabajo en cascada de estas redes se tiene en cuenta la estructura espacial de la imagen en cada capa, como se muestra en la figura 8 con un ejemplo de arquitectura de red neuronal para reconocimiento facial. Si solo se utilizaran técnicas de aprendizaje automático básicas u otro tipo de redes neuronales multicapas, se perdería esta densidad de estructura, analizando las imágenes como un simple vector de valores perdiendo la posibilidad de encontrar patrones en la imagen.

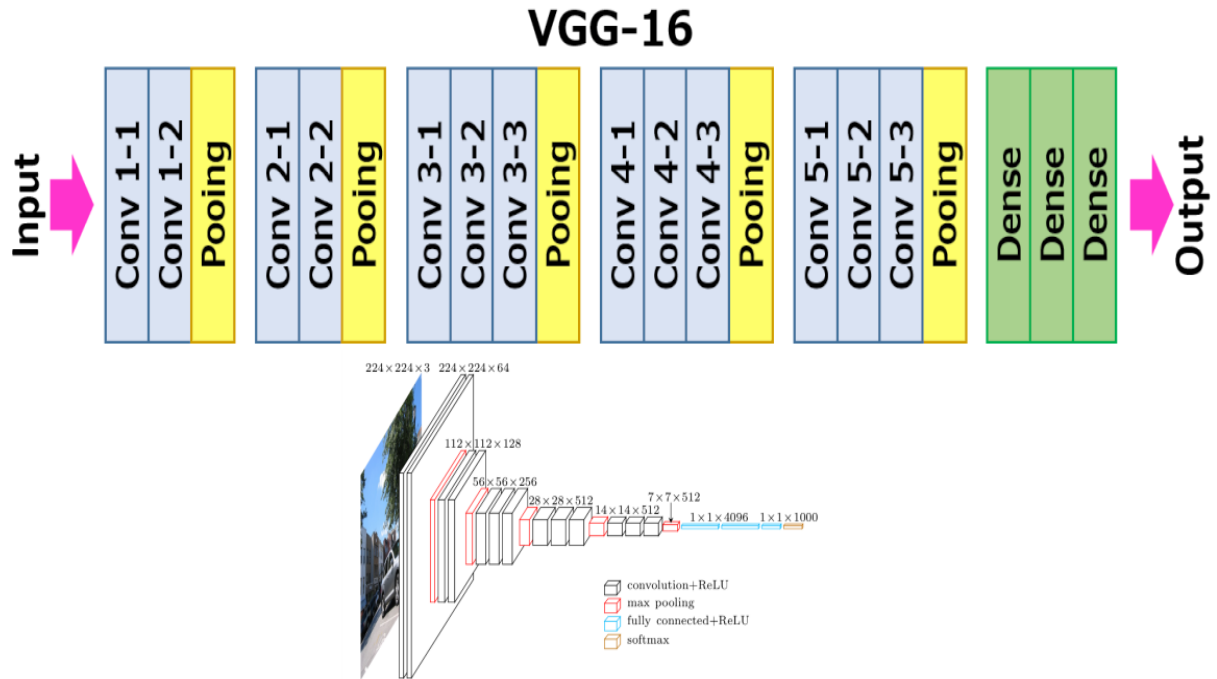


Figura 8: Arquitectura CNN de una red VGG-16

4.4 Identificación basada en SVC

Una vez realizado el entrenamiento de la red neuronal y extraídas las características faciales, se realiza la identificación mediante la aplicación de clasificadores apoyados en modelos SVM.

Estos modelos funcionan separando en regiones los grupos a clasificar, mediante ecuaciones matemáticas generadas por el propio modelo, de esta manera los diferentes subgrupos internos del modelo quedan separados, como se muestra en la siguiente figura³ 9 con modelos SVC [14]. Aunque los modelos SVM no estén pensados para trabajar como clasificadores, sino en separar las distintas regiones, la misma idea de estos de separar las diferentes regiones se aplica en modelos SVC que ya si clasifican la entrada de un nuevo valor con una salida del modelo. Este tipo de modelos se ha simplificado tanto que incluso pudiendo seleccionar un kernel⁴ que nos podrían dar un posible mejor resultado, como son los polinómicos, se han utilizado lineales para simplificar el proceso de cálculo y obtener cuanto antes el nombre de la nueva persona detectada.

³ Los modelos mostrados en la figura no corresponden a los modelos propios de este proyecto.

⁴ Para un SVC el kernel consiste en un valor dado para crear su modelo a raíz de este, ya sea, lineal, polinómico, rbf...

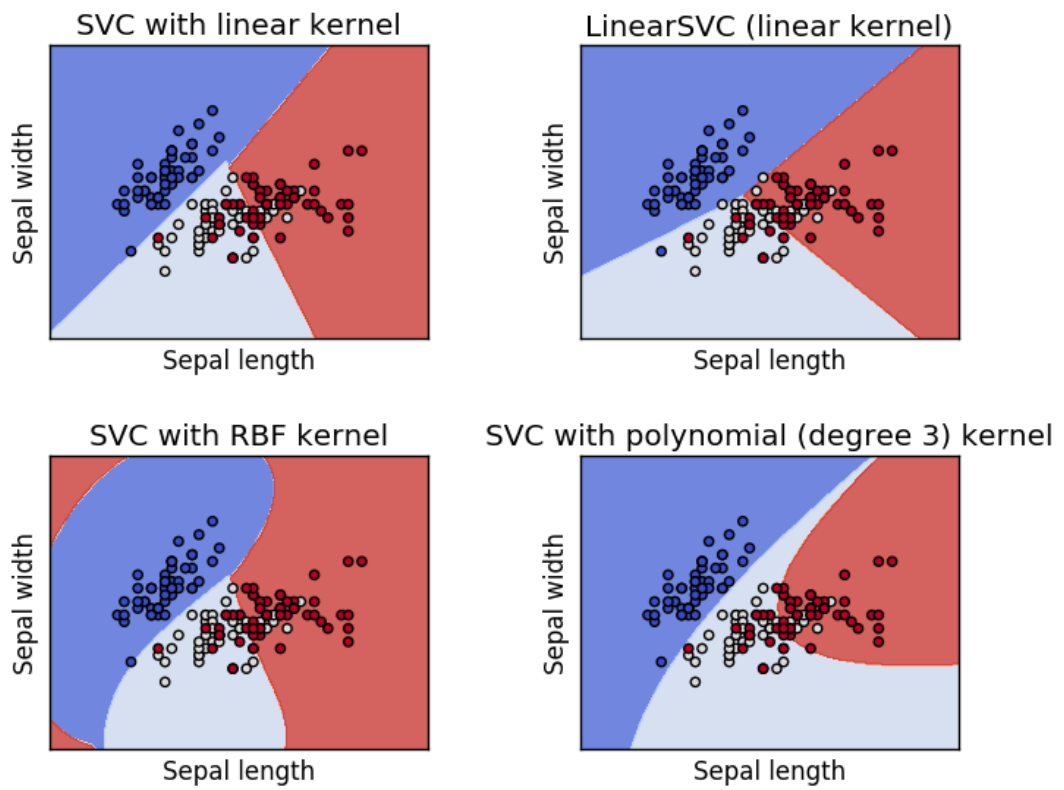


Figura 9: Diferentes modelos SVC según su kernel.

En un sistema de reconocimiento facial, estos modelos reciben las mediciones faciales que han generado las redes neuronales para su posterior clasificación dentro del modelo e indicar a que región pertenece este.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se detallarán las tecnologías y métodos utilizados para la realización del proyecto además del material utilizado para este.

5.1 Tecnologías utilizadas

A continuación se explicarán algunas de las tecnologías utilizadas en el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado y cómo funcionan dentro del ámbito de este.

5.1.1 *Python*

Este lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos, ofrece versatilidad multiplataforma y una fácil comprensión debido a su filosofía de legibilidad de código. Estos motivos hacen que sea el lenguaje más utilizado para realizar procesos de aprendizaje profundo y trabajo con grandes volúmenes de datos actualmente, ya que para este lenguaje de programación no son necesarios grandes conocimientos en programación, donde se ahorran problemas como la declaración de variables [15].

Debido a estos motivos fue desde el primer momento el lenguaje de programación sustancial para la realización de este proyecto ante otros posibles lenguajes de programación también disponibles.

5.1.2 *Django*

Framework desarrollado en Python, este es utilizado para crear aplicaciones web respetando un patrón MVC creando una interacción entre cliente y servidor a través de las vistas y manejadas por el controlador y modelos. Además, este framework tiene una gran ventaja con respecto al uso de base de datos, ya que crea una interna, evitando usar conectores o sentencias SQL para el manejo de estas. En este Trabajo Fin de Grado será el framework principal de la aplicación web de muestra realizando todas las tareas de cliente y servidor [16].

5.1.3 *TensorFlow*

Librería creada para Python y la cual se ha ampliado para trabajar actualmente con JavaScript, ha sido creada por Google. Utilizada para desarrollar tareas de aprendizaje automático, cumpliendo la necesidad de construir y entrenar redes neuronales. Además, ofrece una versatilidad para poder trabajar tanto con CPU como con GPU aunque para la realización de este proyecto solo se trabaja con el uso de la CPU [17].

5.1.4 *Open Computer Vision (OpenCV)*

Esta librería para el desarrollo de visión artificial constituida en un principio para el lenguaje de programación C y C++, pero esta incluye varios conectores que le permite trabajar en otros lenguajes como Java o Python. OpenCV es de las tecnologías más usadas para la detección y reconocimiento de objetos, en este caso para rostros, además esta

librería es la utilizada para el acceso de cámaras, imágenes y vídeos dentro de las diversas propuestas definidas para el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado [18].

5.1.5 *You Only Look Once (YOLO)*

Es un algoritmo desarrollado para la detección de objetos en tiempo real a través de redes neuronales tipo Fast R-CNN, localizando dentro de las imágenes regiones de interés con objetos a reconocer, con este método se consigue una mejora en los tiempos de procesado y análisis, en la búsqueda de los objetos deseados por imagen [19].

5.1.6 *Dlib*

Dlib hace referencia a un conjunto de herramientas desarrolladas para el lenguaje de programación C++. Estas se han portado para poder ser utilizadas en Python, generando una herramienta para resolver problemas de detección facial a través de algoritmos y aprendizaje profundo [20].

5.1.7 *FaceNet*

Herramienta desarrollada en Python y creada por David Sandberg. Está diseñada para trabajar con redes neuronales en el proceso de crear modelos de reconocimiento facial, trabajando sobre TensorFlow [21].

5.1.8 *Face Recognition*

Adam Geitgey desarrolló esta librería en Python para que trabaje junto con Dlib. Es utilizada para realizar el proceso de crear un modelo de reconocimiento facial a través de una red neuronal [22].

5.1.9 *MTCNN Multi-Task Cascade Convolutional Neuronal Networks*

Conjunto de herramientas utilizadas para resolver problemas de detección facial a través de varias redes neuronales CNN concatenadas. Fue primeramente realizada para ser utilizada bajo Matlab, pero posteriormente se han creado métodos para ser utilizada en Python a través de FaceNet [23].

5.1.10 *Scikit-learn*

API creada para Python, está desarrollada para realizar procesos de aprendizaje automático, sobre todo problemas de clasificación y regresión lineal. Al incluir varios algoritmos de aprendizaje automático facilita la abstracción matemática [14].

5.1.11 *Numpy*

Librería de Python constituida por un conjunto de funciones matemáticas para facilitar sobre todo el trabajo en varias dimensiones como arrays, vectores, matrices y tensores [24].

5.1.12 Scipy

Scipy es una librería para Python, compuesta de varias herramientas y algoritmos matemáticos para la optimización del procesado con imágenes, convirtiendo estas en su valor numérico [25].

5.2 Material utilizado

En el proceso de realización de este Trabajo Fin de Grado se han utilizado los siguientes materiales para la realización de pruebas.

Ordenador de sobremesa con las siguientes características:

- Procesador: AMD Ryzen 7 2700 a 3.8 GHz
- RAM: 16GB DDR4 a 3200 GHz
- Almacenamiento: SSD Corsair force MP510 de 480GB

Ordenador portátil

- Procesador: Intel i7 6700
- RAM: 8GB DDR3 a 2400 GHz
- Almacenamiento: SSD Crucial MX500 de 500GB

Servidor AWS

- Para el servidor accesible desde la red se utiliza una maquina EC2 de AWS con un único VCPU como procesador.

5.3 Proceso de desarrollo y evaluación de las técnicas de identificación

A continuación, se describe el proceso que se ha utilizado para el reconocimiento facial, a través de los diferentes pasos seguidos. Estos pasos contemplan la obtención de bancos de pruebas, el procesado y normalización de las imágenes, obtención de las características de referencia a través de la detección facial, el entrenamiento y finalmente el reconocimiento facial. En el caso del proceso de análisis de características y entrenamiento se han analizado tres diferentes propuestas con el objetivo de determinar la mejor opción según objetivos marcados en el capítulo 3 para su posterior integración en una aplicación web detallada en el capítulo 6.

5.3.1 Obtención de bancos de pruebas.

La obtención de datos para los diferentes bancos de pruebas se ha realizado mediante búsquedas en internet inicialmente y atendiendo a criterios como, el tamaño de la cara, la luminosidad y lateralidad de la cara. Además, estas imágenes se obtendrán del mismo contexto filmográfico o edad, ya que no se tienen las mismas características faciales con 20 años que con 70 años.

Para este proceso se hizo una selección de personas dentro del ámbito cinematográfico ya que era el ámbito donde más fácil se puede realizar la obtención de datos de una manera manual, la lista de selección que describe a los personajes elegidos y que conforma los diferentes bancos de pruebas de la base de datos, se encuentra dentro de la sección 9.1.1.

Una vez realizada la selección se procede a obtener veinte imágenes por persona para intentar realizar el entrenamiento de la manera más completa posible sin sobrecargar el sistema de almacenamiento, ya que la mayoría de las imágenes suelen ser de una alta calidad, aunque posteriormente para mejorar este problema se procede a realizar un procesamiento de estos datos.

La obtención de estas imágenes deben seguir los criterios anteriormente expresados por lo que se mostrara una batería de imágenes, como muestra para su mejor comprensión de los diferentes niveles en los criterios.

En el criterio de tamaño se tienen tres diferentes niveles desde un mayor tamaño de cara o cercanía a un tamaño de cara menor o lejanía, como se detalla en la tabla 1. Aunque ciertamente el criterio de tamaño no corresponde al tamaño de la imagen en sí, sino a la proporción de la cara en píxeles. Al utilizar este método en las imágenes de mayor tamaño será mucho más fácil obtener características y mediciones más exactas, mientras que imágenes de menor tamaño será más difícil de obtener estas características.

Tabla 1: Muestra de diferentes criterios de tamaño

Criterio	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3
Imagen			
Tamaño	825x955 píxeles	512x626 píxeles	224x256 píxeles

Otro aspecto a tener en cuenta ha sido la luminosidad de la imagen, dado que en entornos reales esta puede ser muy distinta en función de si hay o no luz natural o artificial y el momento del día. En concreto se han seleccionado tres niveles, como se indica en la figura 10, dados por:

- Grado 1: Luz directa intentando conseguir que no se provoque ninguna sombra en el rostro.
- Grado 2: Luz lateral, el rostro contiene alguna sombra parcial.
- Grado 3: Penumbra, el rostro se debe encontrar con una iluminación muy pobre.



Figura 10: Muestra de diferentes criterios de luminosidad de grado 1 a 3.

En el criterio de lateralidad se busca que la persona no siempre este en la misma postura facial o pose, si no que se encuentre en diferentes perfiles para poder conformar un rango mayor de posibilidades, como se muestra en la figura 11.



Figura 11: Muestra de diferentes criterios de lateralidad

Atendiendo a los tres criterios descritos se crea una base de imágenes como se describe en la Tabla 2, que cuente con dos imágenes con distinta lateralidad y tres posibles niveles de luminosidad y tamaño de cara. Se han seleccionado por lo tanto, 18 imágenes por persona.

Tabla 2: Posibilidades según criterios escogidos

Tamaño/Luminosidad	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3
Luminosidad 1	Lateralidad 1 y 2	Lateralidad 1 y 2	Lateralidad 1 y 2
Luminosidad 2	Lateralidad 1 y 2	Lateralidad 1 y 2	Lateralidad 1 y 2
Luminosidad 3	Lateralidad 1 y 2	Lateralidad 1 y 2	Lateralidad 1 y 2

A estas 18 imágenes se les han añadido otras 2 sin un criterio específico para dotar de mayor generalidad a los datos usados para el entrenamiento, dado que en condiciones donde las imágenes sean capturadas en un determinado entorno, y no cogidas de imágenes previamente seleccionadas, será la situación más común la no existencia de un criterio siempre constante.

Una vez obtenidas las imágenes para cada uno de los personajes, se crean cuatro nuevos bancos de pruebas seleccionando un número distinto de imágenes para analizar la capacidad de detección del sistema en función de la diversidad de imágenes usadas en el entrenamiento. En particular, los bancos contienen, 5, 10, 15 y 20 imágenes, siguiendo algunos de los criterios anteriormente mencionados, con el objetivo de analizar el número mínimo de imágenes que ya permitirían un buen entrenamiento de cara a la generalización de reconocimiento facial.

Con el objetivo de analizar el efecto del tamaño de la muestra usada no solo en cuanto al rendimiento en la capacidad de identificación, sino también en cuanto a tiempos necesarios para el entrenamiento, se analizaron los 12 bancos de imágenes distintas atendiendo al número de personas y al número de fotos usadas por cada persona. Como se muestra en la Tabla 3, se contemplaron bancos de 15, 10 y 25 personas y con la posibilidad de contar con 5, 10, 15 o 20 imágenes por persona.

Tabla 3: Muestras de bancos de pruebas

Personas	Imágenes	Imágenes	Imágenes	Imágenes
15	5	10	15	20
20	5	10	15	20
25	5	10	15	20

5.3.2 Procesado de los bancos de pruebas

Elaborado el proceso de la obtención de los datos, se realiza un pequeño proceso de limpieza de datos ya que ciertas imágenes incluyen varias personas, como se referencia en la figura 12, por lo que se realiza un proceso de recorte de imágenes para que solo salga la persona seleccionada, además para que el problema de almacenamiento sea aún

menor la imagen se recortará lo más próxima para solo obtener el rostro de la persona seleccionada, como se muestra en la figura 13.



Figura 12: Imagen original antes de ser procesada (reducida)



Figura 13: Imagen procesada

En el almacenamiento de los datos es importante que una vez obtenidas las imágenes deseadas que se vayan a utilizar para realizar los entrenamientos guardar estas dentro de una carpeta, con el nombre de la persona, de esta manera se crea la clase necesaria por persona para su posterior reconocimiento, como se detalla en la figura 14.

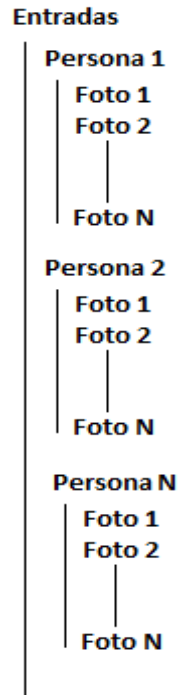


Figura 14: Orden de almacenamiento de los datos

5.3.3 Detección facial, centrado y normalizado del banco de pruebas

Desarrollado el proceso de limpieza de los datos y ajustes anteriormente descritos, se procede a trabajar con las diversas tecnologías utilizadas por las aplicaciones detalladas en la sección 2.2. Una parte del trabajo de estas tecnologías sirve para centrar y normalizar las caras de los diversos bancos de pruebas de manera automática a través de técnicas de detección facial. Este proceso es muy importante, motivado por tener diversos tamaños de caras cuando se recogen los puntos de referencia necesarios, ya que este problema crea mediciones demasiado diversas para manejar posteriormente en el reconocimiento facial, puesto que mediciones muy variables pueden inducir a obtener modelos sin ningún resultado viable, en las siguientes secciones, sección 5.3.3.1 a sección 5.3.3.3 se desarrollan una muestra de figuras, siendo estas figuras 15, 17, 18, 22, 23, 25, 26, una muestra del proceso para su mejor comprensión.



Figura 15: Imágenes originales antes de ser alineadas y normalizadas

5.3.3.1 Descripción y uso de la aplicación basada en MTCNN

Con el método MTCNN se utiliza un proceso de redes neuronales CNN en cascada para simplificar en mayor medida la problemática de detección facial dividiendo del proceso en varias partes consecutivas. En el proceso se utilizan las siguientes redes en cascada, la primera red, llamada Proposal Network (P-Net), la segunda red Refine Network (R-Net) y la última red Output Network (O-Net). Este tipo de redes ya se encuentran entrenadas para realizar su labor correctamente [26].

El proceso a seguir consta del siguiente desarrollo, que se referencia a través de la figura 16:

- El proceso de reducción de la imagen original consiste en ir reduciendo la imagen a un tamaño predefinido, con cada iteración se va creando una pirámide de imágenes, cada vez de menor tamaño, que se analiza para la detección de rasgos faciales.
- Aplicación de la primera red (P-Net). Esta red neuronal hace un trabajo rápido debido a que está poco entrenada. Está diseñada para detectar toda la posible información facial de la imagen, devolviendo a la siguiente red todas las posibles ventanas faciales candidatas encontradas.
- Aplicación de la segunda red (R-Net). Esta red es un poco más compleja y se encarga de rechazar todas las ventanas faciales candidatas recibidas de la red anterior que sean un falso positivo, devolviendo tras este método el menor número de ventanas candidatas posibles.
- Aplicación de la tercera red (O-Net). Esta red es la más potente, refina el trabajo realizado por las anteriores, consiguiendo una ventana facial que describa a la imagen introducida y generando los puntos faciales de

referencia, los cuales son, pupilas izquierda y derecha, nariz y comisuras de los labios izquierda y derecha.

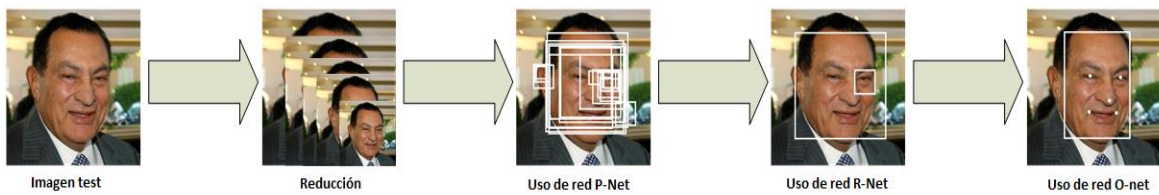


Figura 16: Procesado de una imagen utilizando MTCNN

Un ejemplo a este proceso utilizando las imágenes de la figura 15 como referencia y a través de este método de extracción de características, se obtiene la figura 17 como resultado.

