



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Aplicación de reconocimiento facial para el control de asistencia de
estudiantes mediante modelos de visión artificial**

**CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MENDIETA PERALTA LEINER BRANDON
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Aplicación de reconocimiento facial para el control de asistencia de
estudiantes mediante modelos de visión artificial**

**CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MENDETA PERALTA LEINER BRANDON
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

**Aplicación de reconocimiento facial para el control de asistencia
de estudiantes mediante modelos de visión artificial**

**CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

**MENDIETA PERALTA LEINER BRANDON
INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION**

RIVAS ASANZA WILMER BRAULIO

**MACHALA
2023**

Tesis Reconocimiento facial

por Campoverde Leiner

Fecha de entrega: 10-sep-2023 07:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2162464379

Nombre del archivo: Tesis_Campoverde_Mendieta.pdf (2.63M)

Total de palabras: 9418

Total de caracteres: 50433

Tesis Reconocimiento facial

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
2	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	doaj.org Fuente de Internet	<1%
7	mriuc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	<1%
8	Arnol Sneider Suárez Londoño, Andrés Fernando Jiménez López, Mauricio Castro Franco, Angel Alfonso Cruz Roa. "Clasificación y mapeo automático de coberturas del suelo	<1%

en imágenes satelitales utilizando Redes Neuronales Convolucionales", Orinoquia, 2017

Publicación

9	repositorioinstitucional.ufpso.edu.co	<1 %
Fuente de Internet		
<hr/>		
10	oa.upm.es	<1 %
Fuente de Internet		
<hr/>		
11	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid	<1 %
Trabajo del estudiante		

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

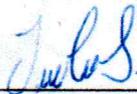
Los que suscriben, CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS y MENDIETA PERALTA LEINER BRANDON, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Aplicación de reconocimiento facial para el control de asistencia de estudiantes mediante modelos de visión artificial, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS

0705938082



MENDIETA PERALTA LEINER BRANDON

0704686856



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

APLICACIÓN DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL CONTROL DE
ASISTENCIA DE ESTUDIANTES MEDIANTE MODELOS DE VISIÓN
ARTIFICIAL

CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

MENDETA PERALTA LEINER BRANDON
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

ING. RIVAS ASANZA WILMER BRAULIO
TUTOR

ING. MAZÓN OLIVO BERTHA EUGENIA
COTURORA

MACHALA

2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**APLICACIÓN DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL CONTROL DE
ASISTENCIA DE ESTUDIANTES MEDIANTE MODELOS DE VISIÓN
ARTIFICIAL**

**CAMPOVERDE SALTO JUAN CARLOS
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**MENDETA PERALTA LEINER BRANDON
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**ING. RIVAS ASANZA WILMER BRAULIO
TUTOR**

**ING. MAZÓN OLIVO BERTHA EUGENIA
COTURORA**

MACHALA

2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a mis padres Rosa y Daniel, quienes han sido mi principal fuente de apoyo y me han permitido desarrollarme como un profesional. A mis amigos, por su amistad y sus ánimos constantes. Y a todos los seres que me han acompañado en este trayecto.

Juan Carlos Campoverde Salto

Dedico con amor y gratitud este trabajo a mis amados padres, Luis Mendieta y Nancy Peralta, quienes han sido los faros de luz en mi vida y los pilares inquebrantables que han guiado mis pasos. A mis queridas tías, cuyo apoyo y cariño han sido como un abrazo cálido en cada desafío, a Julio Cedillo y Jhon Cely, quienes no solo son amigos, sino que han sido como hermanos para mí. Su amistad, apoyo y compañía han sido un regalo inestimable en mi vida y a todos los seres que han cruzado mi camino en este trayecto, mi corazón agradece por su presencia en mi vida.

Leiner Brandon Mendieta Peralta

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por haberme permitido culminar este trabajo, de igual forma expresar mi profundo agradecimiento a mis padres Rosa y Daniel que con su esfuerzo lograron que siga adelante, a mi pareja Cristina Galarza, que me apoya y me anima en todo momento.

Agradezco a nuestro tutor Ing. Wilmer Rivas y cotutora Ing. Bertha Mazón quienes nos guiaron en el proceso de titulación, finalmente al Ing. Fausto Redrován por su guía y motivación como docente.