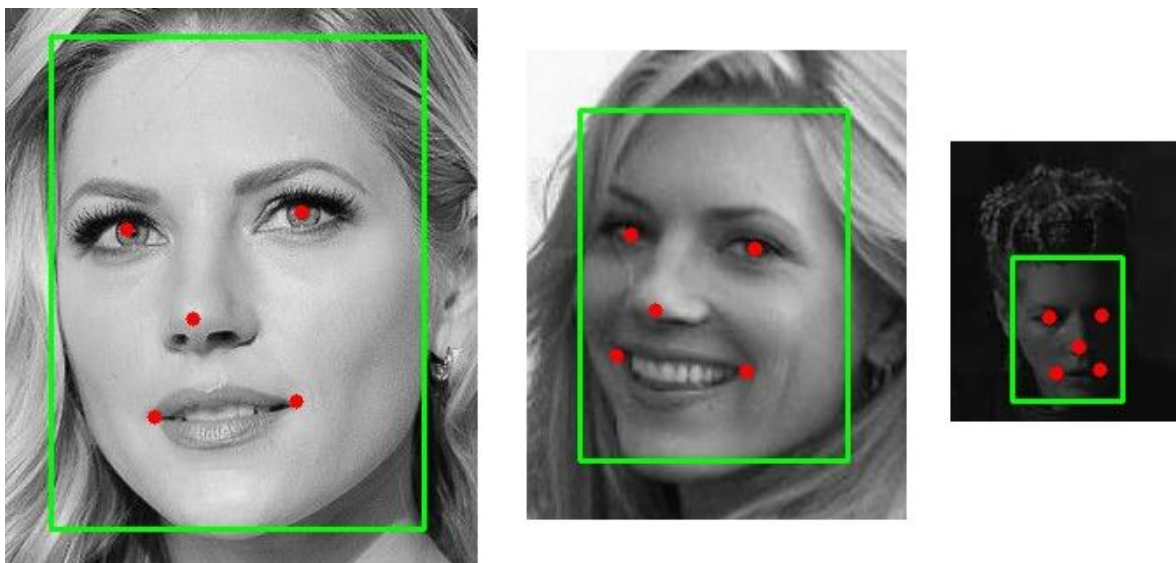


Figura 17: Muestra de imágenes con referencias faciales utilizando la propuesta MTCNN.

Como se observa, si solo se aplica el método MTCNN los puntos de referencia obtenidos en cada imagen tienen distancias muy dispares, por éste motivo hay que utilizar el método de centrado y normalizado, el cual consiste en obtener las ventanas faciales y reducirlas a un tamaño fijo de 182x182 píxeles, como se indica la siguiente figura 18, para posteriormente almacenarlas y poder realizar el entrenamiento con estas ya normalizadas.



Figura 18: Muestra de imágenes centradas y normalizadas utilizando la propuesta MTCNN.

5.3.3.2 Descripción de la aplicación basada en OpenCV y Dlib

OpenCV realiza un proceso de detección facial basado en clasificadores de cascada utilizando características Haar. Este proceso se basa en el método de detección de objetos desarrollado por Paul Viola y Michael Jones [27]. Este método que ofrece clasificadores pre entrenados con rostros de personas, consiste en ir escalando una imagen porcentualmente, creando una pirámide de imágenes de la misma, e ir detectando posible información facial para devolver la información encontrada en cada una de ellas, para ser posteriormente analizadas y elegir la ventana facial candidata, como se indica en la siguiente figura 19.

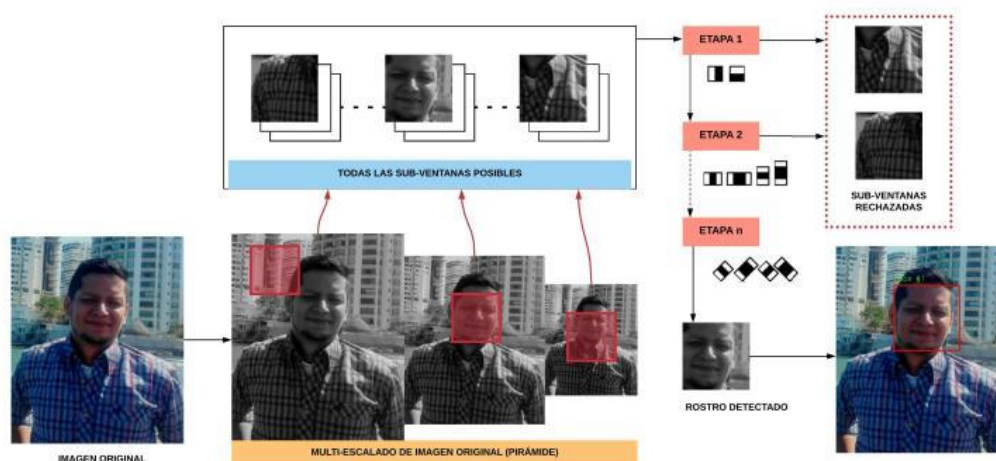


Figura 19: Proceso de detección facial con OpenCV

Este método es muy parecido al utilizado por MTCNN. Se diferencia en que el método de OpenCV trabaja sobre todas las imágenes generadas en la reducción y acotando una ventana facial definitiva con el sumatorio de todas las ventanas faciales cercanas que se solapan e indican que se detecta el rostro, mientras que MTCNN trabaja en cada red depurando el trabajo de las anteriores.

Una vez detectada la cara, con Dlib se localizan y marcan los puntos faciales de referencia, los cuales se componen de sesenta y ocho puntos conformados por cejas, ojos, nariz, labios y contorno de la cara como se indica en la siguiente figura 20.

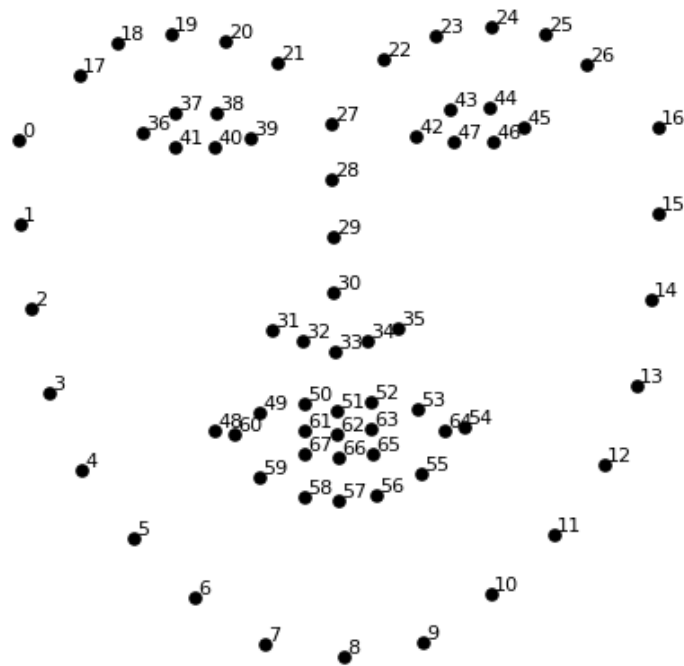


Figura 20: Representación de puntos faciales de referencia en Dlib

Este proceso es importante, ya que al localizar los rasgos faciales, podremos escalar y recortar la imagen, para centrarla y normalizarla lo mejor posible como se muestra en la figura 21 [28].

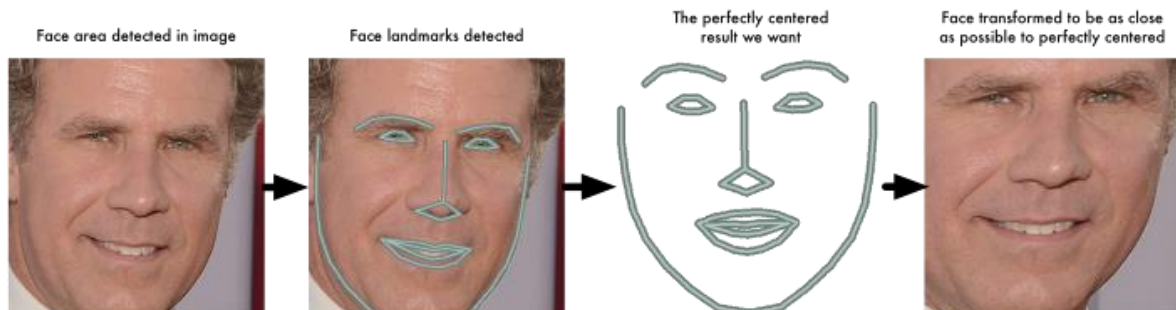


Figura 21: Centrado y normalizado a través de Dlib.

Para las imágenes de muestra detalladas en la figura 15, el resultado del procesado de obtención de características faciales con este método es el mostrado en la figura 22.

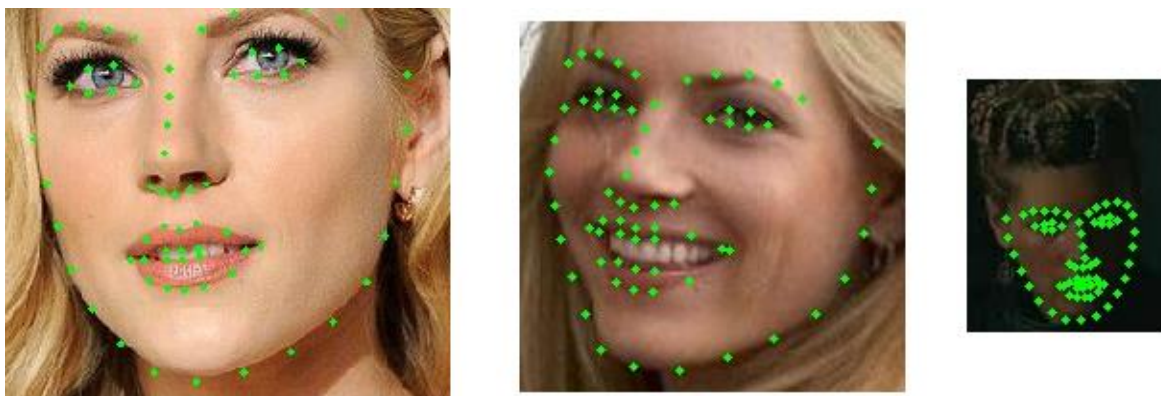


Figura 22: Muestra de imágenes con referencias faciales utilizando la Propuesta Dlib.

Aplicando el proceso de normalización y centrado se obtiene un conjunto de imágenes de 96x96 píxeles como se indica en la siguiente figura 23, las cuales son las utilizadas para realizar el entrenamiento con la segunda propuesta.



Figura 23: Muestra de imágenes centradas y normalizadas utilizando la propuesta Dlib.

5.3.3.3 Uso de YOLO

YOLO hace uso de Faster R-CNN, que no es más que una combinación de dos módulos de redes CNN. Esta se basa en el estudio realizado por R. Girshick, J Donahue, T. Darrell y J. Malik [29], pero con unas ligeras modificaciones. Primero se obtienen las regiones candidatas a través de una red CNN la cual debe ser suficientemente compleja para detectar la mayor cantidad posible de regiones candidatas de los objetos que se desean detectar, a esta región se le llama Region Proposal Network. Posteriormente estas propuestas se trasladan a una segunda región, que tan solo es un clasificador Fast R-CNN [30]. Esta red se encarga de obtener los vectores característicos de cada región, llamados ROI, para analizar las propuestas y clasificarlas. Para este caso solo se busca trabajar con detección facial, por lo que el proceso se simplifica al tener menor número de clasificadores. En la figura 24 se muestra el proceso a través de un ejemplo.

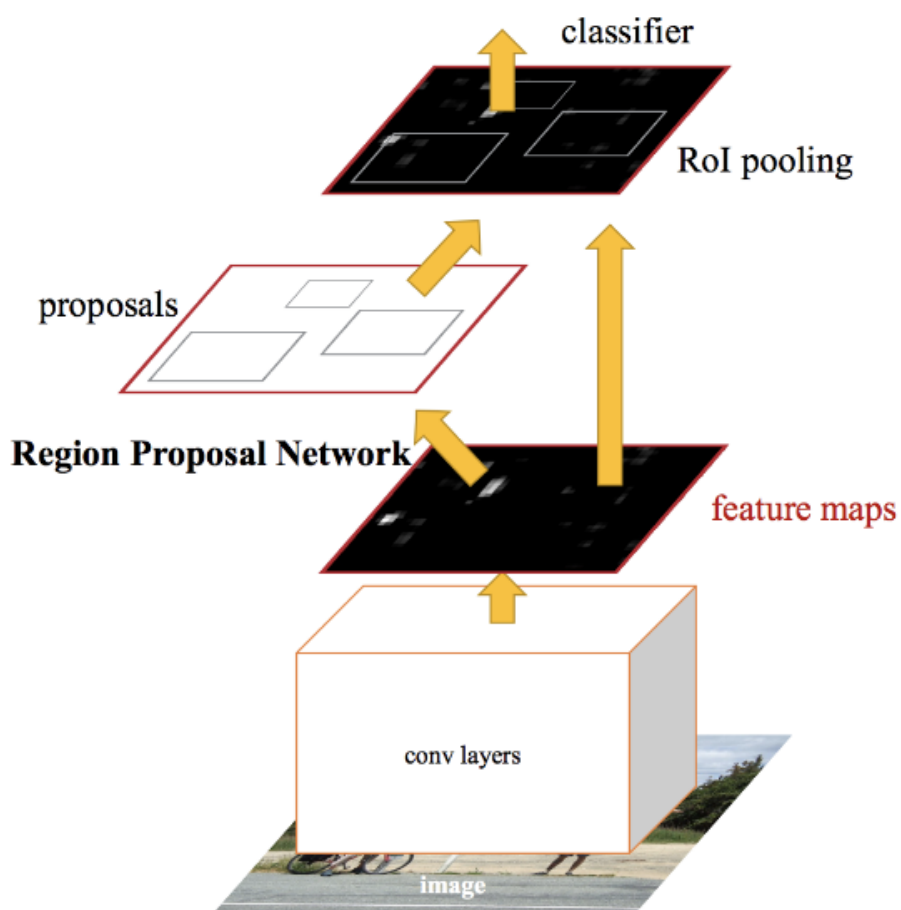


Figura 24: Ejemplo de una red Fast R-CNN

El problema de esta implementación es que si no detectamos una región clara de un objeto ésta nunca pasará al segundo módulo.

Utilizando este proceso las imágenes de muestra quedarían localizadas con los siguientes puntos faciales de referencia, como se muestra en la figura 25.

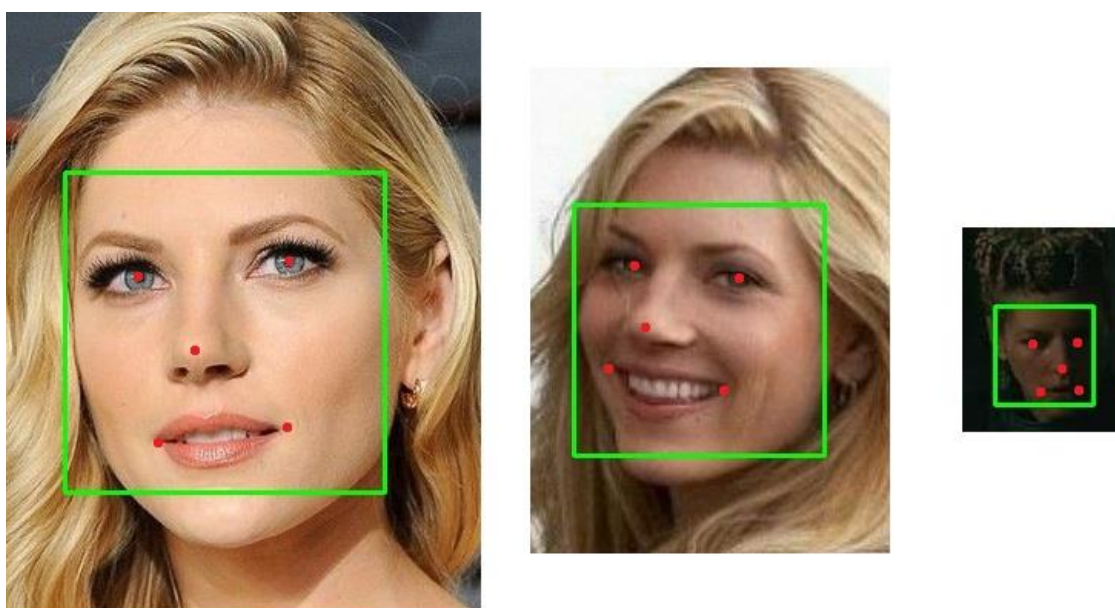


Figura 25: Muestra de imágenes con referencias faciales utilizando la propuesta YOLO.

Aplicando el proceso de normalización y centrado se obtiene un conjunto de imágenes de 160x160 píxeles, como se indica en la figura 26, las cuales son las utilizadas para realizar el entrenamiento con la propuesta 3.



Figura 26: Muestra de imágenes centradas y normalizadas utilizando la propuesta YOLO.

5.3.4 Realización de los entrenamientos

Realizado el centrado y normalizado de los datos se procede al paso de crear los modelos de entrenamiento.

Aunque se utilicen diferentes tecnologías ya sea FaceNet y Tensorflow para las propuestas basadas en MTCNN y YOLO, y Face Recognition para la propuesta de Dlib, éstas se basan en la misma idea conceptual de entrenamiento, llamada triplet [31], por lo que se explicará de una manera generalizada y la cual se detalla en la siguiente sección 5.3.4.1.

5.3.4.1 Entrenamiento por triplet

Realizado el proceso de centrado y normalizado se procede a realizar el proceso de entrenamiento que consta de diferentes fases.

El sistema recibe la ventana facial que precede del sistema de detección, éste genera 128 mediciones a través de los diferentes puntos de referencia faciales, para cada una de ellas.

Una vez generadas estas 128 mediciones, el sistema procede a escoger una imagen con la que va a realizar el entrenamiento y otra imagen de la misma persona conocida, seleccionadas estas dos imágenes, se procede a seleccionar una tercera imagen que no sea de la misma persona conocida.

Seleccionadas las tres imágenes⁵, se comparan los resultados obtenidos de las mediciones generadas, ajustando de tal manera que los valores de las mediciones de las imágenes que corresponde a la misma persona conocida, cada vez se acerquen más entre si y que los valores de la imagen de la persona no conocida se aleje de ellas, produciendo este efecto en cada iteración, como se indica en la figura 27.

⁵ Las dos imágenes de la misma persona reconocida, Anchor y Positive, mientras que la imagen de la persona no reconocida, Negative, nombres utilizados en la figura 27.

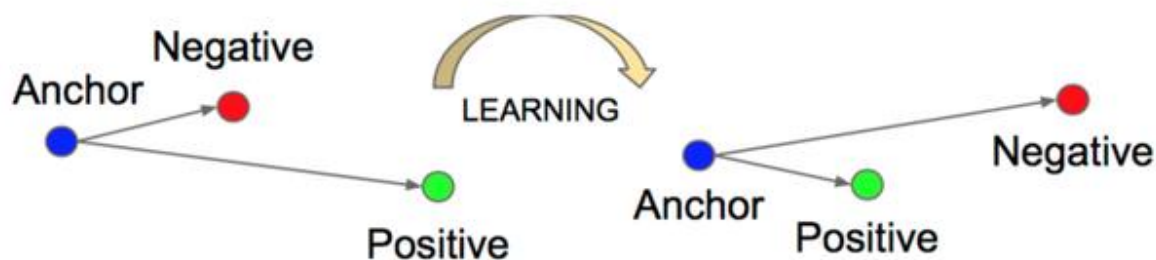


Figura 27: Ajuste de distancias entre imágenes de la persona conocida

Las aplicaciones ya usan una red con este proceso pre-entrenadas, por lo que tan solo deberemos incluir el banco de pruebas y realizar el proceso automático de generar las mediciones y ajuste de las mediciones a los nuevos datos de entrada.

Pese a utilizar el mismo banco para todas las propuestas, los resultados de cada entrenamiento son diferentes debido a que el modelo inicial de referencia para el entrenamiento es diferente en cada propuesta, además cada una de estas redes pueden no tomar las mismas mediciones para la misma persona por usar diferentes tecnologías como detectores faciales.

Todas las propuestas se basan en la misma arquitectura de red neuronal tipo CNN, llamada Inception-ResNet en algunas de sus variantes, esta arquitectura ha sido desarrollada por Google, con una combinación de módulos Inception y módulos ResNet. La característica principal de este tipo de arquitectura es proporcionar una solución a la degradación⁶ de características por el uso de redes con una amplia profundidad a través de los módulos ResNet y una mejora de eficiencia a través de los módulos Inception posibilitando el acceso a algunas secciones de la imagen en paralelo, obteniendo una mejora de rendimiento en la obtención de medidas faciales en imágenes con múltiples rostros [11].

Para las propuestas MTCNN y YOLO las cuales se basan en Tensorflow y Facenet usan una arquitectura basada en Inception-Res-Net y el banco de datos VGGFace2 [32] para entrenar su modelo, mientras que para la propuesta Dlib que se basa en Face Recognition se basa en una arquitectura Res-Net 34, siendo esta más profunda, además esta propuesta usa el banco de datos LFW [10] para realizar el entrenamiento de su modelo.

5.3.5 Reconocimiento facial.

Una vez realizado el proceso de entrenamiento, conseguir el nombre de la persona reconocida ante la entrada de una nueva imagen es un proceso bastante más sencillo, tratándose de un simple clasificador SVC lineal, el cual devuelve el valor más cercano con

⁶ El análisis de características de una a capa superior a otra más profunda no aporta nueva información

respecto a las mediciones de la nueva imagen de entrada, el valor ofrecido se consigue a través de la base de datos de nombres creada con los nombres que se tienen en el proceso de almacenamiento como se indica en la figura 14.

Si bien es cierto que otros tipos de clasificadores pueden devolver un resultado más preciso, la utilización de éstos también añade complejidad y mayores tiempos de procesado y calculo.

El resultado de una imagen tras pasar por el proceso de reconocimiento facial se muestra en la figura 28.

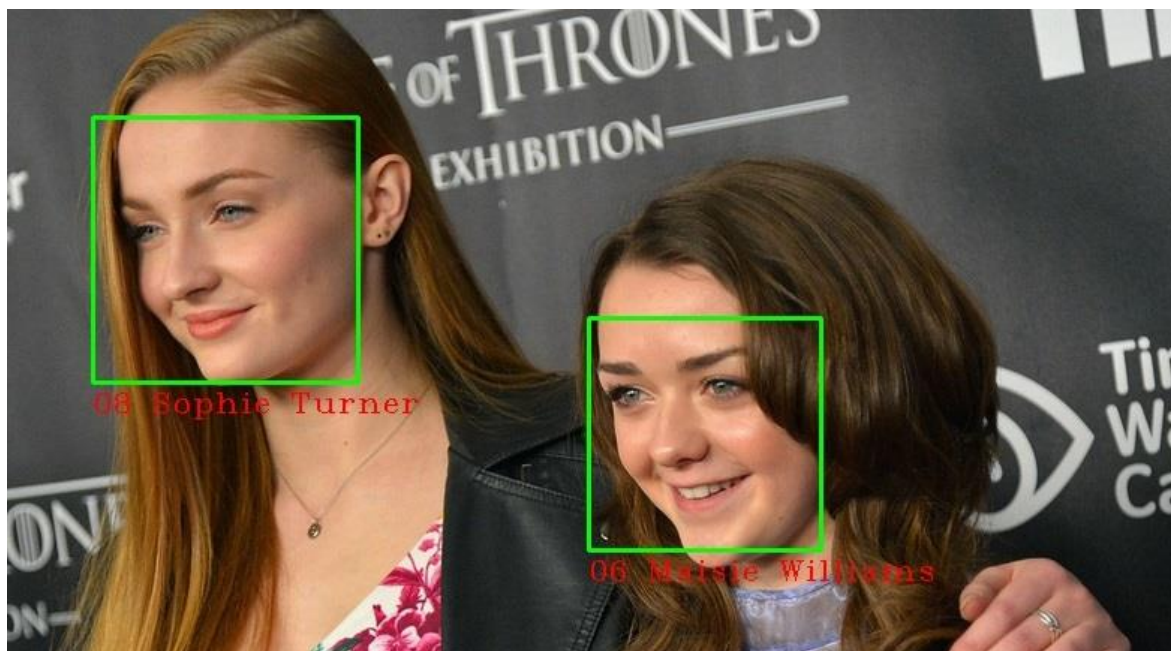


Figura 28: Resultado de una imagen tras usar reconocimiento facial.

5.4 Análisis y resultados obtenidos de las propuestas

Desarrollados los entrenamientos necesarios para cada propuesta se han obtenido los resultados a través de un nuevo banco de pruebas de resultados que consta de ocho imágenes con diversas personas, donde algunas de ellas no están incluidas en la lista de personas reconocidas.

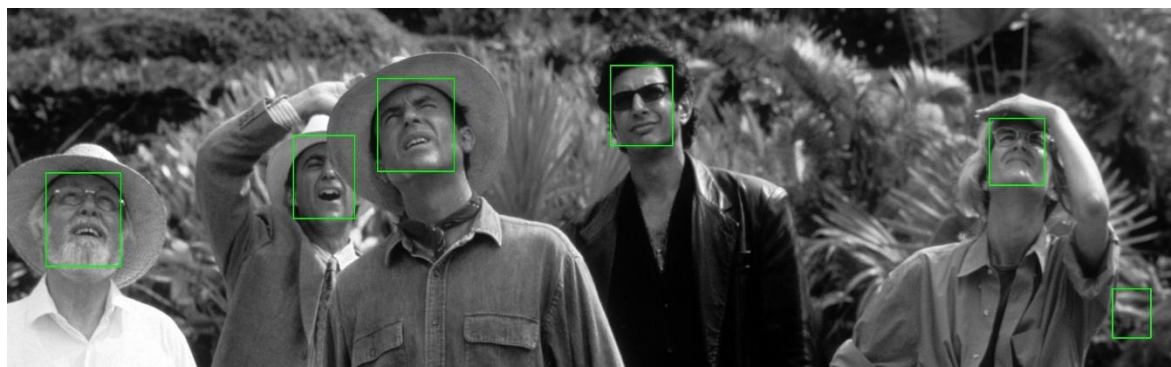


Figura 29: Imagen con una detección facial falso positivo

Para intentar mejorar el resultado se cambian ciertos parámetros como el tamaño de cara mínimo y máximo, de esta manera se intentará minimizar los posibles falsos positivos que se produzcan en detección facial como se indica en la figura 29, con la pequeña ventana facial que se aprecia a la derecha de la imagen.

Modificados estos parámetros se procede a incluir como posibles resultados, los siguientes valores:

- **Positivo:** Persona que está incluida en la base de datos de reconocidos y se ha reconocido correctamente.
- **Falso positivo:** Persona que está incluida en la base de datos de reconocidos, pero no es la persona reconocida dentro de la imagen.
- **No reconocido:** Persona que no ha podido ser detectada dentro de una imagen.
- **Desconocido:** Persona que se encuentra dentro de la imagen y que no se le da ningún valor, ya que no pertenece a la base de datos de las posibles personas a reconocer o bien no superan el criterio de umbral establecido para asignarle un valor positivo.

Estos valores serán los utilizados para describir el estado de reconocimiento en los resultados obtenidos en cada banco de pruebas. Además de estos se obtiene el grado de reconocimiento para la propuestas MTCNN y YOLO, que tan solo es el grado de similitud de las medidas obtenidas en los rostros faciales de la imagen analizada, con las medidas faciales que se tiene en el modelo con la persona que se ha reconocido, por desgracia la propuesta Dlib solo nos informa con un falso o verdadero en el vector de las personas reconocidas, por lo que se desconoce el grado de acierto que esta puede proporcionar. Como las propuestas MTCNN y YOLO ofrecen un grado de reconocimiento es necesario establecer un umbral mínimo para marcar a la persona reconocida como desconocida en el modelo, ya que si esto no se hace, el sistema ofrece un valor obligatorio dentro de la lista de personas reconocidas, dando lugar a infinidad de casos como falso positivo.

El cálculo del umbral para marcar a una persona como desconocida se ha obtenido de manera manual, tras realizar todos los experimentos con el banco de pruebas de resultados, se revisan los grados de todos los casos positivos y acercando el umbral a los valores más bajos obtenidos y que minimicen el fallo por falso positivo. Este proceso es algo tosco, siendo umbrales con un valor fijo o por información visual al usuario, como se indica en la figura 30, donde se ofrece un color según el grado de acierto siendo rojo valores muy bajos o desconocido, amarillos valores intermedios y verdes valores muy seguros, siendo estos umbrales más intuitivos para el usuario. Para la aplicación web este umbral será un valor fijo.

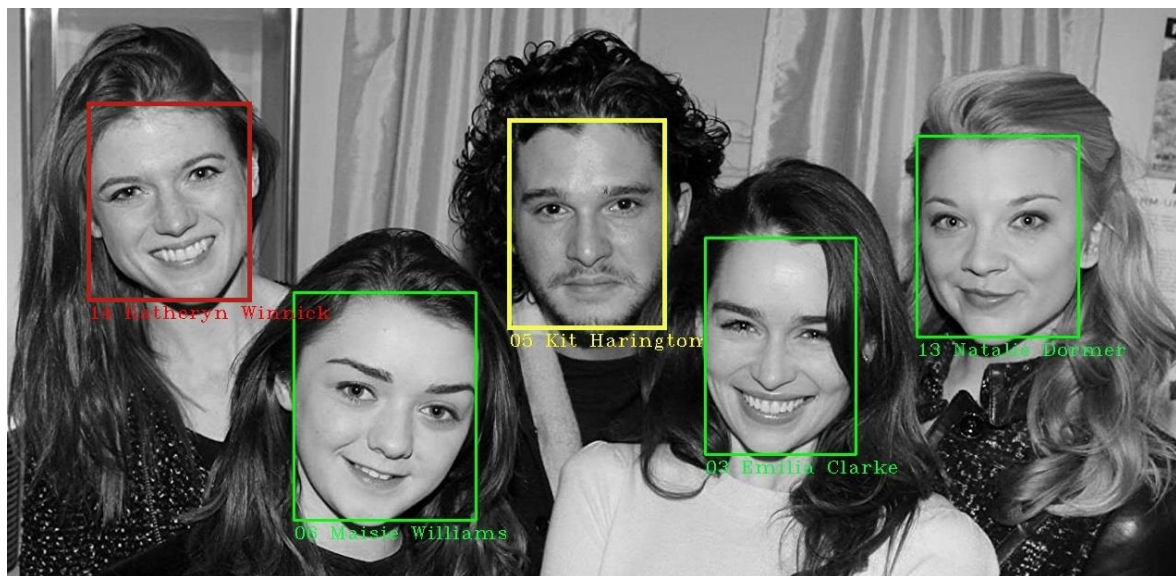


Figura 30: Ejemplo de reconocimiento facial con umbral variable por color

En la sección 9.1.2 se muestran los resultados obtenidos utilizando las tres aplicaciones, con los distintos bancos de pruebas.

Con el objetivo de analizar qué aplicación es la que ofrece un mejor rendimiento desde el punto de vista del porcentaje de identificación exitosa y con el de analizar la influencia del número de personas del banco propio creado, así como del número de imágenes introducidas en el banco, se hace un estudio de los resultados de forma conjunta que permitan realizar una comparativa. Así una vez aplicado el umbral y los estados de reconocimiento facial, se procede a desarrollar en las tablas de 4 a 15, a modo de gráficos, el ratio de acierto, el número de positivos, desconocidos, falsos positivos y no reconocidos conseguidos en los diferentes bancos de pruebas y aplicaciones. El ratio de acierto se genera a través del número de positivos conseguidos en cada experimento entre el número máximo de posibles positivos, siendo para el banco de pruebas de 15 personas, un máximo de 15 posibles positivos, para el banco de pruebas de 20 personas, un máximo de 19 posibles positivos y para el banco de pruebas de 25 personas, un máximo de 22 posibles positivos. En conjunto con todas las imágenes se tienen un total de 30 rostros detectables.

Tabla 4: Aplicación 1 estados prueba con 5 fotos.

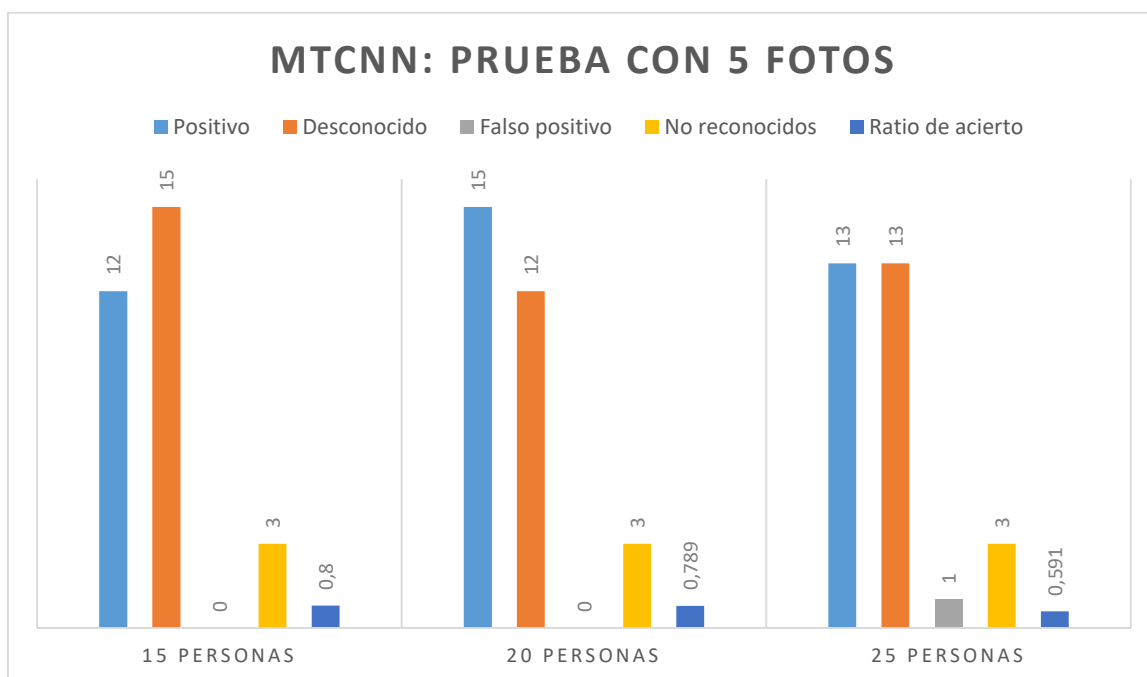


Tabla 5: Aplicación 1 estados prueba con 10 fotos.

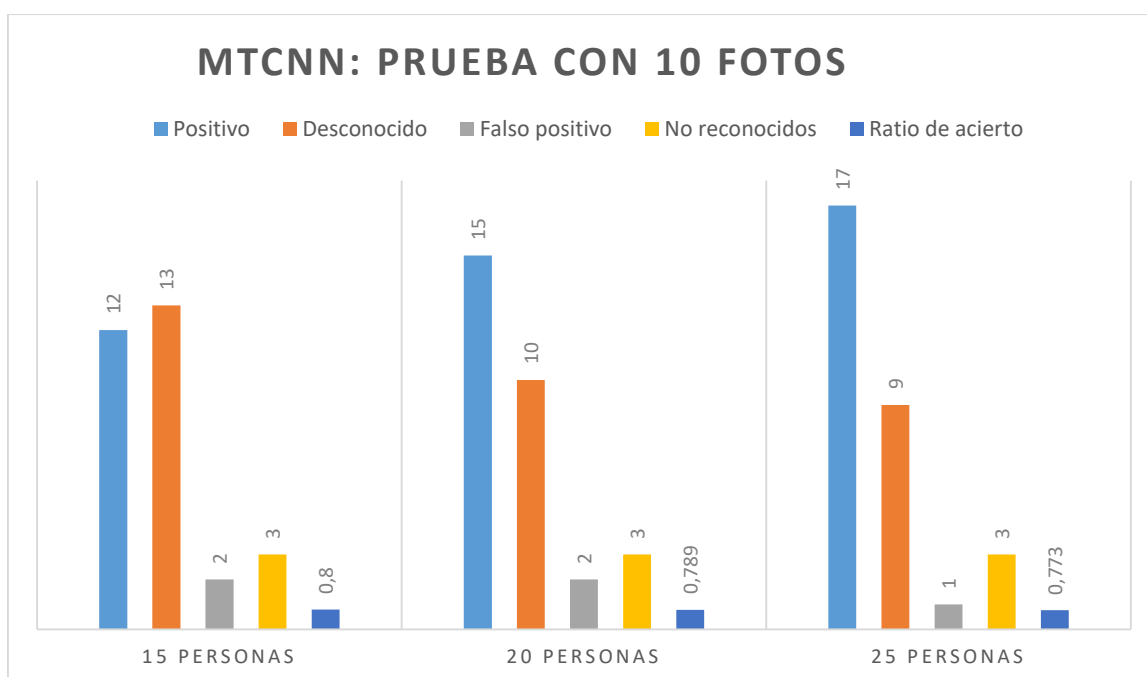


Tabla 6: Aplicación 1 estados prueba con 15 fotos.

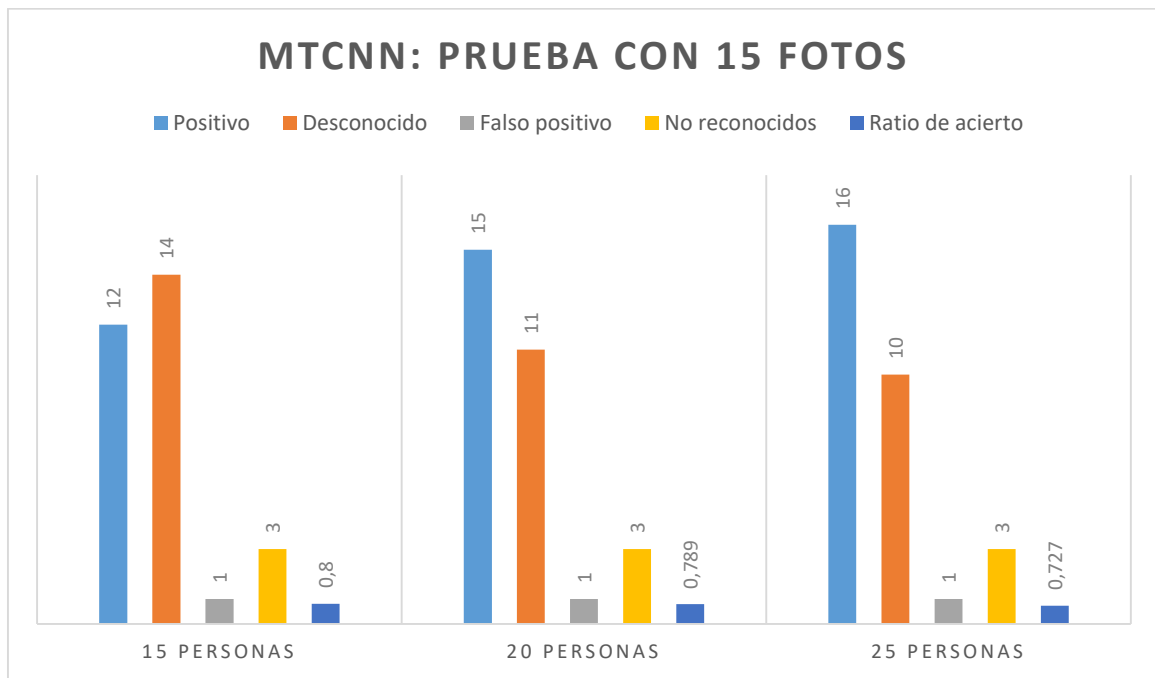


Tabla 7: Aplicación 1 estados prueba con 20 fotos.

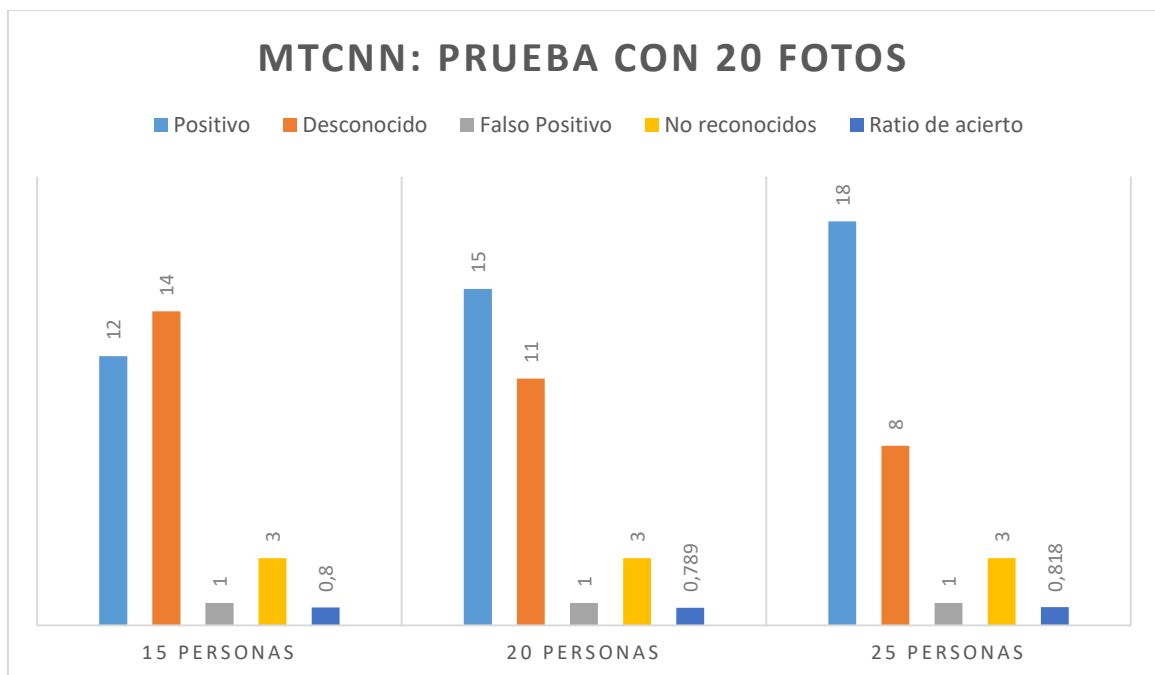


Tabla 8: Aplicación 2 estados prueba con 5 fotos.

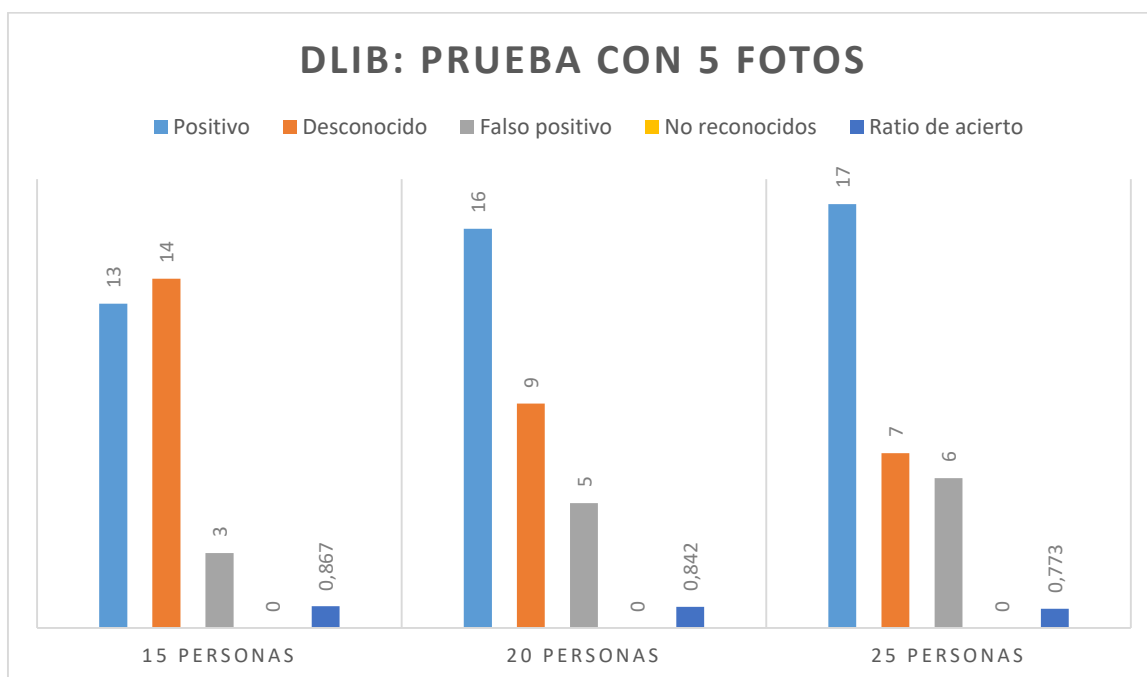


Tabla 9: Aplicación 2 estados prueba con 10 fotos.

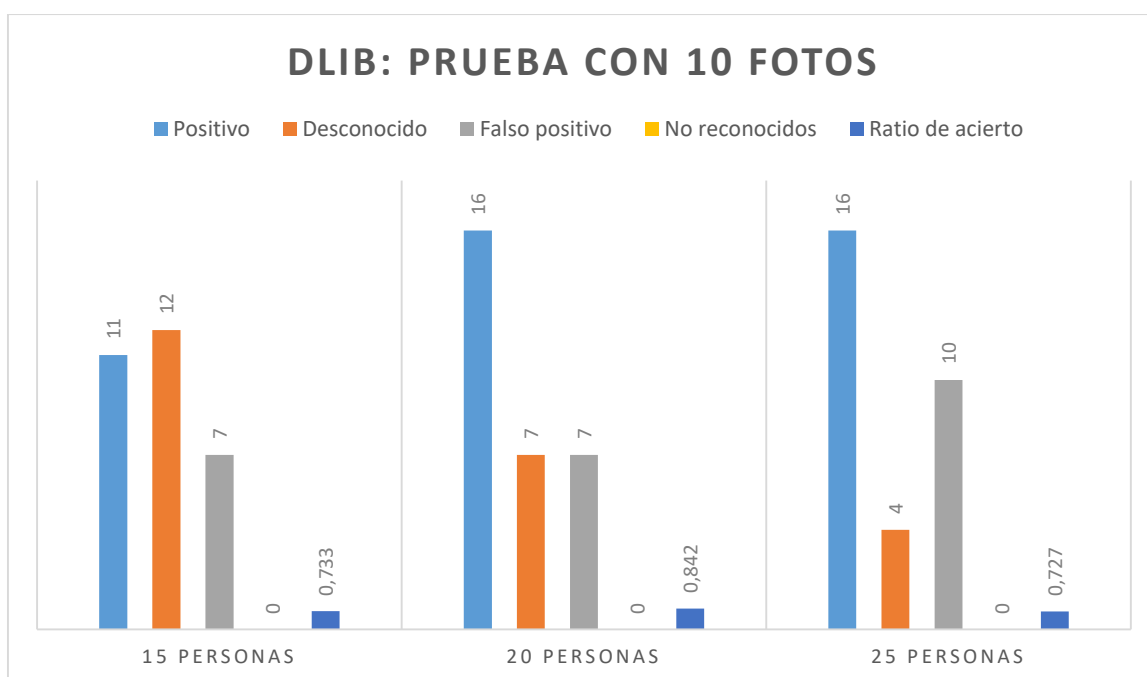


Tabla 10: Aplicación 2 estados prueba con 15 fotos.