Juan Carlos Campoverde Salto

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a Dios por permitirme culminar con éxito mi carrera, a mis padres cuyo incansable esfuerzo allanó el camino de mi educación, a mi pareja Cinthia Cabrera quien no solo ha sido mi amor y apoyo incondicional en esta trayectoria de mi carrera, sino también mi amiga fiel y confidente. Agradezco a mis amigos, Ing. Juan Campoverde e Ing. Gabriel Vega, Por la amistad que compartimos, el invaluable apoyo brindado, las valiosas lecciones compartidas y la estrecha camaradería que hemos cultivado a lo largo del tiempo. Así mismo, a mi querido grupo de amigos que ha estado a mi lado desde nuestros días de colegio, quiero expresar mi profundo agradecimiento, compartiendo risas, desafíos y logros, y su apoyo inquebrantable ha sido una constante fuente de fortaleza en mi vida, al ingeniero Wilmer Rivas y a la cotutora Bertha Mazón por su invaluable orientación durante el proceso de titulación, y al ingeniero Fausto Redrovan por su inspiradora guía como docente. Este logro es el resultado de sus contribuciones, y les estoy eternamente agradecido por haber sido parte fundamental de este viaje académico.

Leiner Brandon Mendieta Peralta

RESUMEN

Los sistemas de reconocimiento facial, permiten detectar características del rostro, emociones, datos biométricos entre otras; esta tecnología se ha implementado en la sociedad, en distintos ámbitos como: el desbloqueo de celulares, control de acceso; permitiendo realizar tareas cotidianas de manera más rápida. Las instituciones educativas también adoptan estas nuevas tecnologías, para mejorar los servicios que ofrecen y optimizar procesos. Por esta razón, el propósito de este proyecto consistió en desarrollar una aplicación web de reconocimiento facial que será utilizada por el docente para registrar la asistencia, mediante dispositivos informáticos, definiendo como herramienta principal el celular, debido a que permite una mejor resolución de captura. Para el desarrollo del prototipo se utilizó la metodología CRISP-DM que consta de las fases: comprender el negocio, análisis de datos, construcción de una base de datos de rostros, entrenamiento del modelo con técnicas de IA utilizando un dataset de imágenes, elección del mejor modelo entrenado y finalmente el despliegue, además se utilizó la metodología XP para el desarrollo de la aplicación web con sus fases: planificación, diseño, codificación y pruebas. Se aplicó las métricas de exactitud y precisión con base en una matriz de confusión que se obtuvo al evaluar los modelos de IA para el reconocimiento facial, teniendo en cuenta los parámetros de luz, posición, y resolución de la imagen a examinar. De este modo posibilitó la selección del modelo Face-Api.js. Siendo el de mayor precisión y exactitud para el desarrollo del proyecto, también se aplicó la norma de calidad ISO 9126 con el propósito de evaluar la funcionabilidad, fiabilidad, usabilidad y eficiencia de la aplicación web. Al final se comprobó que la aplicación cumplió con éxito el objetivo principal de identificar a los estudiantes mediante una fotografía grupal con gran precisión, pero los tiempos de respuesta se asemejan al registro de asistencia vigente.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial, reconocimiento facial, redes neuronales, registro de asistencia, visión artificial.

SUMMARY

Facial recognition systems allow facial characteristics, emotions, biometric data, among others, to be detected; This technology has been implemented in society, in different areas such as: cell phone unlocking, access control; allowing you to perform everyday tasks more quickly. Educational institutions also adopt these new technologies to improve the services they offer and optimize processes. For this reason, the purpose of this project was to develop a facial recognition web application that will be used by the teacher to record attendance, using computer devices, defining the cell phone as the main tool, because it allows a better capture resolution. To develop the prototype, the CRISP-DM methodology was used, which consists of the phases: understanding the business, data analysis, construction of a face database, training the model with AI techniques using an image dataset, choosing the best trained model and finally the deployment, in addition the XP methodology was used for the development of the web application with its phases: planning, design, coding and testing. Accuracy and precision metrics were applied based on a confusion matrix that was obtained when evaluating AI models for facial recognition, taking into account the parameters of light, position, and resolution of the image to be examined. This made it possible to select the Face-API.js model. Being the one with the greatest precision and accuracy for the development of the project, the ISO 9126 quality standard was also applied with the purpose of evaluating the functionality, reliability, usability and efficiency of the web application. In the end, it was found that the application successfully fulfilled the main objective of identifying students through a group photograph with great precision, but the response times are similar to the current attendance record.

KEYWORDS: artificial intelligence, attendance registration, computer vision, facial recognition, neural networks.