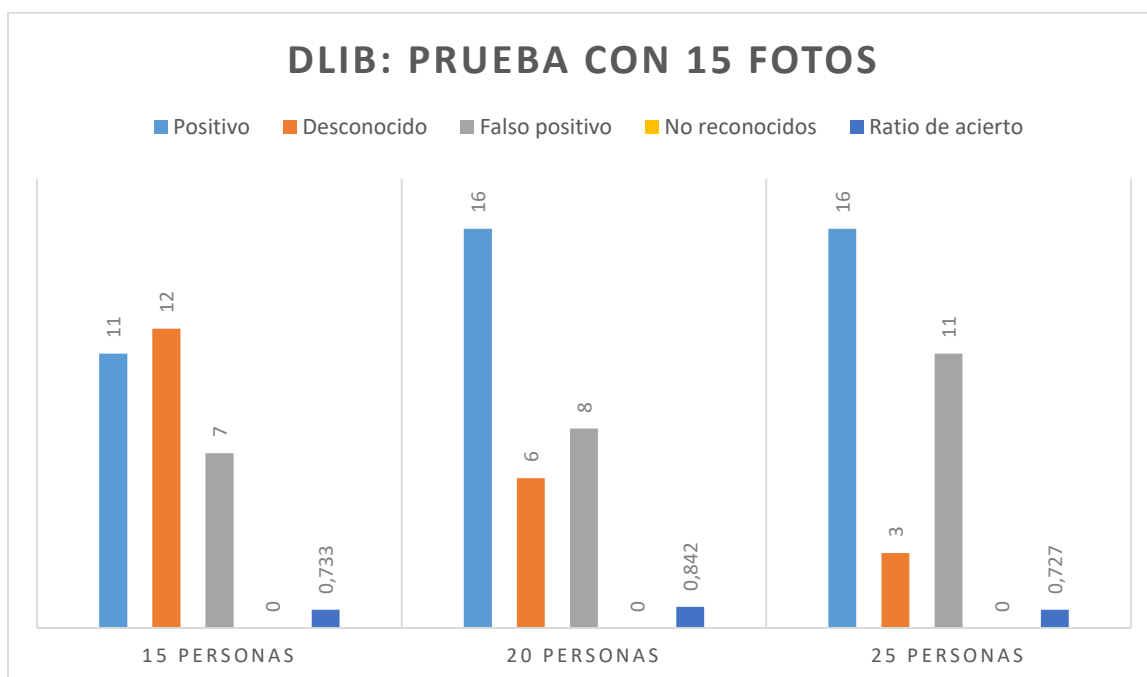


Tabla 11: Aplicación 2 estados prueba con 20 fotos.

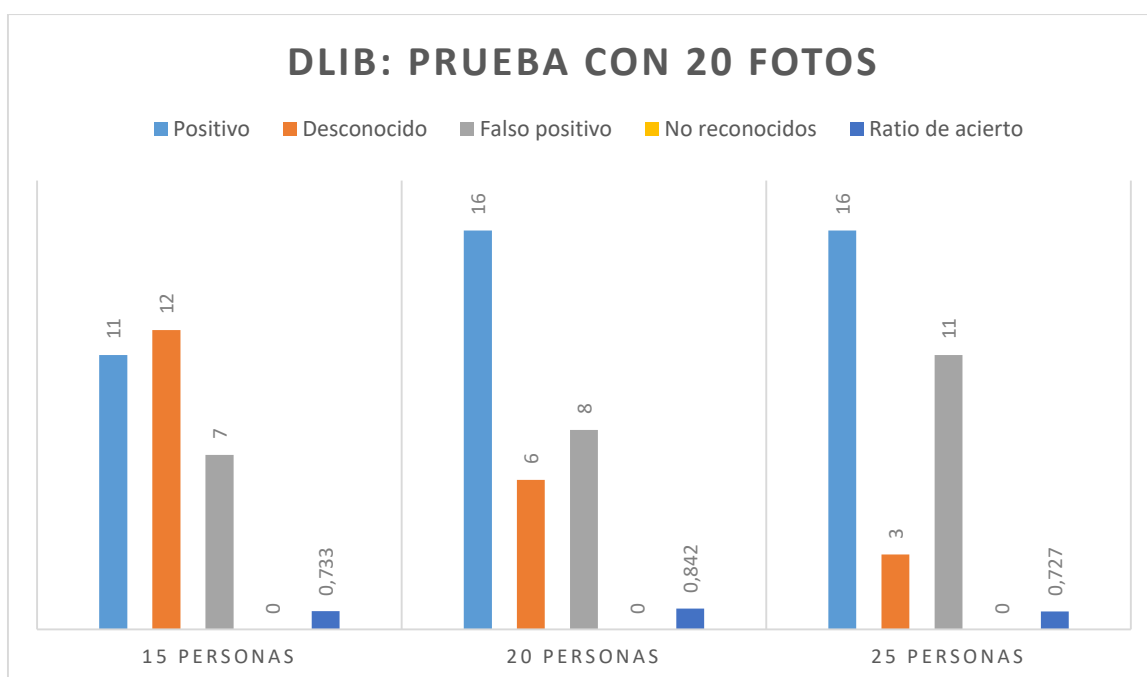


Tabla 12: Aplicación 3 estados prueba con 5 fotos.

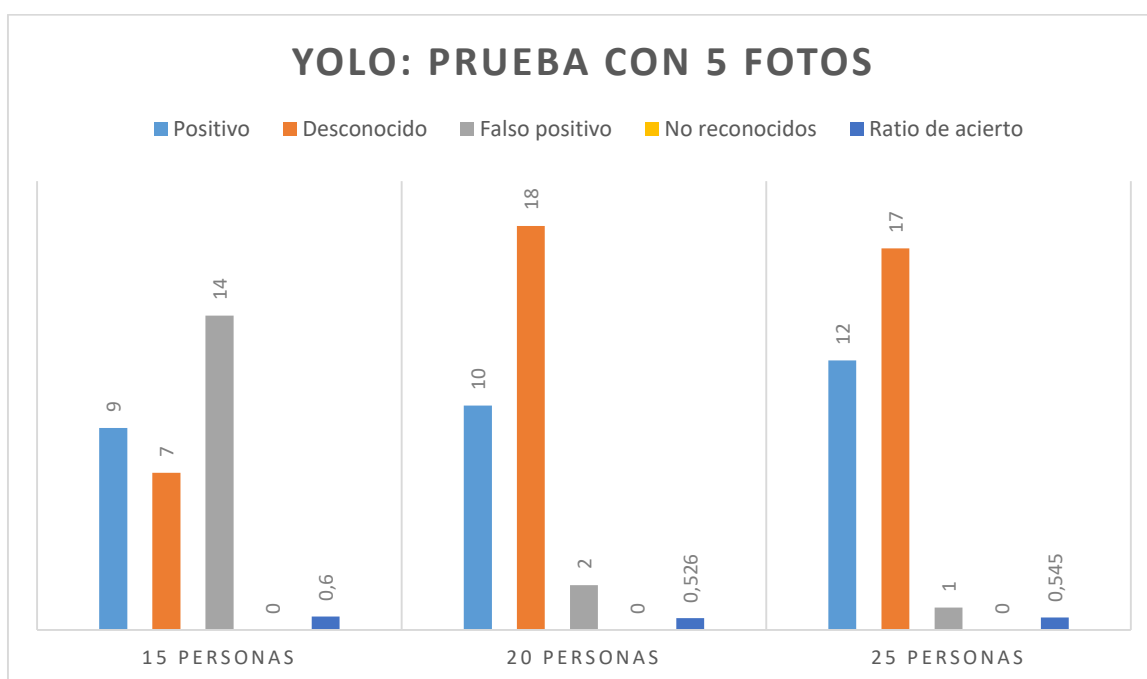


Tabla 13: Aplicación 3 estados prueba con 10 fotos.

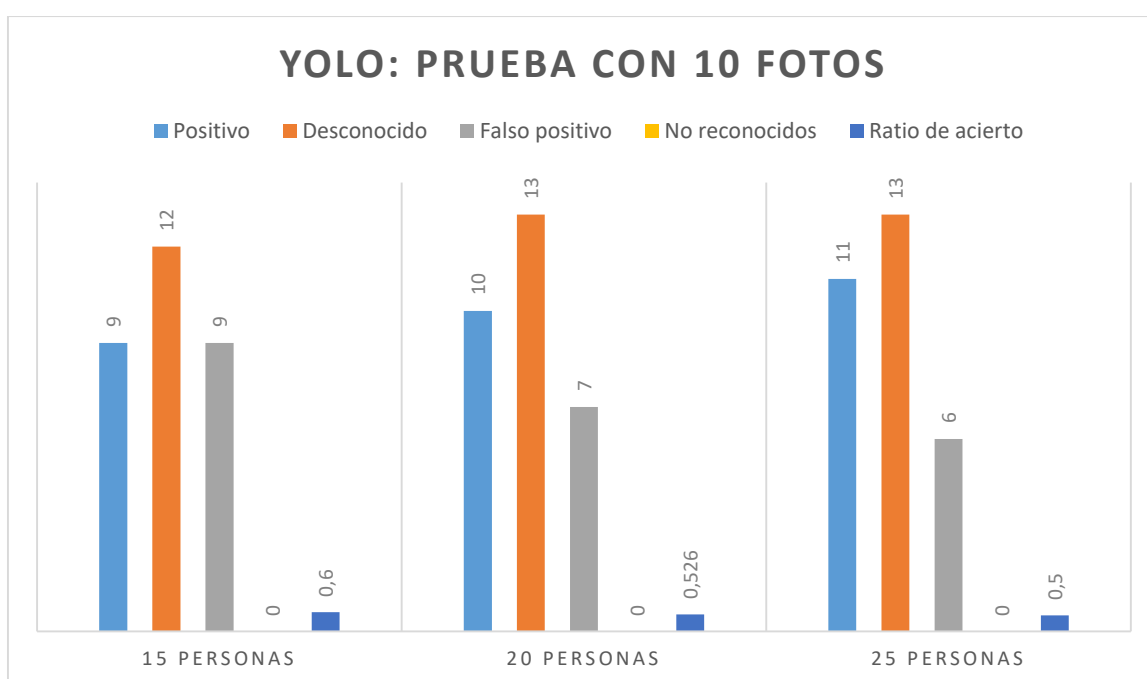


Tabla 14: Aplicación 3 estados prueba con 15 fotos.

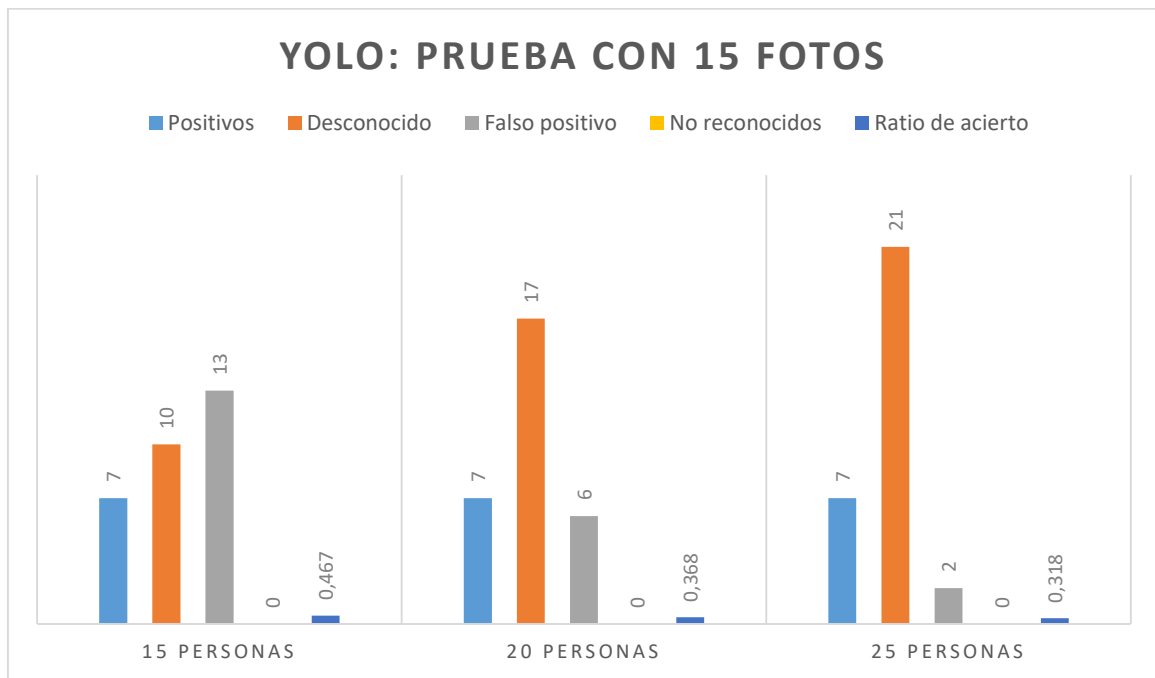
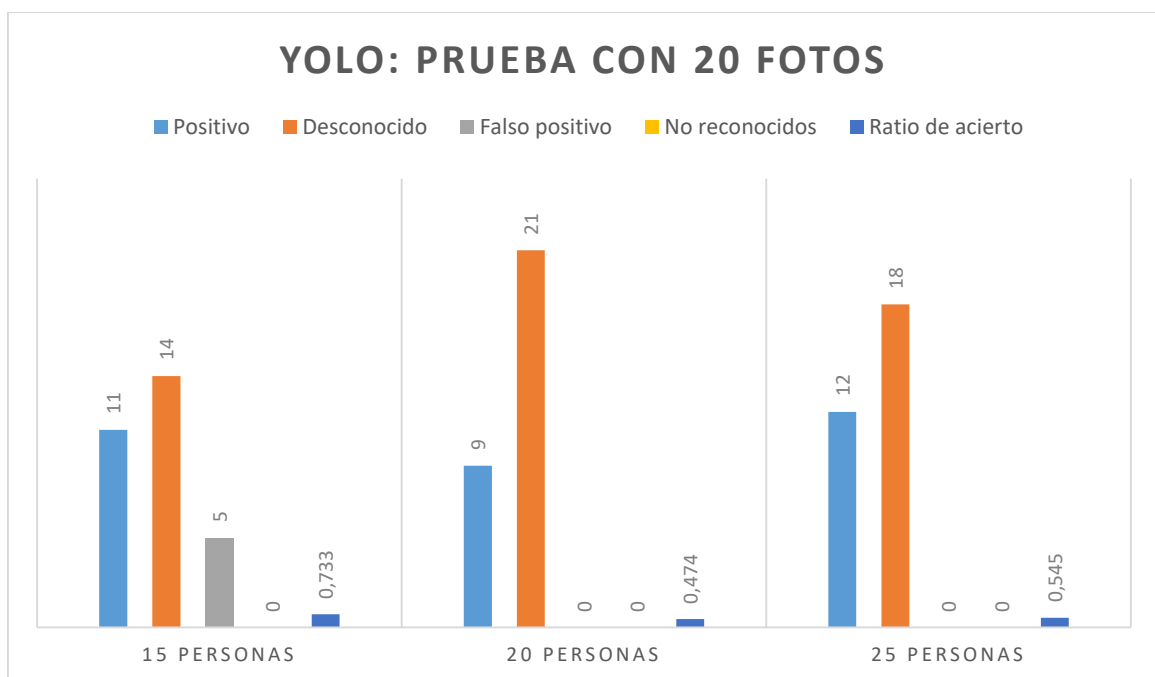


Tabla 15: Aplicación 3 estados prueba con 20 fotos.



A partir de estos datos se observa que las aplicaciones de MTCNN y Dlib son las que mejores resultados en ratios de acierto ofrecen y además estos son buenos con casi independencia del número de imágenes introducidas, pero a criterio propio, la propuesta MTCNN ofrece mejores resultados ya que esta ofrece un número muy bajo de falsos positivos, aunque si es cierto que es la única que tiene personas no reconocidas.

Tabla 16: Máximo ratio de acierto para cada aplicación.

Aplicación	Mejor valor	Prueba
Propuesta MTCNN	0,818	25 personas y 20 fotos
Propuesta Dlib	0,866	15 personas y 5 fotos
Propuesta YOLO	0,733	15 personas y 20 fotos

En la tabla 16, se puede observar que ha excepción de la propuesta Dlib, los mejores resultados se encuentran en la prueba donde se tienen mayor número de imágenes, este resultado era esperado debido a que cuanto mayor número de entradas, más mediciones obtiene el modelo y mejor se puede ajustar y comportar frente a una nueva imagen de entrada. Otro dato a tener en cuenta son los buenos resultados que ofrece la propuesta MTCNN en la prueba de diez imágenes, que superan incluso a la de quince imágenes por muy poco, por lo que es una candidata perfecta para usar en una aplicación de pocos recursos de almacenamiento.

La propuesta de YOLO es la que peores resultados obtiene, esto se debe a que su modelo no se adapta bien a la entrada de nuevos datos y a trabajar con poca información, ya que los resultados que esta ofrece en ciertos casos, siempre es la misma persona para todos los rostros de la imagen y además, su entrenamiento es el más lento de las tres propuestas, por lo que debería en principio ofrecer mejores resultados.

En la tabla 17 se analiza el tiempo que tarda cada aplicación en procesar cada imagen del banco utilizado para realizar las pruebas.

Tabla 17: Tiempos de procesado por imagen

Imagen	Tamaño	Aplicación	Tiempo en segundos
P1	500x430 píxeles	Propuesta MTCNN	6,02 s
		Propuesta Dlib	22,5 s
		Propuesta YOLO	11,4 s
P2	1500x1000 píxeles	Propuesta MTCNN	7,66 s
		Propuesta Dlib	165,8 s
		Propuesta YOLO	12,1 s
P3	785x589 píxeles	Propuesta MTCNN	5,97 s
		Propuesta Dlib	46,7 s
		Propuesta YOLO	11,2 s
P4	1500x999 píxeles	Propuesta MTCNN	7,97 s
		Propuesta Dlib	143,8 s

		Propuesta YOLO	12,1 s
P5	2880x1850 píxeles	Propuesta MTCNN	11,75 s
		Propuesta Dlib	542,11 s
		Propuesta YOLO	12,2 s
P6	2500x1875 píxeles	Propuesta MTCNN	11,03 s
		Propuesta Dlib	532,36 s
		Propuesta YOLO	11,9 s
P7	891x711 píxeles	Propuesta MTCNN	6,21 s
		Propuesta Dlib	65,5 s
		Propuesta YOLO	12,2 s
P8	847x33 píxeles	Propuesta MTCNN	5,91 s
		Propuesta Dlib	55,6 s
		Propuesta YOLO	10,8 s

Esta tabla muestra que la Propuesta MTCNN es la que mejor resultado da en tiempo, mientras que la Propuesta Dlib es la peor con bastante diferencia, esto se debe a que la codificación de su modelo es más compleja de analizar y tardar mucho más en cargarse en memoria, además de que en imágenes de gran tamaño el tiempo se dispara exponencialmente, debido a no trabajar en escala de grises y tener una red neuronal con más capas, por eso su proceso es tan lento. Otro dato interesante es el de la Propuesta YOLO ofreciendo un tiempo casi constante, dato que puede dar una mejor experiencia de usuario.

Con respecto al tiempo de entrenamiento, los resultados son muy dispares como se muestra en la tabla 18, mostrando el tiempo necesario en realizar el entrenamiento del modelo con el banco de pruebas 25 personas y 20 imágenes.

Tabla 18: Tiempo de entrenamiento

Aplicación	Tiempo en minutos
Propuesta MTCNN	45,35 m
Propuesta Dlib	75,15 m
Propuesta YOLO	193,12 m

En este proceso las propuestas Dlib y YOLO tienen una gran limitación, debido a que si solo se desea añadir una única persona, se debe realizar el entrenamiento con todos los datos en conjunto, mientras que la propuesta MTCNN actualiza su modelo con los datos

de las personas recién incorporadas, por lo que esta propuesta ofrece una gran versatilidad en este sentido.

6 SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL

En este capítulo se describirá la aplicación web desarrollada y utilizada para comprobar la viabilidad de estos procesos dentro de un sistema web. La aplicación se apoyará sobre el proceso de reconocimiento facial de la propuesta MTCNN debido a las conclusiones mejor detalladas en la sección 7.2, obtenidas tras los resultados que esta ofrece y se muestran en la sección 5.4.

Analizados los procesos de detección facial y entrenamiento se concluye todo el proceso del sistema con el reconocimiento facial, siguiendo estas fases que se muestran en la figura 31, cuando recibe una nueva imagen de entrada.

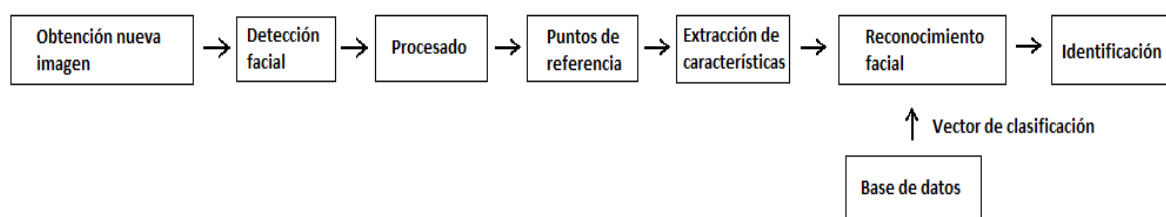


Figura 31: Fases de un proceso de reconocimiento facial

6.1 Aplicación web “FaceRecognitionWeb”

Para no extender más el presente documento, solo se procederán a explicar los métodos y funciones más importantes, dejando el resto de funciones a la documentación tipo HTML incluida dentro de la aplicación web en el directorio “DOCS” y los manuales de la aplicación incluidos en los anexos II, III.

El despliegue de servicio está basado en el paradigma cliente-servidor y permite añadir nuevos datos de personas, borrar estos datos y realizar los entrenamientos con los datos alojados en el sistema, junto a la identificación de personas en imagen y vídeo, aunque en las siguientes secciones de 6.1.1 a 6.1.6 se detallará la implementación de los servicios más importantes de la aplicación.

6.1.1 Implementación general del servicio

El servicio está desarrollado sobre el framework Django de Python, este sigue un patrón de modelo MVC, siendo el controlador principal “manage.py”, aunque el servicio que maneja el acceso a las vistas y ofrece las respuestas es “urls.py” alojado en el paquete “servicios”.

Este servicio tiene dos modelos, uno para el cliente tipo usuario, que es “views.py” y otro para el cliente tipo administrador que es “admin_views.py”, ambos alojados dentro del paquete “frweb”. Estos modelos hacen uso de las vistas alojadas en el directorio “templates” y permiten dar de alta a las personas de la base de datos que le corresponda. Además, estos módulos hacen uso del paquete “FaceRecognition” para realizar los

entrenamientos o procesar los reconocimientos faciales requeridos, según el servicio utilizado.

Dentro del directorio “templates” se encuentran las vistas, estas muestran toda la información necesaria para la interacción con el cliente.

El sistema consta de dos bases de datos:

- Tipo usuario, se tiene el Id y nombre como claves primarias. Es tipo de usuarios no pueden ser reconocidas por el sistema de reconocimiento facial hasta que no se haya entrenado el modelo con sus datos.
- Tipo reconocido, se tiene el Id y nombre como claves primarias, además del número de imágenes que el sistema ha utilizado para entrenar el modelo como un campo de información. Este tipo de personas si pueden ser reconocidas por el sistema de reconocimiento facial.

Todo este proceso MVC se puede apreciar con más detalle en el diagrama de la figura 32.

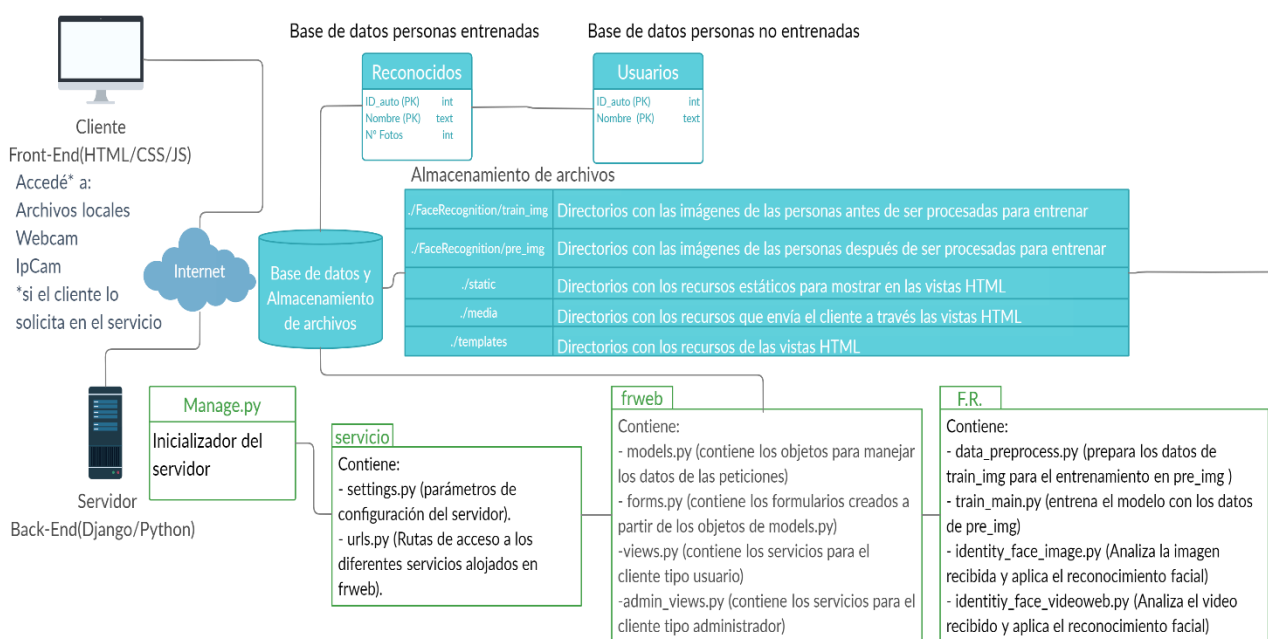


Figura 32: Diagrama MVC de la aplicación web

6.1.2 Implementación del servicio “Analizar Imagen”

El sistema ante la entrada de una nueva imagen, enviada por el cliente responde a esta petición siguiendo este proceso:

- El cliente realiza la petición GET al servicio Analizar Imagen.
- El servidor recibe esta petición generando y enviando el formulario necesario para que el cliente incluya la imagen que quiere enviar a través de la vista “imagenview.html”.

- Cumplimentado el formulario por el cliente hay dos posibilidades. Si se ha rellenado mal este formulario, no se genera la petición POST a la espera de que se complete correctamente. Si el formulario está bien cumplimentado se genera una petición POST hacia el servidor con los datos del formulario.
- Recibida la petición POST se comprueba que el envío del formulario sea correcto, si no fuese así, se genera una nueva vista con el formulario en blanco. Si el formulario es válido se almacena la imagen recibida en el directorio “/media/images/” y se llama a la clase que analiza el reconocimiento facial en imágenes. Para llamar a este servicio “FaceRecognition.identity_face_image” se necesita la ruta de la imagen como argumento.
- Llamado este servicio de reconocimiento facial se procede a cargar en memoria, el modelo y clasificador. Además en este proceso también se obtiene la lista de nombres de las personas que el sistema puede reconocer.
- Cargados estos modelos se crea una sesión con una red neuronal tipo MTCNN para obtener los siguientes parámetros al analizar la imagen recibida a través del método “detect_face”. Los parámetros tras el análisis de la imagen son, el número de ventanas faciales reconocidas y la localización de estas.
- Una vez obtenidos estos parámetros se hace uso de Facenet y TensorFlow para obtener las medidas faciales de cada ventana facial.
- Obtenidas estas medidas se predice los resultados a través del clasificador, si la predicción está por debajo del umbral establecido se marca la ventana facial como desconocido, si la predicción es superior al umbral se marca la ventana facial con la posible persona reconocida.
- Este proceso se realiza para cada ventana facial, en el caso de no detectar ningún rostro no se realiza ningún tipo de marca. Una vez realizado este proceso, se almacena la imagen en el directorio “/media/images” para generar una vista al cliente con el resultado del análisis.
- Se genera una nueva vista “Imagendisplay.html” que contiene la imagen ya procesada y se envía al cliente como una petición GET a este recurso.

Todo este proceso queda detallado en la figura 33 como un diagrama de flujo.

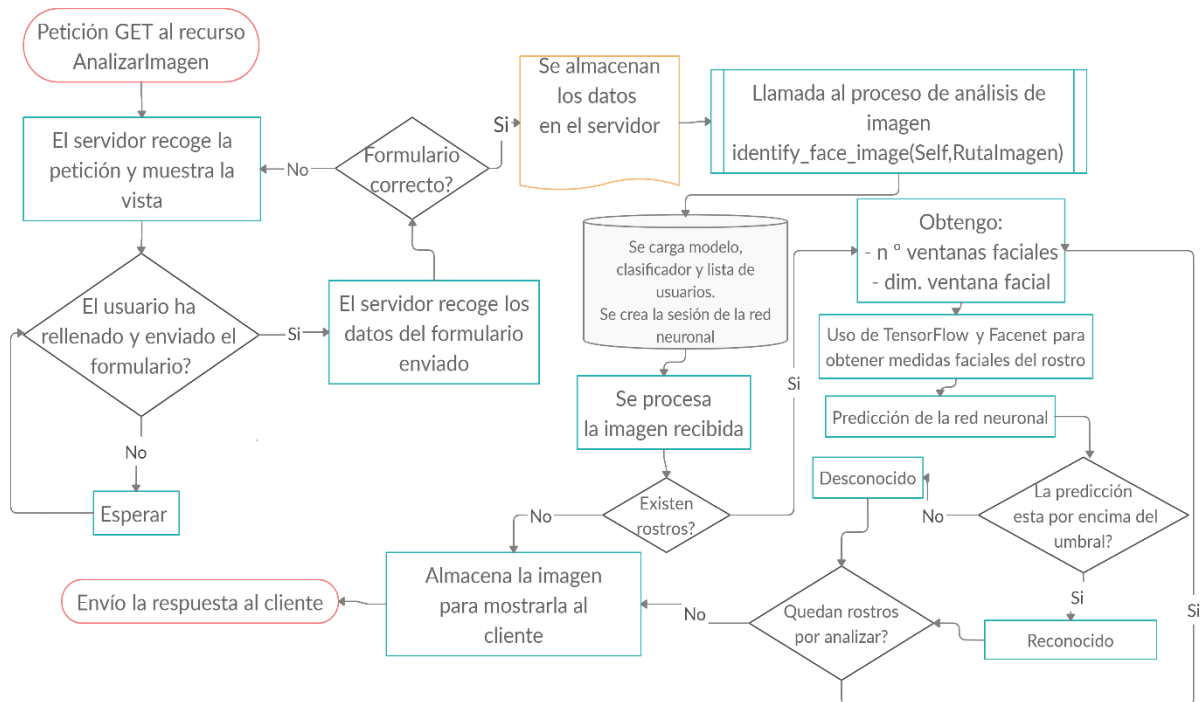


Figura 33: Diagrama de flujo del servicio Analizar Imagen

6.1.3 Implementación del servicio “Analizar Vídeo”

El sistema ante la entrada de una petición de vídeo, enviada por el cliente ya sea por archivo local o por dirección Ip responde a esta petición siguiendo este proceso:

- El cliente realiza la petición GET al servicio Analizar Vídeo.
- El servidor recibe esta petición generando y enviando el formulario necesario para que el cliente incluya el archivo de vídeo que quiere enviar a través de la vista “AnalizarVideoVista.html” que contiene la interfaz visual y la vista “AnalizarVideoFrame.html” que contiene el formulario para el cliente.
- Cumplimentado el formulario por el cliente hay dos posibilidades. Si se ha rellenado mal este formulario no se genera la petición POST a la espera de que se complete correctamente. Si el formulario está bien cumplimentado se genera una petición POST hacia el servidor con los datos del formulario.
- Recibida la petición POST se comprueba que el envío del formulario sea correcto, si no fuese así, se genera una nueva vista con el formulario en blanco. Si el formulario es válido se almacena la imagen recibida en el directorio “/media/videos/” y se llama a la clase que analiza el reconocimiento facial en vídeo. Para llamar a este servicio “FaceRecognition.identity_face_videoweb” se necesita la ruta de la imagen como argumento.

- Llamado este servicio de reconocimiento facial se procede a cargar en memoria, el modelo y clasificador. Además en este proceso también se obtiene la lista de nombres de las personas que el sistema puede reconocer.
- Cargados estos modelos se crea una sesión con una red neuronal tipo MTCNN para obtener los siguientes parámetros al analizar el vídeo frame a frame recibidos a través del método “detect_face”. Los parámetros tras el análisis del frame son, el número de ventanas faciales reconocidas y la localización de estas.
- Una vez obtenidos estos parámetros se hace uso de Facenet y TensorFlow para obtener las medidas faciales de cada ventana facial.
- Obtenidas estas medidas se predice los resultados a través del clasificador, si la predicción está por debajo del umbral establecido se marca la ventana facial como desconocido, si la predicción es superior al umbral se marca la ventana facial con la posible persona reconocida.
- Este proceso se realiza para cada ventana facial, en el caso de no detectar ningún rostro no se realiza ningún tipo de marca. Una vez realizado este proceso, se envía el frame procesado tras el análisis al cliente a través de un Stream al cliente, este proceso se repite por cada frame del vídeo a analizar.

Todo este proceso queda detallado en la figura 34 como un diagrama de flujo.

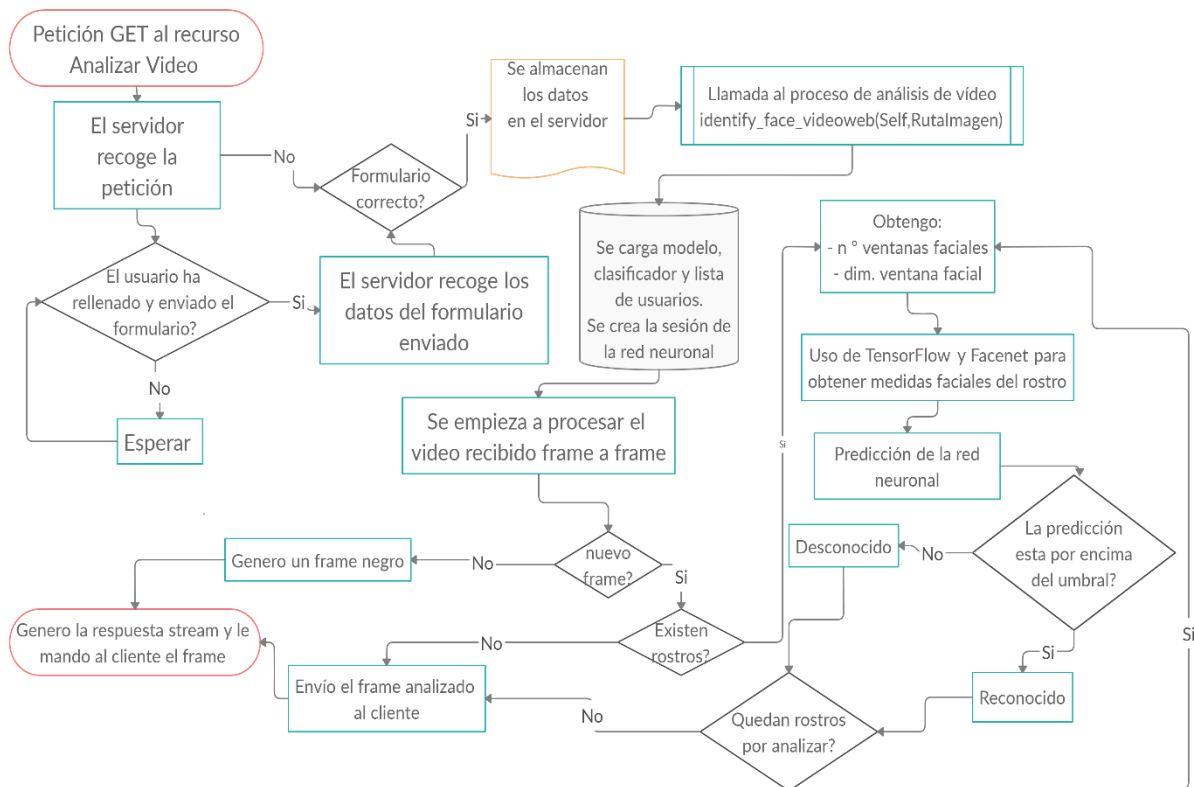


Figura 34: Diagrama de flujo del servicio Analizar Video

El proceso de análisis de vídeo a través de cámara Ip sigue el mismo diagrama, tan solo varía que usa la vista “AnalizarVideoIpVista.html” como interfaz gráfica y la vista “AnalizarVideoFrame.html” como interfaz para mostrar el formulario de este servicio y los frame analizados por el reconocimiento facial.

6.1.4 Servicio de identificación de imágenes obtenidas de una webcam

El envío de imágenes se puede realizar desde archivos locales del cliente como se ha explicado con el servicio analizar imagen o bien utilizando la propia webcam del cliente a través del servicio abrir cámara local. El servidor responde a esta petición siguiendo los siguientes pasos:

- El cliente realiza la petición GET al servicio abrir cámara local.
- El servidor recibe esta petición y envía la vista de respuesta “webcamjs.html”
- El cliente debe iniciar la webcam a través del botón indicado para esto y proceder al envío de imágenes manual o automático
- Cuando el cliente envía una imagen este la transforma en base64 y la envía al recurso “postjsimagen” del servidor, el envío se realiza utilizando el código JavaScript alojado en la vista.

Figura 35: Diagrama de flujo del servicio Analizar Video

- Recibidos los datos enviado del cliente, el servidor transforma la imagen de base64 a un archivo tipo .png, alojando este archivo en “media/imagescam”
- Creado el archivo, se llama al recurso “FaceRecognition.identity_face_image” siguiendo a partir de ahora los pasos descritos para el servicio de analizar imagen, pero en este caso, con la imagen recibida desde la webcam del cliente.
- Una vez analizada, se envía la ruta de acceso a esta, para que se muestre al cliente a través de una petición GET al cliente.

En este caso se sigue la misma implementación que la realizada para el procesamiento de imágenes aisladas, tan solo que la imagen en primera instancia, se envía al servidor como texto en base 64 y si se hace uso del envío de imágenes automático el tiempo requerido entre procesado de una imagen y el siguiente viene limitado especialmente por la carga del modelo, por lo que los tiempos son elevados de unos 10 segundos, entre imagen e imagen. Se ha incluido por lo tanto como trabajo futuro que una vez abierta la sesión entre el cliente y el servidor, se cargue inicialmente el modelo en el servidor de modo que se reduzcan los tiempos al envío, recepción y clasificación de la imagen.

6.1.5 Implementación del servicio “Entrenamiento”

El entrenamiento del modelo con los datos de las personas deseadas, se realiza a través del servicio de entrenamiento, el cual necesita de un usuario de tipo administración, los pasos tras realizar esta petición son los siguientes:

- El cliente administrador realiza la petición GET al servicio Entrenamiento.
- El servidor recoge la petición e inicia el proceso de normalizado
- Iniciado el proceso de normalizado de los datos que están alojados en el directorio “FaceRecognition/train_img”, procede a normalizarlos uno a uno y almacenarlos en el directorio “FaceRecognition/pre_img” una vez terminado el proceso de normalizado, se llama al proceso de entrenamiento “train_main.py”.
- Tras realizar el proceso de entrenamiento del modelo se obtienen 2 resultados posibles.
- Si el entrenamiento no se ha realizado, se genera una vista informando del error al usuario
- Si el entrenamiento se realiza correctamente, se dan de alta a todas las personas incluidas en el entrenamiento y el número de fotos utilizadas para

cada persona, además se genera una vista con estos datos mencionados, informando al usuario de que el entrenamiento ha sido correcto.

- Se envía la vista al cliente.

Todo este proceso queda detallada en la figura 35, como un diagrama de flujo.

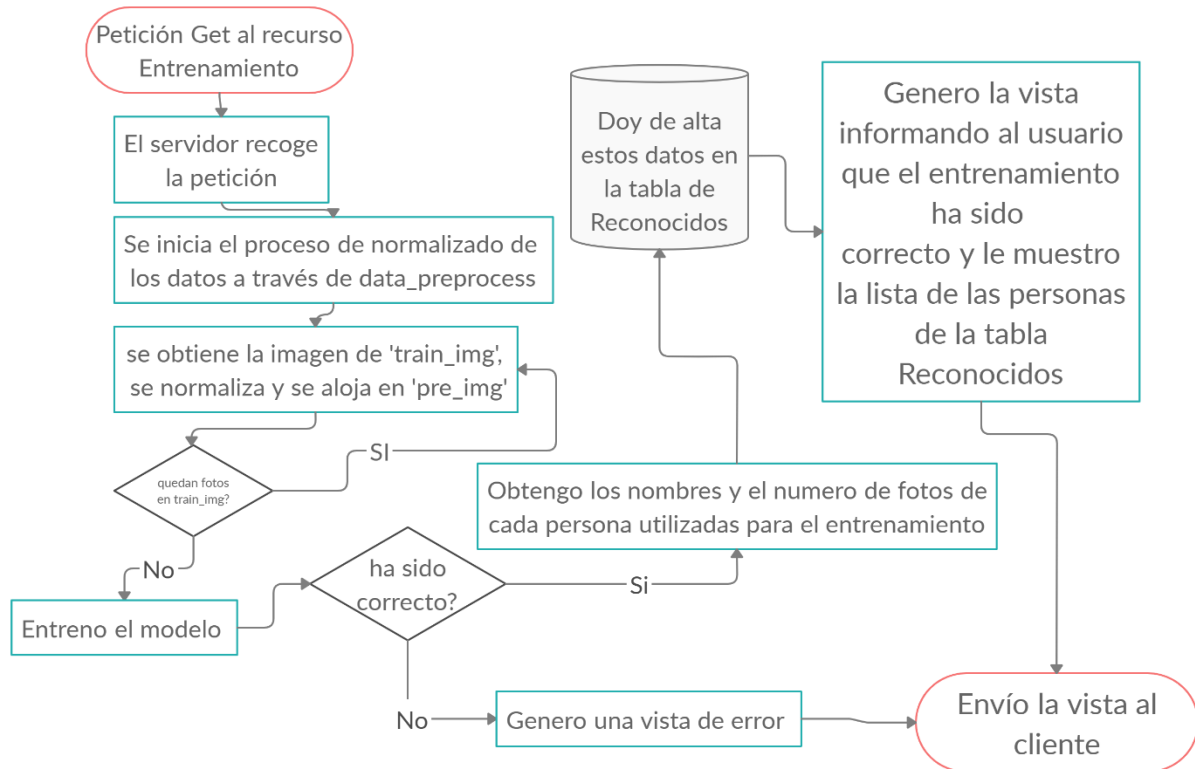


Figura 36: Diagrama del servicio de entrenamiento

6.1.6 Implementación del servicio añadir persona

Utilizando este servicio un administrador puede dar de alta una persona a lista de usuarios, que puede pasar a ser una persona de tipo reconocido, en cuanto se realice el servicio de entrenamiento. El proceso al utilizar este servicio es el siguiente:

- El cliente realiza la petición GET al servicio Añadir persona.
- El servidor recibe esta petición generando y enviando el formulario necesario para que el cliente incluya el archivo con los datos⁷ de la persona que quiere añadir a través de la vista “nuevapersona.html”
- Cumplimentado el formulario por el cliente hay dos posibilidades. Si se ha rellenado mal este formulario no se genera la petición POST a la espera de que se complete correctamente. Si el formulario está bien cumplimentado se genera una petición POST hacia el servidor con los datos del formulario.

⁷ En el Anexo IV se indica cómo se tienen que guardar estos datos para su envío.

- Recibida la petición POST se comprueba que el envío del formulario sea correcto, si no fuese así, se genera una nueva vista con el formulario en blanco. Si el formulario es válido se almacena el archivo recibido en el directorio “/FaceRecognition/train_img” y se procede a revisar si existe un registro previo con el nombre de la persona en la base de datos.
- Si no existe registro previo, se crea un nuevo directorio en “FaceRecognition/train_img/nombrepersona”, se descomprime el archivo recibido y se almacenan los datos de en el directorio creado, además se da de alta en la base de datos.
- Si existe el registro, se actualiza el directorio “FaceRecognition/train_img/nombrepersona”, tras descomprimir el archivo recibido del cliente.
- Se borra el archivo recibido y se procede a indicar al usuario en una nueva vista si el resultado del servicio ha sido satisfactorio o no.
- Se envía la nueva vista al cliente.

Todo este proceso queda detallado en la figura 36, como un diagrama de flujo.

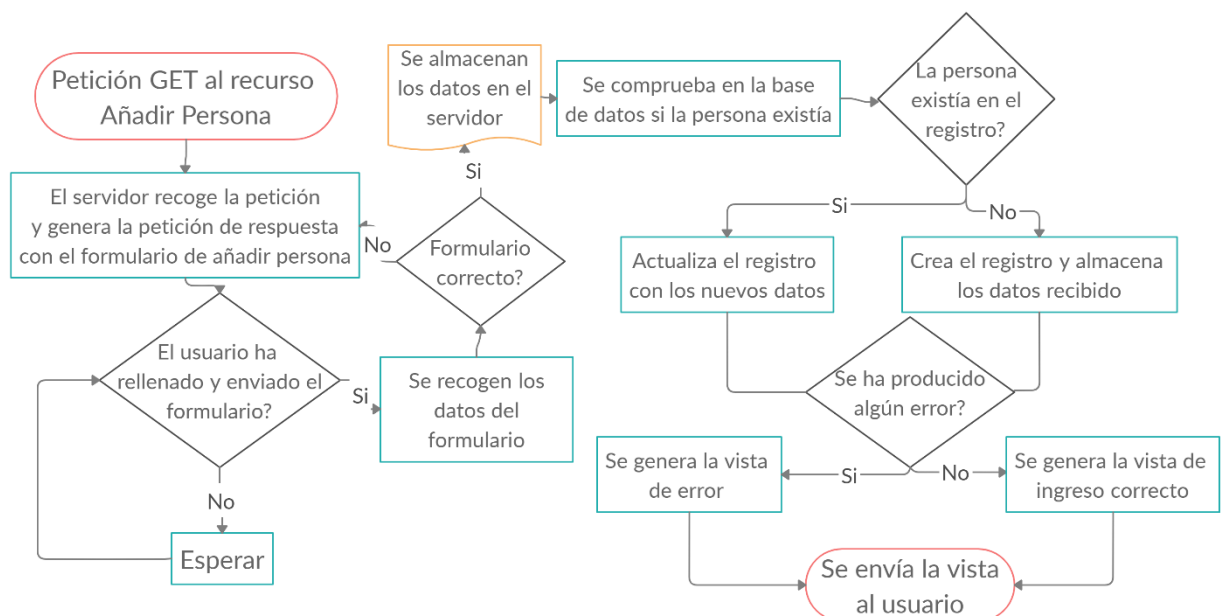


Figura 37: Diagrama del servicio añadir persona

7 CONCLUSIONES Y RESULTADOS

En este capítulo se realizarán diversas pruebas con las propuestas descritas en la sección 2.2 del presente documento, comprobando cuál de ellas ofrece un mejor comportamiento y proceder con ella a desarrollar una prueba de un posible caso real con imágenes obtenidas a través de cámaras de baja resolución.