Índice de Contenido

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN RESPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
SUMMARY	vi
GLOSARIO	xi
INTRODUCCIÓN	12
i) Organización del documento	12
ii) Declaración y formulación del Problema	12
iii) Objeto de Estudio y Campo de Acción	14
iv) Objetivos	14
vi) Justificación	16
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	17
1.1. Antecedentes de la investigación	17
1.2. Antecedentes Históricos	20
1.3. Antecedentes Teóricos	22
1.3.1. Tecnologías aplicadas al registro de asistencia	22
1.3.2. Aplicación web	23
1.3.3. Inteligencia artificial	23
Reconocimiento Facial	23
Visión Artificial	24
Aprendizaje Automático	25
Aprendizaje Profundo	26
1.3.4. Herramientas	27
Python	27
Keras	27
TensorFlow	27
Open-CV	28
1.4. Antecedentes Contextuales	28
1.4.1. Ámbito de aplicación	28
1.4.2. Establecimiento de Requerimientos	28
CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	29
2.1. Definición del prototipo	29

2.2.	Metodología de desarrollo del prototipo	30
2.2.1.	Enfoque, alcance y diseño de la investigación	30
2.2.2.	Unidades de análisis.....	30
2.2.3.	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	31
2.2.4.	Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados.....	31
2.2.5.	Metodología o métodos específicos	31
2.3.	Herramientas y/o Materiales	32
2.4.	Desarrollo del prototipo	33
2.4.1.	Metodología CRISP-DM para el modelo de reconocimiento facial	33
	Fase I: comprender el negocio	33
	Fase II: análisis de datos	34
	Fase III: preparación de los datos	35
	Fase IV: modelado.....	35
2.4.2.	Metodología XP:	36
2.4.2.1.	Fase I: planificación.....	36
2.4.2.2.	Fase II: diseño	37
2.4.2.3.	Fase III: codificación	38
2.5.	Ejecución del prototipo	38
CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO		44
3.1.	Plan de Evaluación	44
3.1.1.	Planificación.....	44
3.1.2.	Herramientas y Técnicas.....	45
3.2.	Resultados de la Evaluación	48
3.2.1.	Resultados de exactitud y precisión de los modelos de reconocimiento facial.....	48
3.2.2.	Resultados de evaluación de aplicación web según norma ISO 9126.....	50
CONCLUSIONES.....		57
RECOMENDACIONES		59
BIBLIOGRAFÍA.....		60
ANEXOS.....		63
	Anexo 1: Historia de Usuario	63
	Anexo2: Codificación del modelo FaceRecognition	64
	Anexo3: Codificación del modelo EigenFaces	66
	Anexo4: Codificación del modelo LBPH	67
	Anexo5: Codificación del modelo usando el Face-API.js	68
	Anexo6: Codificación de la aplicación web	70
	Anexo 6: Matriz de consistencia.....	72

Índice de Tablas

Tabla 1: Variables y dimensionamiento	15
Tabla 2: Preguntas de investigación	17
Tabla 3: Casos de uso	24
Tabla 4: Herramientas y Materiales	33
Tabla 5: Definición de roles	36
Tabla 6: Resumen de historias de usuarios	37
Tabla 7: Plan de iteraciones	37
Tabla 8: Diagrama de Gantt	44
Tabla 9: Matriz de confusión	45
Tabla 10: Ajuste de umbral	46
Tabla 11: Análisis de tiempos	47
Tabla 12: Matriz de confusión FaceRecognition	48
Tabla 13: Matriz de confusión EigenFaces	48
Tabla 14: Matriz de confusión LBPH	49
Tabla 15: Matriz de confusión Face-Api.js	49
Tabla 16: Métricas de evaluación	50
Tabla 17: Configuración prueba de carga	50
Tabla 18: Prueba con 100 hilos	50
Tabla 19: Prueba con 200 hilos	51
Tabla 20: Prueba con 300 hilos	51
Tabla 21: Ajuste de umbral	52
Tabla 22: Facilidad de uso	55
Tabla 23: Precisión del reconocimiento facial	56
Tabla 24: Tiempos de registro de asistencia	56
Tabla 25: Historia de usuario 1	63
Tabla 26: Historia de usuario 2	63
Tabla 27: Historia de usuario 3	63
Tabla 28: Historia de usuario 4	64