7.1 Pruebas de un caso real

El análisis de este caso solo se ha realizado con la propuesta MTCNN a través del uso de la aplicación web descrita a lo largo del capítulo 6. Esta prueba ha seguido todos los pasos indicados en el capítulo 5, añadiendo la dificultad de que la obtención de las imágenes para entrenar el modelo, se han realizado a través de cámaras con una resolución de imagen muy pobre.

Los resultados de esta prueba se han realizado con un banco de 10 personas con 15 imágenes por persona, utilizando un umbral fijo de “0,35”, mostrando el resultado obtenido en la sección 9.1.3. Estos resultados indican la robustez que ofrecen estos sistemas de reconocimiento facial en este tipo de ambientes que incluso detectan y reconocen personas que estén usando gafas, como se muestra en la figura 37, el problema detectado tras utilizar esta prueba es que el rostro debe presentar todos los rasgos faciales, si en algún momento boca o ambos ojos quedan ocultos el sistema deja de detectar este tipo de rostros.

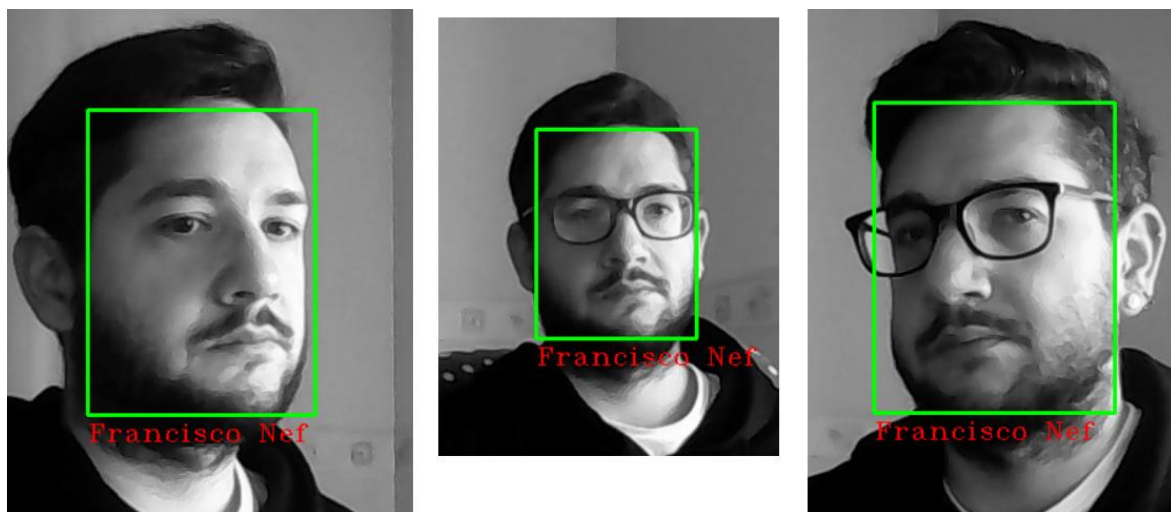
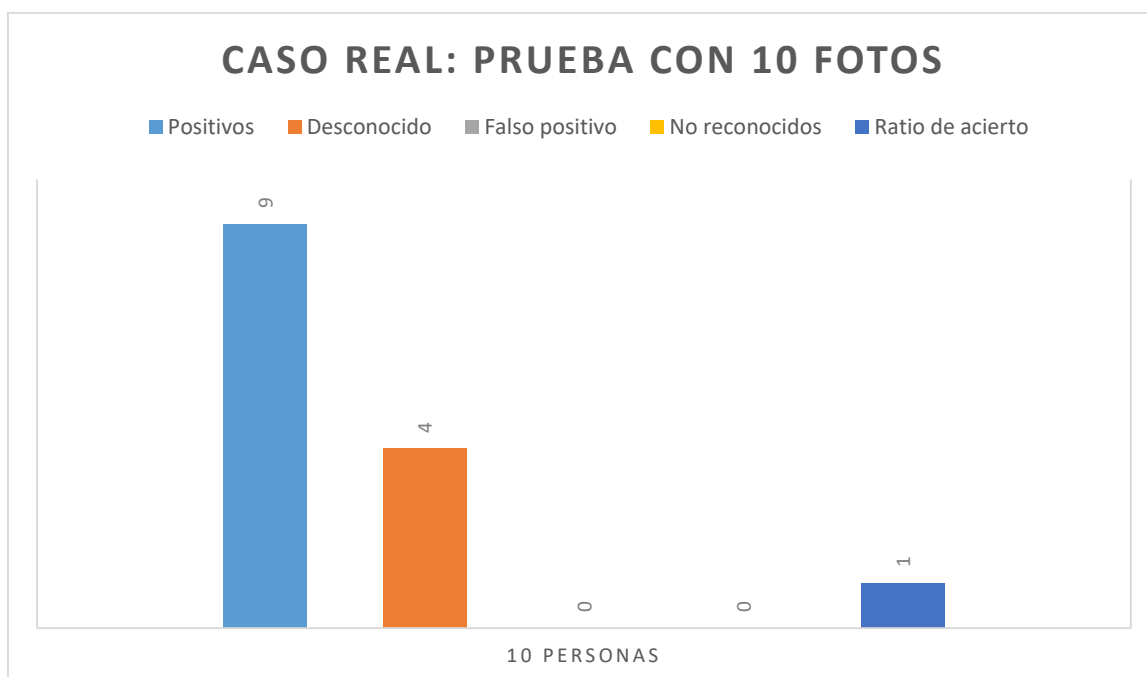


Figura 38: Reconocimiento facial prueba de caso real

Comparando los resultados obtenidos a través de esta prueba, con los obtenidos en la sección 5.4 para la propuesta MTCNN, se puede extraer que el uso de cámaras no afecta mucho al modelo, como se muestra en la tabla 19, donde se ve que el ratio de acierto incluso ha sido el 100%, lo que se puede extraer es que la disminución del número de personas a ayudado a esta prueba, pero este no es un problema crítico ya que en ciertos

usos de esta aplicación el número de personas para el entrenamiento puede ser incluso menor.

Tabla 19: Estados de prueba caso real



7.2 Conclusiones

Estudiadas las tecnologías y obtenidos los resultados se puede concluir que las aplicaciones de reconocimiento facial cada vez son más factibles, sobre todo para proyectos donde el tiempo de actuación o de respuesta no sea un factor crítico, por ejemplo, si vamos a desarrollar aplicaciones de seguridad, como el permitir el acceso a una persona o para analizar la seguridad de un edificio a través de cámaras, pero en otros ámbitos en los cuales el tiempo si sea crítico, será necesario la utilización de otras tecnologías que ofrezcan mejores resultados como las utilizadas en coches autónomos.

Si bien es cierto que en aplicaciones de seguridad el grado de acierto debe ser muy alto, para suplir esta carencia se pueden incluir otros sistemas de respaldo, como la utilización de datos biométricos.

La propuesta MTCNN es la seleccionada como la mejor candidata, debido principalmente a que es la única capaz de poder añadir una única persona sin tener que procesar todos los datos de las demás personas, ya que este aspecto la hace realmente versátil, además esta propuesta tiene los mejores tiempos en procesado de imagen y buenos resultados en el ratio de acierto de reconocimiento facial, estos motivos hacen que a opinión propia sea la propuesta seleccionada como la mejor.

Observando los resultados se aprecia que aunque en los entrenamientos se utilicen imágenes de poca calidad o bajo nivel de iluminación y sin tener en cuenta la posición facial, se obtienen buenos resultados, por lo que en este tipo de ambientes no hay problema, lo que si se ha detectado son problemas en imágenes a contraluz⁸ o en imágenes que no se detectan ambos ojos y otros rasgos faciales. Por lo que este problema provoca que las imágenes utilizadas en los entrenamientos deban ser revisadas manualmente si se observan malos resultados en el reconocimiento facial, ya que es posible que el modelo haya entrenado con algunas imágenes que contengan una falsa detección facial.

Al estudiar las tecnologías de cada una de las propuestas presentes en el documento y no se haya hablado de vídeo, si se han hecho pruebas de reconocimiento de vídeo, siendo YOLO la mejor aplicación en detección facial de este tipo aunque si es cierto que el uso de esta tecnología necesita más recursos hardware para ser utilizada para un trabajo en tiempo real, ya que esta ofrece una tasa de 10/12 FPS de resultado en análisis de vídeo, frente a los 16/18 FPS que ofrece el uso MTCNN. Por su parte la Propuesta Dlib es la que peor rendimiento ofrece en vídeo, como se comprueba también en el tiempo de procesamiento de las imágenes, ofreciendo una tasa de 2/4 FPS.

Otra conclusión que se puede ofrecer y por lo que las pruebas de vídeo no han sido mostradas debido al uso de Django como tecnología para la aplicación web, esta no ofrece la posibilidad de envío de datos stream de vídeo de cliente a servidor además, el stream de vídeo de servidor a cliente se realiza a través de "Content-Type: multipart" enviando los frame en formatos de imagen "avif", "png o "jpeg".

7.3 Líneas futuras

El aspecto de servicio web puede obtener una mejora de rendimiento, si se utilizara otro tipo de lenguaje como JavaScript, que aunque sea más complejo de desarrollar al no trabajar de manera automática con peticiones síncronas, sí que puede proporcionar el acceso a cámaras webcam del cliente, el uso de WebRTC junto formatos de vídeo H.265 mejorando el delay en el servicio de vídeo, debido del transporte del stream de imágenes por Django. Además el transporte de datos se puede mejorar con HTTP2.0 utilizando técnicas push o priorizando el flujo de datos cuando se trabaja con vídeo, también el uso de esta mejora ofrece la posibilidad de la multiplexación de HTTP2.0 y desarrollar un servidor con la posibilidad que sirva peticiones a múltiples clientes simultáneos.

⁸ El foco origen de luz se encuentra de frente al dispositivo de captura de imágenes.

La aplicación web puede mejorar su servicio ofreciendo en el cliente la variación de parámetros como el umbral, el tamaño mínimo y máximo para detectar un rostro u otras modificaciones vinculadas al reconocimiento facial, que aunque dentro de la documentación se expliquen para que sirve cada una, si no se tienen conocimientos en programación pueden ser difícil de modificar. Además la aplicación está preparada para almacenar los registros cuando reconocer a una persona, a la falta de crear la base de datos necesaria para almacenar este valor, por lo que este servicio en esta versión se encuentra en suspensión por no ser necesario para comprobar el resultado del reconocimiento facial, si no que este aspecto queda más delegado como un servicio en concreto como puede ser el control horario de acceso a un recinto. Además para mejorar los tiempos de procesado del sistema, una buena implementación sería cargar el modelo de reconocimiento facial al inicio de sesión.

Los resultados obtenidos a través de los entrenamientos pueden mejorarse aumentando el volumen de datos por persona en la base de datos, o incluso mejorando la red utilizada a su versión más actual Inception-ResNet-v2 o la actualización de las tecnologías utilizadas, ya que Scipy por ejemplo tiene algunos métodos obsoletos. Además, se podría probar la viabilidad del uso de YOLO como detector facial y utilizar el modelo de red de la propuesta MTCNN para la obtención de las características faciales.

En ambientes de casos de pruebas reales y cerrados donde se analizan personas específicas, como en una empresa o con pocas personas, se puede utilizar un aprendizaje por refuerzo, capturando fotos de estas personas un día a la semana y reentrenando el modelo para que los resultados obtenidos sean los más óptimos ya que si se ha producido algún cambio o modificación, se tienen datos actualizados constantemente, aunque este método debe ser supervisado o tener criterios de entrada ya que se puede tener ciertos problemas debido a falsos positivos.

Como una mejora de rendimiento aplicado a hardware en el procesado de imágenes sería bastante interesante probar el análisis a través de GPU y trabajar estos datos en paralelo y comprobar la mejora en tiempos de procesado y resultados. También se puede aplicar esta misma mejora utilizando computación en nube, el cual puede dar mucha más versatilidad y paralelismo.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] aws.amazon.com. AWS Amazon. [En línea], [Citado el: 10 Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/rekognition/?nc=sn&loc=0&blog-cards.sort-by=item.additionalFields.createdDate&blog-cards.sort-order=desc>
- [2] facefirst.com. FaceFirst. [En línea], [Citado el: 1 Septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.facefirst.com/blog/breve-historia-del-reconocimiento-facial/>
- [3] Turk,M. & Pentland,A. Face recognition using Eigenfaces, IEEE Computer Society Confer. 1991,1,586-591. [Artículo], [Citado el: 1 Septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.mit.edu/~9.54/fall14/Classes/class10/Turk%20Pentland%20Eigenfaces.pdf>
- [4] image-net.org. IMAGENET. [En línea], [Citado el: 6 Septiembre de 2020]. Disponible en: <http://image-net.org/>
- [5] FaceFirst. The five minute guide to Face Recognition for Stadiums. 2017,4,1-6 [Revista], [Citado el: 1 Septiembre de 2020]. Disponible en: https://www.facefirst.com/wp-content/uploads/2017/05/The_Five_Minute_Guide_to_Face_Recognition_for_Event_Security.pdf
- [6] github.com. Github AISangam. [En línea], [Citado el: 1 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://github.com/AISangam/Facenet-Real-time-face-recognition-using-deep-learning-Tensorflow>
- [7] pyimagesearch.com. Pyimagesearch. [En línea], [Citado el: 1 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.pyimagesearch.com/2018/06/18/face-recognition-with-opencv-python-and-deep-learning/>
- [8] github.com. Github AzureWoods. [En línea], [Citado el: 1 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://github.com/AzureWoods/faceRecognition-yolo-facenet>
- [9] Microsoft. Destacar en la manada: Wild Me utiliza la IA para revolucionar la identificación de animales. Microsoft Prensa. 2019. [Artículo en línea]. [Citado el: 5 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://news.microsoft.com/es-es/2019/02/13/destacar-en-la-manada-wild-me-utiliza-la-ia-para-revolucionar-la-identificacion-de-animales/>
- [10] umass.edu. University of Massachusetts. [En línea], [Citado el: 10 Septiembre 2020]. Disponible en: <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/index.html>
- [11] Szegey,C. et al. Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning. AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2017,1,4287-4284 [Artículo], [Citado el: 5 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1602.07261.pdf>
- [12] Selfik,I. Deep Face Detection with OpenCV in Python [Estudio en línea], [Citado el: 10 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://sefiks.com/2020/08/25/deep-face-detection-with-opencv-in-python/>

- [13] Amber,B. & Vetter,T. Optimal landmark detection using shape models and branch and bound, IEEE International Conference on Computer Vision. 2011,1,455-462 [Artículo]. [Citado el: 5 Noviembre 2020] Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6126275>
- [14] scikit-learn.org. Scikit-Learn. [En línea]. [Citado el: 3 Septiembre 2020]. Disponible en: https://scikit-learn.org/0.18/auto_examples/svm/plot_iris.html
- [15] python.org. Python. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.python.org/>
- [16] djangoproject.com. Django. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.djangoproject.com/>
- [17] tensorflow.org. Tensorflow [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.tensorflow.org/?hl=es-419>
- [18] opencv.org. OpenCV. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://opencv.org/>
- [19] pjreddie.com. YOLO. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>
- [20] dlib.net. Dlib. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <http://dlib.net/>
- [21] github.com. Github Sandberg,D. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://github.com/davidsandberg/facenet>
- [22] github.com. Github Geitgey,A. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: https://github.com/ageitgey/face_recognition
- [23] github.com. Github Centeno,I. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://github.com/ipazc/mtcnn>
- [24] numpy.org. Numpy. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://numpy.org/>
- [25] scipy.org. SciPy. [En línea]. [Citado el: 2 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.scipy.org/>
- [26] Zhang,K. et al. Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks. IEEE Signal Processing Letters. 2016,23,1499-1503. [Artículo]. [Citado el: 8 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7553523>
- [27] Viola,P. & Jones,J. Robust real-time face detection. International Journal of Computer Vision. 2004,57,137-154. [Artículo]. [Citado el: 8 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.face-rec.org/algorithms/boosting-ensemble/16981346.pdf>
- [28] Geitgey,A. Machine Learning is Fun! Part 4: Modern Face Recognition with Deep Learning [Estudio en línea], [Citado el: 10 Septiembre 2020].

<https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-4-modern-face-recognition-with-deep-learning-c3cfc121d78>

[29] Girshick,R. et al. Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2017,1,580-587. [Artículo], [Citado el: 10 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6909475>

[30] Girshick,R. et al. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2015,39,1-9. [Artículo], [Citado el: 10 Septiembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277722488_Faster_R-CNN_Towards_Real-Time_Object_Detection_with_Region_Proposal_Networks

[31] Schroff,F. & Kalenichenko,D. & Philbin,J. FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015,1,815-823 [Artículo], [Citado el: 11 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7298682>

[32] Qiong,C. et al. VGGFace2: A Dataset for Recognising Faces across Pose and Age. IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition. 2018,1,67-74 [Artículo], [Citado el: 11 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/fg/2018/233501a067/12OmNzwpU3U>

9 ANEXO

9.1 Anexo I. Datos de pruebas

En este anexo se encuentran datos que complementan al desarrollo del Trabajo Fin de Grado.

9.1.1 *Lista de personajes*

Lista de quince personas incluidas en el banco de pruebas:

- Alfie Allen
- Chris Pratt
- Emilia Clarke
- Jennifer Lawrence
- Kit Harington
- Maisie Williams
- Peter Dinklage
- Sophie Turner
- Rami Malek
- Shia LaBeouf
- Laura Dern
- Katheryn Winnick
- Travis Fimmel
- Jeff Goldblum
- Nathalie Emmanuel

Personas añadidas para lista de veinte personas en el banco de pruebas:

- Sam Neil
- Natalie Dormer
- Will Smith
- Jaime Foxx
- Morgan Freeman

Personas añadidas para lista de veinticinco personas en el banco de pruebas:

- Samuel L. Jackson
- Halle Berry
- Clint Eastwood
- Terrance Quinn
- Keanu Reeves

9.1.2 Tablas de resultados

En las siguientes tablas de 20 a 31 se muestran los resultados obtenidos al utilizar la propuesta MTCNN, una vez seleccionado el umbral en cada banco de pruebas.

Tabla 20: Aplicación 1 resultados con 15 personas y 5 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 15 personas 5 fotos. Umbral=0,21				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,294	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,163	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,324	Positivo
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,174	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,299	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,306	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,124	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,326	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,366	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,257	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,456	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,214	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	0,125	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,319	Positivo
	Liam Cunningham	Katheryn Winnick	0,170	Desconocido
	Conleth Hill	Katheryn Winnick	0,143	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,125	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
	Laura Dern	Katheryn Winnick	0,150	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,348	Positivo
	Sam Neil	Katheryn Winnick	0,173	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Jeff Goldblum	0,162	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,388	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,168	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,165	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,139	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
P8	Keanu Reeves	Katheryn Winnick	0,207	Desconocido

	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,123	Desconocido
--	-------------	------------------	-------	-------------

Tabla 21: Aplicación 1 resultados con 20 personas y 5 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 20 personas 5 fotos. Umbral=0,17				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,221	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,341	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,233	Positivo
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,136	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,223	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,265	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,387	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,243	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,187	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,277	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,456	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,174	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	0,116	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,261	Positivo
	Liam Cunningham	Katheryn Winnick	0,102	Desconocido
	Conleth Hill	Laura Dern	0,099	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,162	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
	Laura Dern	Sam Neil	0,139	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,272	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,255	Positivo
P6	Robert Muldoon	Jeff Goldblum	0,140	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,414	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,124	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,115	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Morgan Freeman	0,100	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
P8	Keanu Reeves	Katheryn Winnick	0,102	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,163	Desconocido

Tabla 22: Aplicación 1 resultados con 25 personas y 5 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 25 personas 5 fotos. Umbral=0,18				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,400	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,282	Falso positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,334	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,174	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,449	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,590	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,150	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,327	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,408	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,584	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,291	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,136	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	0,085	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,507	Positivo
	Liam Cunningham	Halle Berry	0,089	Desconocido
	Conleth Hill	Katheryn Winnick	0,081	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,140	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
	Laura Dern	Sam Neil	0,115	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,216	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,212	Positivo
P6	Robert Muldoon	Clint Eastwood	0,103	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,367	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,113	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,092	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Samuel L. Jackson	0,182	Positivo
	Jamie Foxx	No reconoce	No Reconoce	No Reconoce
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	0,142	Desconocido
	Halle Berry	Halle Berry	0,136	Desconocido

Tabla 23: Aplicación 1 resultados con 15 personas y 10 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 15 personas 10 fotos. Umbral=0,3				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,437	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,286	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,310	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,215	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,446	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,547	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,154	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,312	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,394	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,559	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,544	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,431	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	0,169	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,523	Positivo
	Liam Cunningham	Travis Fimmel	0,133	Desconocido
	Conleth Hill	Travis Fimmel	0,159	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,158	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Alfie Allen	0,173	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,469	Positivo
	Sam Neil	Travis Fimmel	0,235	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,251	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,519	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,217	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,430	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,262	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Alfie Allen	0,167	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,366	Desconocido

Tabla 24: Aplicación 1 resultados con 20 personas y 10 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 20 personas 10 fotos. Umbral=0,265				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,388	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,444	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,272	Positivo
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,151	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,358	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,449	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,487	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,268	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,326	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,508	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,475	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,338	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,163	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,372	Positivo
	Liam Cunningham	Travis Fimmel	0,106	Desconocido
	Conleth Hill	Travis Fimmel	0,116	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,227	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Sam Neil	0,168	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,358	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,414	Positivo
P6	Robert Muldoon	Alfie Allen	0,156	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,365	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,164	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,324	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,138	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Alfie Allen	0,127	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,288	Desconocido

Tabla 25: Aplicación 1 resultados con 25 personas y 10 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 25 personas 10 fotos. Umbral=0,22				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,328	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,376	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,230	Positivo
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,124	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,302	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,447	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,38	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,225	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,263	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,433	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,415	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,269	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,139	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,316	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	0,119	Desconocido
	Conleth Hill	Keanu Reeves	0,113	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,193	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Sam Neil	0,119	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,316	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,36	Positivo
P6	Robert Muldoon	Alfie Allen	0,132	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,403	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,111	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,253	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Samuel L. Jackson	0,344	Positivo
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	0,254	Positivo
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,215	Desconocido

Tabla 26: Aplicación 1 resultados con 15 personas y 15 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 15 personas 15 fotos. Umbral=0,4				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,609	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,225	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,428	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,261	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,529	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,735	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,160	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,486	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,51	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,718	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,713	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,573	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,187	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,72	Positivo
	Liam Cunningham	Travis Fimmel	0,262	Desconocido
	Conleth Hill	Alfie Allen	0,183	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,245	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Alfie Allen	0,346	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,422	Positivo
	Sam Neil	Travis Fimmel	0,226	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,315	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,534	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,225	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,505	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,224	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Alfie Allen	0,176	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,391	Desconocido

Tabla 27: Aplicación 1 resultados con 20 personas y 15 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 20 personas 15 fotos. Umbral=0,3				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,498	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,617	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,352	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,216	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,407	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,647	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,638	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,412	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,391	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,638	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,647	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,499	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,166	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,573	Positivo
	Liam Cunningham	Travis Fimmel	0,191	Desconocido
	Conleth Hill	Travis Fimmel	0,13	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,206	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Alfie Allen	0,215	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,318	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,395	Positivo
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,263	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,449	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,17	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,446	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Morgan Freeman	0,22	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Alfie Allen	0,146	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,291	Desconocido

Tabla 28: Aplicación 1 resultados con 25 personas y 15 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 25 personas 15 fotos. Umbral=0,27				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,418	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,546	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,306	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,171	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,346	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,563	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,561	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,358	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,326	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,549	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,568	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,37	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,139	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,434	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	0,262	Desconocido
	Conleth Hill	Terrance Quinn	0,15	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,165	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Terrance Quinn	0,198	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,26	Desconocido
	Sam Neil	Sam Neil	0,298	Positivo
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,174	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,411	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,126	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,279	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Samuel L. Jackson	0,38	Positivo
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	0,319	Positivo
	Halle Berry	Halle Berry	0,247	Desconocido

Tabla 29: Aplicación 1 resultados con 15 personas y 20 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 15 personas 20 fotos. Umbral=0,45				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,637	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,393	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,533	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,253	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,561	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,77	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,338	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,584	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,505	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,797	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,791	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,654	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,224	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,739	Positivo
	Liam Cunningham	Travis Fimmel	0,265	Desconocido
	Conleth Hill	Travis Fimmel	0,206	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,217	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Alfie Allen	0,294	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,484	Positivo
	Sam Neil	Katheryn Winnick	0,237	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,352	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,556	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,264	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,549	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,227	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Travis Fimmel	0,204	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,372	Desconocido

Tabla 30: Aplicación 1 resultados con 20 personas y 20 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 20 personas 20 fotos. Umbral=0,35				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,516	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,637	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,505	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,186	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,502	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,695	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,714	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,572	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,494	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,739	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,797	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,565	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,213	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,609	Positivo
	Liam Cunningham	Sam Neil	0,288	Desconocido
	Conleth Hill	Sam Neil	0,237	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,252	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Alfie Allen	0,183	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,352	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,432	Positivo
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,246	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,482	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,16	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,477	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Morgan Freeman	0,324	Desconocido
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Travis Fimmel	0,149	Desconocido
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,300	Desconocido

Tabla 31: Aplicación 1 resultados con 25 personas y 20 fotos

Propuesta MTCNN Banco de pruebas 25 personas 20 fotos. Umbral=0,3				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,46	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,577	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,422	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,169	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,447	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,632	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,65	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,48	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,423	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,715	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,704	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,445	Positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,179	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,504	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	0,263	Desconocido
	Conleth Hill	Sam Neil	0,22	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,212	Desconocido
	John Hammond	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Laura Dern	Terrance Quinn	0,17	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,309	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	0,312	Positivo
P6	Robert Muldoon	Travis Fimmel	0,173	Desconocido
	Laura Dern	No reconoce	No reconoce	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,449	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Shia LaBeouf	0,137	Desconocido
	Christoph Waltz	Travis Fimmel	0,315	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Samuel L. Jackson	0,413	Positivo
	Jamie Foxx	No reconoce	No reconoce	No reconoce
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	0,347	Positivo
	Halle Berry	Halle Berry	0,306	Positivo

En las siguientes tablas de 32 a 43 se muestran los resultados obtenidos al utilizar la propuesta Dlib, en esta aplicación el grado de reconocimiento no es ofertado, por lo que este valor será omitido.

Tabla 32: Aplicación 2 resultados con 15 personas y 5 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 15 personas 5 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Katheryn Winnick	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	Positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Desconocido	Desconocido
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Desconocido	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Desconocido	Desconocido
	Jamie Foxx	Desconocido	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido

	Halle Berry	Desconocido	Desconocido
--	-------------	-------------	-------------

Tabla 33: Aplicación 2 resultados con 20 personas y 5 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 20 personas 5 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	No reconoce
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Will Smith	Falso positivo
	Jamie Foxx	Desconocido	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Desconocido	Desconocido

Tabla 34: Aplicación 2 resultados con 25 personas y 5 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 25 personas 5 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Will Smith	Falso positivo
	Jamie Foxx	Desconocido	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	Positivo
	Halle Berry	Halle Berry	Positivo

Tabla 35: Aplicación 2 resultados con 15 personas y 10 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 15 personas 10 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Katheryn Winnick	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Desconocido	Desconocido
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Desconocido	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Desconocido	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 36: Aplicación 2 resultados con 20 personas y 10 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 20 personas 10 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jamie Foxx	Positivo
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 37: Aplicación 2 resultados con 25 personas y 10 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 25 personas 10 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	Falso positivo
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Terrance Quinn	Falso positivo
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jamie Foxx	Positivo
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	Positivo
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 38: Aplicación 2 resultados con 15 personas y 15 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 15 personas 15 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Katheryn Winnick	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Desconocido	Desconocido
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Desconocido	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Desconocido	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 39: Aplicación 2 resultados con 20 personas y 15 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 20 personas 15 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jamie Foxx	Positivo
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 40: Aplicación 2 resultados con 25 personas y 15 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 25 personas 15 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	Falso positivo
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Terrance Quinn	Falso positivo
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Keanu Reeves	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jamie Foxx	Positivo
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	Positivo
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 41: Aplicación 2 resultados con 15 personas y 20 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 15 personas 20 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Katheryn Winnick	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Desconocido	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Desconocido	Desconocido
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Desconocido	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Desconocido	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 42: Aplicación 2 resultados con 20 personas y 20 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 20 personas 20 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Desconocido	Desconocido
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Desconocido	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jamie Foxx	Positivo
P8	Keanu Reeves	Desconocido	Desconocido
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

Tabla 43: Aplicación 2 resultados con 25 personas y 20 fotos

Propuesta Dlib Banco de pruebas 25 personas 20 fotos.			
Imagen	Aparece	Reconoce	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P2	Rose Leslie	Natalie Dormer	Falso positivo
	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	Positivo
	Sophie Turner	Maisie Williams	Falso positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	Positivo
	Kit Harington	Chris Pratt	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	Falso positivo
	Conleth Hill	Desconocido	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	Falso positivo
	John Hammond	Terrance Quinn	Falso positivo
	Laura Dern	Desconocido	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
	Sam Neil	Sam Neil	Positivo
P6	Robert Muldoon	Desconocido	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	Positivo
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	Positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Alfie Allen	Falso positivo
	Christoph Waltz	Keanu Reeves	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Kit Harington	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jamie Foxx	Falso positivo
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	Positivo
	Halle Berry	Jennifer Lawrence	Falso positivo

En las siguientes tablas de 44 a 55 se muestran los resultados obtenidos al utilizar la propuesta YOLO, una vez seleccionado el umbral en cada banco de pruebas.

Tabla 44: Aplicación 3 resultados con 15 personas y 5 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 15 personas 5 fotos. Umbral=0,115				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,196	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,111	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,118	Positivo
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,114	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,148	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,232	Positivo
	Natalie Dormer	Sophie Turner	0,11	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,159	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,125	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,173	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,270	Positivo
	Kit Harington	Jeff Goldblum	0,111	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Emilia Clarke	0,138	Falso positivo
	Peter Dinklage	Jeff Goldblum	0,131	Falso positivo
	Liam Cunningham	Jeff Goldblum	0,147	Falso positivo
	Conleth Hill	Jeff Goldblum	0,139	Falso positivo
P5	Donald Gennaro	Katheryn Winnick	0,150	Falso positivo
	John Hammond	Jeff Goldblum	0,114	Desconocido
	Laura Dern	Katheryn Winnick	0,101	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,147	Positivo
	Sam Neil	Katheryn Winnick	0,148	Falso positivo
P6	Robert Muldoon	Katheryn Winnick	0,117	Falso positivo
	Laura Dern	Katheryn Winnick	0,16	Falso positivo
	Jeff Goldblum	Katheryn Winnick	0,118	Falso positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Emilia Clarke	0,104	Desconocido
	Christoph Waltz	Jeff Goldblum	0,148	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Katheryn Winnick	0,147	Falso positivo
	Jamie Foxx	Katheryn Winnick	0,167	Falso positivo
P8	Keanu Reeves	Jeff Goldblum	0,116	Falso positivo
	Halle Berry	Katheryn Winnick	0,142	Falso positivo

Tabla 45: Aplicación 3 resultados con 20 personas y 5 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 20 personas 5 fotos. Umbral=0,11				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,169	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,132	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,103	Desconocido
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,104	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,120	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,150	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,149	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,102	Desconocido
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,12	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,143	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,204	Positivo
	Kit Harington	Shia LaBeouf	0,084	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Emilia Clarke	0,121	Falso positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,111	Positivo
	Liam Cunningham	Sam Neil	0,087	Desconocido
	Conleth Hill	Sam Neil	0,077	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Sam Neil	0,099	Desconocido
	John Hammond	Sam Neil	0,080	Desconocido
	Laura Dern	Sam Neil	0,086	Desconocido
	Jeff Goldblum	Sam Neil	0,109	Desconocido
	Sam Neil	Sam Neil	0,183	Positivo
P6	Robert Muldoon	Emilia Clarke	0,080	Desconocido
	Laura Dern	Sam Neil	0,091	Desconocido
	Jeff Goldblum	Sam Neil	0,072	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Jennifer Lawrence	0,074	Desconocido
	Christoph Waltz	Laura Dern	0,080	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,082	Desconocido
	Jamie Foxx	Sam Neil	0,082	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Jamie Foxx	0,136	Falso positivo
	Halle Berry	Laura Dern	0,087	Desconocido

Tabla 46: Aplicación 3 resultados con 25 personas y 5 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 25 personas 5 fotos. Umbral=0,095				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,104	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,097	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,121	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,072	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,112	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,126	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,112	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,116	Positivo
P3	Maisie Williams	Emilia Clarke	0,091	Desconocido
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,130	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,175	Positivo
	Kit Harington	Shia LaBeouf	0,065	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Emilia Clarke	0,089	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,103	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	0,097	Desconocido
	Conleth Hill	Terrance Quinn	0,077	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Clint Eastwood	0,072	Desconocido
	John Hammond	Clint Eastwood	0,079	Desconocido
	Laura Dern	Clint Eastwood	0,069	Desconocido
	Jeff Goldblum	Clint Eastwood	0,076	Desconocido
	Sam Neil	Sam Neil	0,098	Positivo
P6	Robert Muldoon	Emilia Clarke	0,066	Falso positivo
	Laura Dern	Laura Dern	0,083	Desconocido
	Jeff Goldblum	Morgan Freeman	0,068	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Clint Eastwood	0,070	Desconocido
	Christoph Waltz	Morgan Freeman	0,070	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Morgan Freeman	0,086	Desconocido
	Jamie Foxx	Morgan Freeman	0,068	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	0,129	Positivo
	Halle Berry	Halle Berry	0,084	Desconocido

Tabla 47: Aplicación 3 resultados con 15 personas y 10 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 15 personas 10 fotos. Umbral=0,17				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,299	Positivo
	Natalie Dormer	Maisie Williams	0,224	Falso positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,176	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,155	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,162	Desconocido
	Kit Harington	Kit Harington	0,41	Positivo
	Natalie Dormer	Sophie Turner	0,132	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,17	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,222	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,29	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,37	Positivo
	Kit Harington	Shia LaBeouf	0,196	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,12	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,201	Positivo
	Liam Cunningham	Jeff Goldblum	0,165	Desconocido
	Conleth Hill	Laura Dern	0,132	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Laura Dern	0,194	Falso positivo
	John Hammond	Jennifer Lawrence	0,143	Desconocido
	Laura Dern	Jennifer Lawrence	0,153	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jennifer Lawrence	0,161	Desconocido
	Sam Neil	Katheryn Winnick	0,19	Falso positivo
P6	Robert Muldoon	Jennifer Lawrence	0,157	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	0,178	Positivo
	Jeff Goldblum	Katheryn Winnick	0,16	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Jennifer Lawrence	0,174	Falso positivo
	Christoph Waltz	Laura Dern	0,187	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Katheryn Winnick	0,174	Falso positivo
	Jamie Foxx	Jennifer Lawrence	0,175	Falso positivo
P8	Keanu Reeves	Laura Dern	0,168	Desconocido
	Halle Berry	Laura Dern	0,193	Falso positivo

Tabla 48: Aplicación 3 resultados con personas y fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 25 personas 10 fotos. Umbral=0,13				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,297	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,265	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,133	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,095	Desconocido
	Maisie Williams	Sophie Turner	0,154	Falso positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,360	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,295	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,125	Desconocido
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,215	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,309	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,324	Positivo
	Kit Harington	Travis Fimmel	0,140	Falso positivo
	Nathalie Emmanuel	Nathalie Emmanuel	0,137	Positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,251	Positivo
	Liam Cunningham	Morgan Freeman	0,106	Desconocido
	Conleth Hill	Travis Fimmel	0,088	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,117	Desconocido
	John Hammond	Peter Dinklage	0,21	Falso positivo
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,094	Desconocido
	Jeff Goldblum	Jeff Goldblum	0,119	Desconocido
	Sam Neil	Peter Dinklage	0,146	Falso positivo
P6	Robert Muldoon	Peter Dinklage	0,081	Desconocido
	Laura Dern	Katheryn Winnick	0,094	Desconocido
	Jeff Goldblum	Peter Dinklage	0,155	Falso positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Katheryn Winnick	0,117	Desconocido
	Christoph Waltz	Peter Dinklage	0,163	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Morgan Freeman	0,103	Desconocido
	Jamie Foxx	Morgan Freeman	0,095	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Jamie Foxx	0,132	Falso positivo
	Halle Berry	Laura Dern	0,119	Desconocido

Tabla 49: Aplicación 3 resultados con 25 personas y 10 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 25 personas 10 fotos. Umbral=0,11				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,243	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,209	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,114	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,1	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,168	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,223	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,208	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,132	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,154	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,275	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,283	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,096	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Emilia Clarke	0,152	Falso positivo
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,116	Positivo
	Liam Cunningham	Terrance Quinn	0,089	Desconocido
	Conleth Hill	Laura Dern	0,101	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Laura Dern	0,113	Falso positivo
	John Hammond	Clint Eastwood	0,09	Desconocido
	Laura Dern	Jennifer Lawrence	0,085	Desconocido
	Jeff Goldblum	Alfie Allen	0,073	Desconocido
	Sam Neil	Clint Eastwood	0,128	Falso positivo
P6	Robert Muldoon	Jennifer Lawrence	0,077	Desconocido
	Laura Dern	Jennifer Lawrence	0,088	Desconocido
	Jeff Goldblum	Alfie Allen	0,102	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Jennifer Lawrence	0,115	Falso positivo
	Christoph Waltz	Laura Dern	0,123	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Alfie Allen	0,094	Desconocido
	Jamie Foxx	Jennifer Lawrence	0,087	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Laura Dern	0,142	Falso positivo
	Halle Berry	Halle Berry	0,108	Desconocido

Tabla 50: Aplicación 3 resultados con 15 personas y 15 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 15 personas 15 fotos. Umbral=0,23				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,493	Positivo
	Natalie Dormer	Sophie Turner	0,301	Falso positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,172	Desconocido
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,207	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,23	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,528	Positivo
	Natalie Dormer	Sophie Turner	0,224	Desconocido
	Emilia Clarke	Sophie Turner	0,167	Desconocido
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,3	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,472	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,543	Positivo
	Kit Harington	Peter Dinklage	0,221	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Katheryn Winnick	0,148	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,479	Positivo
	Liam Cunningham	Jeff Goldblum	0,138	Desconocido
	Conleth Hill	Alfie Allen	0,328	Falso positivo
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,328	Falso positivo
	John Hammond	Peter Dinklage	0,325	Falso positivo
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,242	Falso positivo
	Jeff Goldblum	Peter Dinklage	0,228	Desconocido
	Sam Neil	Peter Dinklage	0,271	Falso positivo
P6	Robert Muldoon	Peter Dinklage	0,328	Falso positivo
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,331	Falso positivo
	Jeff Goldblum	Peter Dinklage	0,378	Falso positivo
P7	Leonardo DiCaprio	Peter Dinklage	0,189	Desconocido
	Christoph Waltz	Peter Dinklage	0,381	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Peter Dinklage	0,343	Falso positivo
	Jamie Foxx	Peter Dinklage	0,266	Falso positivo
P8	Keanu Reeves	Peter Dinklage	0,162	Desconocido
	Halle Berry	Peter Dinklage	0,253	Falso positivo

Tabla 51: Aplicación 3 resultados con 20 personas y 15 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 20 personas 15 fotos. Umbral=0,26				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,47	Positivo
	Natalie Dormer	Sophie Turner	0,31	Falso positivo
	Emilia Clarke	Sophie Turner	0,278	Falso positivo
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,144	Desconocido
	Maisie Williams	Sophie Turner	0,226	Desconocido
	Kit Harington	Kit Harington	0,361	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,342	Positivo
	Emilia Clarke	Sophie Turner	0,217	Desconocido
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,265	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,534	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,394	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,157	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Sophie Turner	0,185	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,346	Positivo
	Liam Cunningham	Sam Neil	0,134	Desconocido
	Conleth Hill	Laura Dern	0,313	Falso positivo
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,342	Falso positivo
	John Hammond	Peter Dinklage	0,258	Desconocido
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,32	Falso positivo
	Jeff Goldblum	Sam Neil	0,131	Desconocido
	Sam Neil	Sam Neil	0,178	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Peter Dinklage	0,124	Desconocido
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,189	Desconocido
	Jeff Goldblum	Peter Dinklage	0,243	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Peter Dinklage	0,2	Desconocido
	Christoph Waltz	Peter Dinklage	0,242	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Peter Dinklage	0,304	Falso positivo
	Jamie Foxx	Peter Dinklage	0,161	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Jamie Foxx	0,136	Desconocido
	Halle Berry	Laura Dern	0,216	Desconocido

Tabla 52: Aplicación 3 resultados con 25 personas y 15 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 25 personas 15 fotos. Umbral=0,183				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,369	Positivo
	Natalie Dormer	Maisie Williams	0,154	Desconocido
	Emilia Clarke	Sophie Turner	0,176	Desconocido
P2	Rose Leslie	Jennifer Lawrence	0,129	Desconocido
	Maisie Williams	Sophie Turner	0,159	Desconocido
	Kit Harington	Kit Harington	0,212	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,184	Positivo
	Emilia Clarke	Sophie Turner	0,155	Desconocido
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,302	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,343	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,403	Positivo
	Kit Harington	Peter Dinklage	0,128	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Clint Eastwood	0,151	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,231	Positivo
	Liam Cunningham	Peter Dinklage	0,179	Desconocido
	Conleth Hill	Clint Eastwood	0,119	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Clint Eastwood	0,148	Desconocido
	John Hammond	Clint Eastwood	0,177	Desconocido
	Laura Dern	Clint Eastwood	0,135	Desconocido
	Jeff Goldblum	Sam Neil	0,124	Desconocido
	Sam Neil	Clint Eastwood	0,182	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Clint Eastwood	0,128	Desconocido
	Laura Dern	Clint Eastwood	0,155	Desconocido
	Jeff Goldblum	Clint Eastwood	0,117	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Clint Eastwood	0,119	Desconocido
	Christoph Waltz	Clint Eastwood	0,126	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Peter Dinklage	0,243	Falso positivo
	Jamie Foxx	Clint Eastwood	0,116	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Clint Eastwood	0,205	Falso positivo
	Halle Berry	Peter Dinklage	0,144	Desconocido

Tabla 53: Aplicación 3 resultados con 15 personas y 20 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 15 personas 20 fotos. Umbral=0,24				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,51	Positivo
	Natalie Dormer	Katheryn Winnick	0,244	Falso positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,498	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,212	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,407	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,664	Positivo
	Natalie Dormer	Laura Dern	0,181	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,387	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,31	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,636	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,596	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,173	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Maisie Williams	0,167	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,611	Positivo
	Liam Cunningham	Peter Dinklage	0,162	Desconocido
	Conleth Hill	Katheryn Winnick	0,194	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,32	Falso positivo
	John Hammond	Peter Dinklage	0,282	Falso positivo
	Laura Dern	Laura Dern	0,379	Positivo
	Jeff Goldblum	Laura Dern	0,215	Desconocido
	Sam Neil	Laura Dern	0,205	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Peter Dinklage	0,202	Desconocido
	Laura Dern	Laura Dern	0,244	Positivo
	Jeff Goldblum	Peter Dinklage	0,216	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Laura Dern	0,153	Desconocido
	Christoph Waltz	Peter Dinklage	0,277	Falso positivo
	Samuel L. Jackson	Peter Dinklage	0,232	Desconocido
	Jamie Foxx	Laura Dern	0,181	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Chris Pratt	0,151	Desconocido
	Halle Berry	Laura Dern	0,485	Falso positivo

Tabla 54: Aplicación 3 resultados con 20 personas y 20 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 20 personas 20 fotos. Umbral=0,3				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,237	Desconocido
	Natalie Dormer	Maisie Williams	0,253	Desconocido
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,428	Positivo
P2	Rose Leslie	Rami Malek	0,138	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,359	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,53	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,426	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,355	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,385	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,419	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,493	Positivo
	Kit Harington	Peter Dinklage	0,196	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Jennifer Lawrence	0,241	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,591	Positivo
	Liam Cunningham	Peter Dinklage	0,171	Desconocido
	Conleth Hill	Laura Dern	0,203	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,172	Desconocido
	John Hammond	Peter Dinklage	0,293	Desconocido
	Laura Dern	Rami Malek	0,145	Desconocido
	Jeff Goldblum	Will Smith	0,143	Desconocido
	Sam Neil	Peter Dinklage	0,186	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Maisie Williams	0,116	Desconocido
	Laura Dern	Rami Malek	0,107	Desconocido
	Jeff Goldblum	Rami Malek	0,237	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Maisie Williams	0,123	Desconocido
	Christoph Waltz	Peter Dinklage	0,277	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Peter Dinklage	0,216	Desconocido
	Jamie Foxx	Will Smith	0,148	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Peter Dinklage	0,147	Desconocido
	Halle Berry	Maisie Williams	0,215	Desconocido

Tabla 55: Aplicación 3 resultados con 25 personas y 20 fotos

Propuesta YOLO Banco de pruebas 25 personas 20 fotos. Umbral=0,28				
Imagen	Aparece	Reconoce	Grado	Estado
P1	Sophie Turner	Sophie Turner	0,463	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,287	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,336	Positivo
P2	Rose Leslie	Laura Dern	0,17	Desconocido
	Maisie Williams	Maisie Williams	0,281	Positivo
	Kit Harington	Kit Harington	0,505	Positivo
	Natalie Dormer	Natalie Dormer	0,448	Positivo
	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,239	Positivo
P3	Maisie Williams	Maisie Williams	0,361	Positivo
	Sophie Turner	Sophie Turner	0,493	Positivo
P4	Emilia Clarke	Emilia Clarke	0,527	Positivo
	Kit Harington	Katheryn Winnick	0,103	Desconocido
	Nathalie Emmanuel	Katheryn Winnick	0,163	Desconocido
	Peter Dinklage	Peter Dinklage	0,368	Positivo
	Liam Cunningham	Clint Eastwood	0,162	Desconocido
	Conleth Hill	Peter Dinklage	0,135	Desconocido
P5	Donald Gennaro	Peter Dinklage	0,18	Desconocido
	John Hammond	Peter Dinklage	0,15	Desconocido
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,149	Desconocido
	Jeff Goldblum	Sam Neil	0,203	Desconocido
	Sam Neil	Peter Dinklage	0,165	Desconocido
P6	Robert Muldoon	Peter Dinklage	0,171	Desconocido
	Laura Dern	Peter Dinklage	0,206	Desconocido
	Jeff Goldblum	Peter Dinklage	0,224	Desconocido
P7	Leonardo DiCaprio	Peter Dinklage	0,175	Desconocido
	Christoph Waltz	Peter Dinklage	0,175	Desconocido
	Samuel L. Jackson	Clint Eastwood	0,131	Desconocido
	Jamie Foxx	Peter Dinklage	0,091	Desconocido
P8	Keanu Reeves	Keanu Reeves	0,302	Positivo
	Halle Berry	Peter Dinklage	0,141	Desconocido

9.1.3 Resultados prueba caso real

Para esta prueba se tiene un banco de resultados de 5 imágenes en las cuales se pueden llegar a reconocer 9 rostros de los 13 rostros que contiene este banco, en la tabla 56 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 56: Resultados prueba de caso real

Aplicación Web Banco de pruebas 10 personas 10 fotos. Umbral=0.35		
Imagen	Grado	Estado
P1	0,655	Positivo
	0,531	Positivo
P2	0,586	Positivo
	0,671	Positivo
	0,670	Positivo
P3	0,409	Positivo
	0,617	Positivo
P4	0,478	Positivo
	0,279	Desconocido
	0,282	Desconocido
P5	0,214	Desconocido
	0,572	Positivo
	0,188	Desconocido

9.2 Anexo II. Manual de usuario

En este anexo se contempla el manual de usuario tipo cliente para la utilización de la aplicación web descrita en el capítulo 6.