Índice de Figuras

Figura 1:Árbol de Problema	13
Figura 2: Esquema de proceso de búsqueda	19
Figura 3: Cantidad de trabajos realizados por años	19
Figura 4: Resultados de Búsqueda.....	20
Figura 5:Mapa conceptual de antecedentes teóricos	22
Figura 6: Arquitectura del modelo de reconocimiento facial	29
Figura 7:Arquitectura interacción con la app responsiva.....	30
Figura 8: Diagrama de la metodología CRISP-DM.....	31
Figura 9 Diagrama de la metodología Extreme Programming	32
Figura 10: Recolección de rostros de alumnos	34
Figura 11: Detección de rostros.....	35
Figura 12: Dataset de rostros de estudiantes	35
Figura 13 Fases de la Metodología XP	36
Figura 14: Vista de registro de asistencia	38
Figura 15:Resultado del modelo por defecto del reconocimiento facial	39
Figura 16: Resultado del modelo EigenFaces.....	39
Figura 17: Resultado del modelo LBPH.....	40
Figura 18: Resultado del modelo usando el Face-API.js	41
Figura 19: Pantalla principal del registro de asistencia.....	41
Figura 20: Cámara	42
Figura 21:Ventana Principal con fotos capturadas	43
Figura 22: Registro de asistencia.....	43
Figura 23: Prueba de rendimiento	51
Figura 24: Pregunta 1	53
Figura 25: Pregunta 2	53
Figura 26: Pregunta 3	54
Figura 27: Pregunta 4	54
Figura 28: Pregunta 5	55

GLOSARIO

Aprendizaje profundo: Es un área de la inteligencia artificial que hace uso de las redes neuronales permitiéndole aprender de manera automática con base en unos datos.

Análisis de datos: El proceso de analizar, depurar e interpretar datos que permitan obtener información útil.

Dataset: Definido como el conjunto de datos de manera estructurada que proporcionan información de forma digital.

FaceApi.js: Biblioteca del lenguaje JavaScript que sirve para actividades de reconocimiento facial.

Inteligencia artificial: Área de la informática enfocada en simular ciertas capacidades humanas al realizar tareas.

JavaScript: Lenguaje de programación comúnmente utilizado para el desarrollo de aplicaciones web dinámicas.

Metodología XP: Metodología ágil que permite la capacidad de respuestas a cambios de manera rápida logrando un software eficiente.

Python: Lenguaje de programación de alto nivel, utilizado para diversas tareas como: desarrollo web, ciencia de datos, inteligencia artificial, etc.

Reconocimiento facial: Tecnología que permite la detección de rostros y autenticar mediante características faciales singulares.

Redes neuronales: Es un modelo basado en función del cerebro humano, diseñado para procesar información y detectar patrones a partir de los mismos.

Visión artificial: Es una rama de la inteligencia artificial, que permite el procesamiento de imágenes y videos para lograr obtener información.

INTRODUCCIÓN

En el presente siglo, las tecnologías han evolucionado de tal manera que facilitan las tareas a las personas. Un hito importante es la inteligencia artificial (IA); esta tecnología se desarrolló con la finalidad de imitar actividades hechas por el ser humano, el cual provoca un gran impacto para la sociedad solucionando problemas que surgen de manera diaria.

El reconocimiento facial es uno de los beneficios que nos ha dado la IA, que permite aplicarla en el área educativa como en el registro de asistencia a los estudiantes, para optimizar el proceso a través del modelo de detección de rostros que mejor se aplique siendo entrenado mediante un dataset de imágenes del rostro de los alumnos.

i) Organización del documento

Este trabajo se divide en diferentes secciones: introducción, declaración y formulación del problema, objeto de estudio y campo de acción, objetivos, definición de variables y justificación. Además, se constituye por 3 capítulos: Capítulo I, la cual está conformado por los antecedentes de la investigación, antecedentes históricos, antecedentes teóricos y contextuales relevantes para la realización de la aplicación de reconocimiento facial; Capítulo II en este se detalla el desarrollo del prototipo, donde se indican definiciones, enfoque, alcance, diseño de la investigación, unidades de análisis, metodologías y herramientas a usar para la construcción del prototipo; y el Capítulo 3 donde se miden los resultados del prototipo mediante un plan de evaluación, además, se realiza conclusiones y recomendaciones.

ii) Declaración y formulación del Problema

Declaración de Problema

El reconocimiento facial desde hace mucho tiempo ha sido visto como tema de ciencia ficción, hoy en día esto ya es una realidad, ocupado por muchos países a nivel mundial, su función más conocida y utilizada cotidianamente es para desbloquear su celular, otro caso de aplicación es ayudar a la policía a reconocer delincuentes.