9.2.1 Manual de usuario

Todos los servicios para el usuario están disponibles a través del menú de navegación referenciado en la figura 38.



Figura 39: Menú de navegación

9.2.2 Analizar imagen

En este servicio el usuario puede analizar una imagen que pertenezca a sus archivos locales.

El proceso a seguir para utilizar este servicio es el siguiente:

- Paso 1. Para acceder al servicio tan solo hay que hacer clic en el enlace “Analizar Imagen” desde el menú de navegación, como se detalla en rojo en la figura 39.



Figura 40: Acceso al servicio Analizar Imagen

- Paso 2. La imagen que se desea analizar se envía realizando clic en “Seleccionar archivo”, este nos abrirá una ventana, para poder seleccionar la imagen que se desea analizar. Una vez elegida hacer clic en “Analizar”, como se indica en la figura 40 marcado en rojo.



Figura 41: Selección de imagen

- Paso 3. Realizado este proceso el servidor mostrara, en una nueva pantalla, la imagen ya analizada.

9.2.3 Analizar vídeo

Con este servicio se puede analizar un vídeo que este alojado en los archivos locales del cliente.

El proceso a seguir para utilizar este servicio es el siguiente:

- Paso 1. El acceso a este servicio se realiza a través del enlace “Analizar Vídeo” desde el menú de navegación, como se ha marcado en rojo en la figura 41.



Figura 42: Acceso al servicio Analizar Vídeo

- Paso 2. Para hacer uso del servicio, hay que seleccionar el vídeo que se desea analizar, realizando clic en “Seleccionar archivo”, esto abrirá una ventana, para poder seleccionar el vídeo que se desea analizar. Una vez elegido hacer clic en “Analizar”, como se indica en la figura 42 marcado en rojo.



Figura 43: Selección de vídeo

- Paso 3. Tras el envío del vídeo al servidor esté mostrara, en una nueva pantalla, el resultado del vídeo ya analizada.

9.2.4 Abrir Cámara Local

Para este servicio el usuario puede analizar una imagen que obtenga a través de su webcam. Este envío puede ser automático o manual

El proceso a seguir para utilizar este servicio es el siguiente:

- Paso 1. El acceso a este servicio se realiza a través del enlace “Abrir Cámara Local” desde el menú de navegación, como se ha marcado en rojo en la figura 43.



Figura 44: Acceso al servicio Abrir Cámara Local

- Paso 2. El inicio de la Webcam se realiza a través del botón “Iniciar Webcam”, como se indica en la figura 44 marcado en rojo.



Figura 45: Iniciar Webcam

- Paso 3. Iniciada la Webcam, el envío de la imagen se puede realizar a través de los botones “Enviar Captura” y “Auto Captura”, marcados en rojo en la figura 45. Con el botón “Enviar Captura”, se procede a enviar al servidor la captura de imagen en el momento de hacer clic en dicho botón. Para realizar un envío automático de capturas de imagen, tan solo hay que hacer clic en el botón “Auto Captura”, el cual envía capturas de imágenes cada 10 segundos.



Figura 46: Envío de imágenes

El botón “Auto captura” presenta 3 indicadores de color, como se indica en la figura 46. Si el botón se encuentra con un relleno gris o rojo, el proceso de envío de imágenes está inactivo, mientras que si su relleno, es de color verde, el envío de imágenes se encuentra activo.



Figura 47: Estados del botón Auto Captura

9.2.5 Abrir Cámara IP

Este servicio proporciona un análisis de vídeo con un cierto retraso en el tiempo a través de una cámara IP.

El proceso a seguir para utilizar este servicio es el siguiente:

- Paso 1. Para acceder a este servicio, tan solo hay que hacer clic en el enlace “Abrir Cámara IP” desde el menú de navegación, como se ha marcado en rojo en la figura 47.

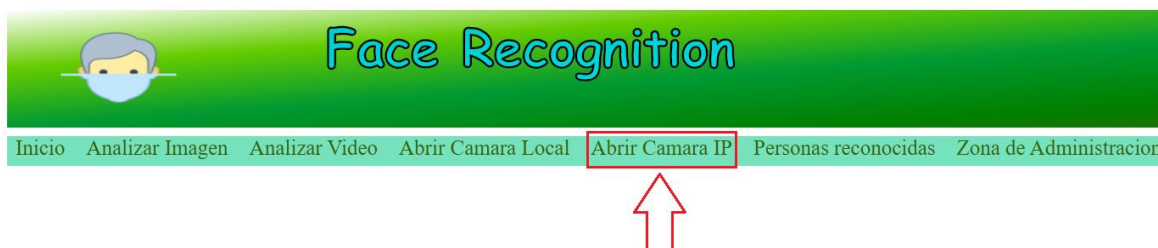


Figura 48: Acceso al servicio Abrir Cámara IP

- Paso 2. El acceso a la cámara IP se realiza incluyendo, la IP objetivo en el cuadro de texto marcado en rojo dentro de la figura 48.



Figura 49: Introducir IP

- Paso 3. Una vez enviada la dirección IP objetivo, se procede a mostrar en la misma ventana el análisis del resultado vídeo.

9.2.6 Personas Reconocidas

En este servicio se mostrara la lista de las personas que el servidor tiene en su base de datos, para poder ser reconocidas.

El servicio se encuentra disponible haciendo clic en “Personas Reconocidas” a través del menú de navegación, como se indica en la figura 49 marcado en rojo. Además, se muestra en la misma pantalla la lista de personas reconocidas.



Figura 50: Servicio personas reconocidas

9.2.7 Zona de Administración

El acceso al servicio sirve para registrarse como administrador y poder hacer uso de esta zona, hay que tener el nombre y la clave de administrador.

Se puede acceder a este servicio a través del enlace de “Zona de Administración” del enlace de navegación, como se indica en la figura 50 marcado en rojo.



Figura 51: Acceso a Zona de Administración

Una vez se haga clic en este enlace, le pedirá al usuario los datos necesarios para acceder como administrador como se indica en la siguiente figura 51.

Figura 52: Acceso como usuario administrador

9.3 Anexo III. Manual de administrador

En este anexo se contempla el manual de usuario tipo administrador para la utilización de la aplicación web descrita en el capítulo 6.

9.3.1 Manual de administrador

Para poder acceder a estos servicios es necesario tener la clave y nombre de administrador, como se indica en la figura 52 marcado en rojo. El acceso a esta zona se realiza a través del menú de navegación de usuario con el enlace “Zona Administración” o escribiendo `http://[ServicioWeb]/administracion`.



Figura 53: Login de acceso a administración

Todos estos servicios están disponibles a través del menú de navegación representado en la figura 53.



Figura 54: Menú de navegación

9.3.2 Añadir nueva persona

Se puede añadir una nueva persona a la lista de personas usuario a través de este servicio.

Los pasos para añadir una persona son los siguientes:

- Paso 1. El acceso al servicio se realiza a través del enlace “Añadir Nueva Persona” del menú de navegación, detallado en rojo en la figura 54.



Figura 55: Acceso al servicio añadir nueva persona

- Paso 2. Se debe introducir el nombre de la persona con el que se vaya a describir y elegir el archivo con los datos de esta persona, como se detalla en la figura 55 marcado en rojo. El archivo de subida debe seguir los criterios que se indican en el Anexo IV.

Figura 56: Introducción de datos de la nueva persona

- Paso 3. Realizado el proceso del paso 2, haciendo clic en el botón “Guardar”, como se muestra en la figura 56 marcado en rojo, esto envía los datos de esta persona⁹ al servidor.

Figura 57: Envío de datos de la nueva persona

Una vez enviados los datos, el servidor nos responde en esa misma pantalla, el resultado de la subida mostrando un mensaje satisfactorio o indicando que se ha producido un error.

⁹ Esta persona no podrá ser reconocida hasta que se realice el entrenamiento y convertirse de persona usuario a persona reconocida.

9.3.3 Borrar reconocido

Con este servicio se puede borrar una de las personas incluidas en la lista de reconocidos.

Los pasos de este servicio son los siguientes:

- Paso 1. El servicio se encuentra disponible a través del enlace “Borrar Un Reconocido” presente en el menú de navegación, como se muestra en la figura 57 marcado de rojo.



Figura 58: Acceso al servicio borrar un reconocido

- Paso 2. Para borrar el reconocido, tan solo hay que introducir el nombre de la persona¹⁰ que se desee borrar en la casilla de texto y hacer clic en “Enviar”, marcados en rojo en la figura 58.



Figura 59: Introducir persona a borrar

- Paso 3. Una vez enviado el nombre la lista de reconocidos se actualiza automáticamente.

9.3.4 Borrar foto

En este servicio se puede borrar una de las fotos de las personas incluidas en la lista de reconocidos.

Los pasos de este servicio son los siguientes:

¹⁰ Esta persona podrá seguir siendo reconocida hasta que se realice un nuevo entrenamiento.

- Paso 1. Para acceder a este servicio hay que hacer clic en el enlace “Borrar una foto” desde el menú de navegación como se indica en rojo en la figura 59.



Figura 60: Acceso al servicio borrar una foto.

- Paso 2. Tras el acceso a este servicio se mostrara la lista de personas reconocidas. Para acceder al borrado de fotos de un reconocido, hay que ingresar el nombre en el cuadro de texto y pulsar en “Enviar” marcados de rojo en la figura 60.



Figura 61: Introducir persona para borrar su foto

- Paso 3. Enviado el nombre, el servidor mostrara en una pantalla las imágenes de esta persona utilizadas para realizar el entrenamiento. Para borrar la foto que se desee tan solo hay que hacer clic en esta.

9.3.5 Mostrar foto

Utilizando este servicio se muestran todas las fotos de una persona usuario, que este almacenado en el sistema.

Los pasos para utilizar este servicio son los siguientes:

- Paso1. Este servicio está disponible a través del enlace “Ver Fotos” del menú de navegación, como se muestra marcado en rojo en la figura 61.



Figura 62: Acceso al servicio ver fotos

- Paso 2. Para ver las fotos de la persona usuario, hay que introducir el nombre en el cuadro de texto y hacer clic en “Enviar” como se indica en la figura 62 marcado de rojo.



Figura 63: Introducción del usuario para ver sus fotos

- Paso 3. Una vez enviado el nombre de la persona seleccionada, el servidor mostrara una lista de las imágenes junto con el nombre de estas imágenes.

9.3.6 Realizar Entrenamiento

Con este servicio se realiza el entrenamiento del sistema de reconocimiento facial con la lista de usuarios almacenada en el servidor.

Para hacer uso de este servicio tan solo hay que hacer clic en “Realizar Entrenamiento” como se detalla en la figura 63 marcado de rojo.



Figura 64: Acceso al servicio realizar entrenamiento

Una vez realizado el entrenamiento, el servidor nos devuelve en la misma pantalla el resultado de este servicio, haya sido o no satisfactorio.

9.4 Anexo IV. Preparación de datos

En este anexo se documenta como crear el archivo necesario con los datos de la persona que se desea añadir.

9.4.1 *Procesado de los datos para añadir una nueva persona.*

Para añadir una persona, es necesario seguir este proceso para enviar el archivo con las imágenes de entrenamiento al servidor.

Los pasos a seguir son:

- Obtención de las imágenes que se desean utilizar para entrenar el servicio de reconocimiento facial.
- Seleccionar las imágenes deseadas y almacenarlas todas dentro de un archivo en formato “.si”, el cual es utilizado para enviar las imágenes al servidor.
- Envío del archivo en formato “.si” al servidor a través del servicio “Añadir nueva persona”.

9.5 Anexo V. Instalación del sistema

En este anexo se documentan los pasos a seguir para desplegar el servidor, se deben realizar las siguientes descargas e instalaciones para poder realizar posteriormente la implementación del servicio web en el sistema destino.

Todos estos procesos se han realizado en un Windows 10, por lo que si usa otro sistema quizás varíe el sistema de instalación, pero es muy importante instalar las versiones que se van a indicar en este anexo ya que pueden sufrir varias incompatibilidades en el futuro si instala otras versiones.

9.5.1 *Descarga e instalación de Python*

Este servicio utiliza el lenguaje de programación Python como intérprete. Para este servicio es necesario instalar una versión inferior a Python 3.8, siendo la versión 3.7.7 la utilizada en las pruebas y la que tiene la máxima compatibilidad con el sistema, esta versión se puede encontrar y descargar a través del siguiente [enlace](#).

Descargado el archivo que nuestro sistema utiliza se procede a realizar la instalación. A continuación detallaremos el proceso utilizando Windows 10.

Al abrir el archivo de instalación aparecerá la siguiente ventana, es importante marcar la casilla “Add Python 3.7 to PATH” y hacer clic en “Install Now” para iniciar la instalación, como se detalla en la figura 64 marcado en rojo.

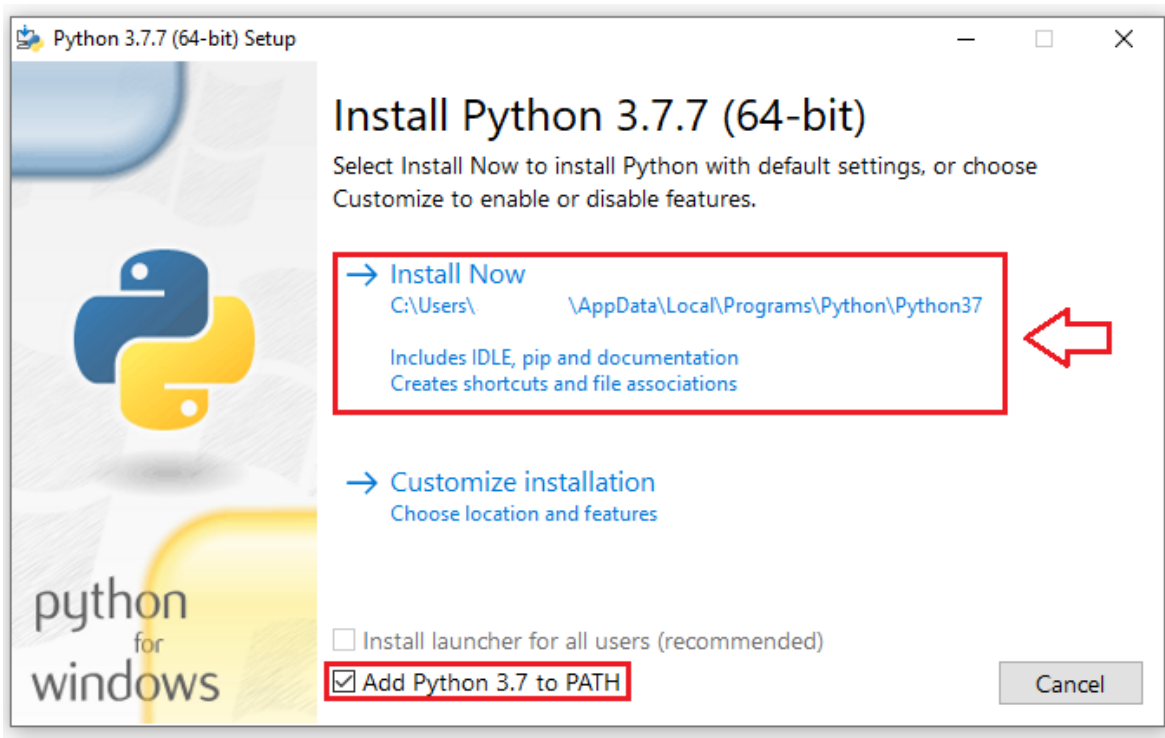


Figura 65: Instalación de Python

Una vez terminada la instalación aparecerá una ventana de confirmación de esta, tan solo se necesita hacer clic en “Close”, como se muestra en rojo dentro de la figura 65.

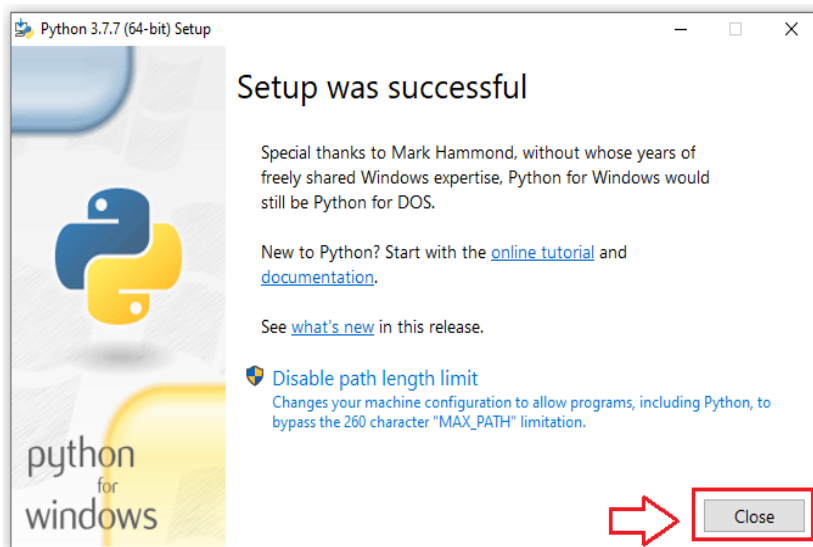


Figura 66: Finalización de la instalación de Python

9.5.2 Descarga del servicio web

El servicio se puede descargar a través del siguiente [enlace](#).

Se puede descargar a través del servicio web de Github haciendo clic en el botón “Code” y posteriormente en “Download ZIP” como se muestra en la figura 66, detallado en rojo.

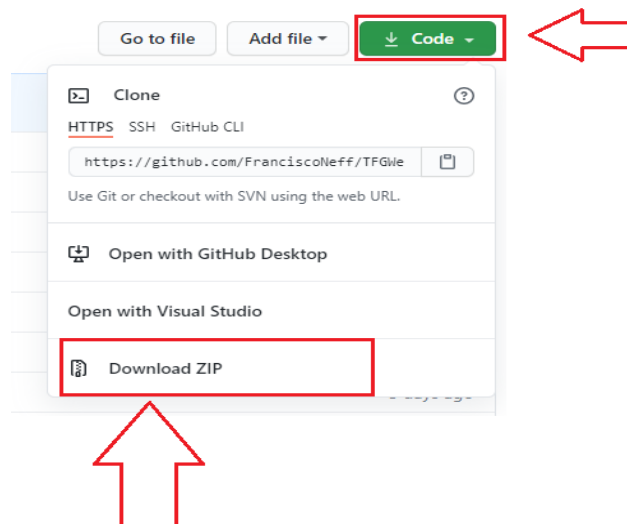


Figura 67: Descarga del servicio vía web

Si se quiere descargar el servicio desde un terminal se puede realizar utilizando el siguiente comando.

```
git clone https://github.com/FranciscoNeff/TFGWeb.git
```

9.5.3 Instalación de las librerías de Python

Una vez descargado el servicio, en la carpeta raíz de este, tiene un archivo llamado “requirements.txt” el cual tiene todas las librerías necesarias para que el servicio funcione correctamente. La instalación de estas librerías se realiza utilizando el siguiente comando en el terminal.

```
/[carpeta raíz del servicio]> pip install -r requirements.txt
```

9.5.4 Despliegue del servicio

Realizadas todas las instalaciones previas la implementación del servicio para su utilización es bastante sencilla. Tan solo hay que situarse en la carpeta raíz donde este almacenado el servicio y utilizar el siguiente comando dentro del terminal.

```
/[carpeta raíz del servicio]> python manage.py runserver
```

Si se quiere correr el servicio en una Ip y puerto específico se debe utilizar el siguiente comando en el terminal.

```
/[carpeta raíz del servicio]> python manage.py runserver  
<Dir.Ip>: <Port>
```

9.5.5 Base de datos

Dentro de los directorios del servicio deben existir 2 carpetas llamadas “train_img” y “pre_img”, las cuales son las utilizadas para almacenar las fotos de las personas para

realizar los entrenamientos del modelo de reconocimiento facial. Estos directorios deben estar situados dentro del directorio “FaceRecognition”, este sistema de directorios se detalla en la figura 67, si este directorio no existe se crea automáticamente cuando se hace uso del servicio añadir persona.

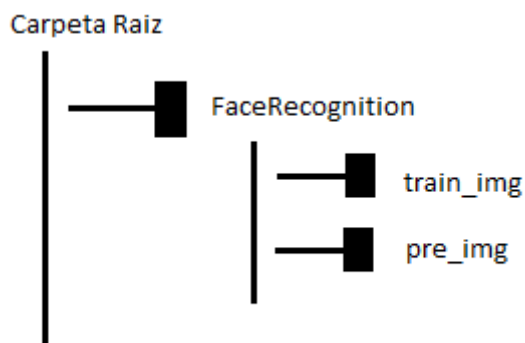


Figura 68: Directorios de datos para entrenamiento

9.5.6 Usuario administrador

Situado en la carpeta raíz, se puede crear un usuario administrador, se crea a través del terminal con el siguiente comando.

```
/[carpeta raíz del servicio]> python manage.py createsuperuser
```

Una vez introducido el comando se pedirán los datos de usuario de este administrador, siendo estos, “Username”, “Email address”, “Password” y “Password (again)”.

```
Username: <nombre>
Email address: <Email>
Password: <contraseña>
Password (again): <contraseña>
Superuser created sucessfully
```

9.6 Anexo VI. Documentación

La documentación asociada al servicio web se localiza dentro del código de ésta, en el directorio “DOCS” en esta se describe y detallan los métodos y clases utilizadas para su correcto funcionamiento. Existen 2 tipos de documentación, tipo HTML, alojadas en “DOCS/html” y “DOCS/html/pdfhtml” y la documentación tipo PDF alojada en “DOCS/pdf”