En América Latina el uso de esta nueva tecnología ha incrementado durante los últimos años, existen casos donde se aplican, por ejemplo, en el área de seguridad y vigilancia, pero no puede

ser implementado totalmente debido a que en algunos lugares son consideradas iniciativas que violan los derechos humanos.

En Ecuador en ciertos lugares se utiliza el reconocimiento facial para combatir la delincuencia, contando con cámaras en diversos lugares estratégicos que permiten reconocer rasgos a través de un sistema de inteligencia artificial, las imágenes se almacenan en una base de datos, favoreciendo con información a los agentes de control.

La Universidad Técnica de Machala, en su procura de mejorar la eficiencia en el proceso de control de asistencia de los estudiantes en cada asignatura, implementará el uso de reconocimiento facial mediante técnicas de IA.

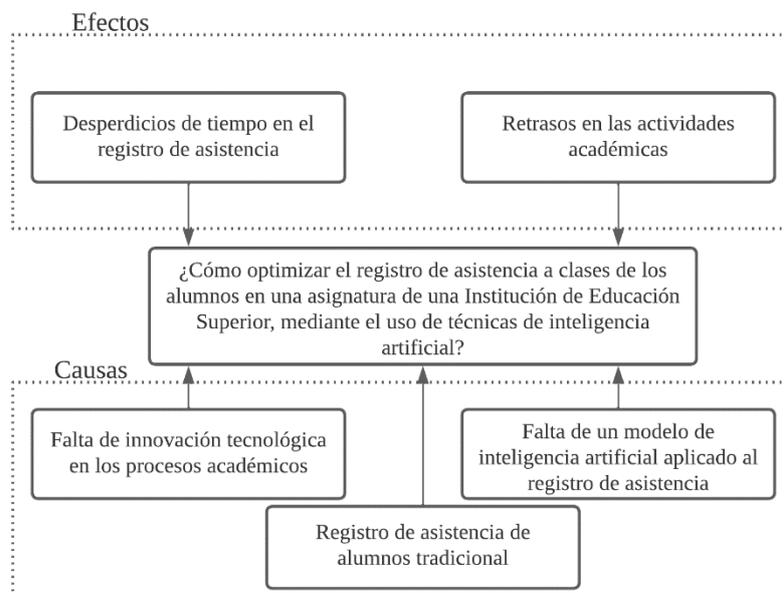


Figura 1:Árbol de Problema

Formulación del Problema

Problema Principal

¿Cómo optimizar el registro de asistencia a clases de los alumnos en una asignatura de una institución de Educación Superior, mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial?

Problemas específicos:

- ¿Cuál es el proceso de registro de asistencia de los alumnos actualmente?
- ¿Qué tipo de técnica de inteligencia artificial es adecuado para el reconocimiento facial?
- ¿Cómo diseñar un modelo de IA para la detección y entrenamiento de rostros?

- ¿Cómo integrar la aplicación web con el reconocimiento facial?

iii) Objeto de Estudio y Campo de Acción

Objeto de Estudio

- Reconocimiento y detección de rostros de los alumnos para el registro de asistencia de una asignatura.

Campo de Acción

- Inteligencia artificial aplicado al reconocimiento facial.

iv) Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar una aplicación de reconocimiento facial, utilizando técnicas de inteligencia artificial, para el registro de asistencia de alumnos en una asignatura.

Objetivos Específicos

- Realizar búsquedas de trabajos relacionados con la inteligencia artificial, las redes neuronales y la visión artificial que estén orientados al reconocimiento facial y aplicados al registro de asistencia.
- Construir una base de datos de imágenes de los rostros de los estudiantes.
- Seleccionar las herramientas, algoritmos y técnicas que se utilizarán para la creación del modelo de IA.
- Implementar algoritmos que usen técnicas de IA para la detección y reconocimiento facial.
- Evaluar los modelos de IA para determinar el grado de exactitud y precisión.
- Construir una aplicación web que use el mejor modelo entrenado para el reconocimiento facial y registro de asistencia.
- Evaluar la aplicación web de reconocimiento facial aplicando la norma ISO 9126

v) Hipótesis y Variables o Preguntas de Investigación

Hipótesis principal (o preguntas de investigación)

- Si se desarrolla una aplicación de reconocimiento facial mediante técnicas de IA, se optimizará el registro de asistencia de alumnos en una asignatura.

Variables y dimensionamiento (o categorización)

Tabla 1: Variables y dimensionamiento

Variables	Categorías	Indicadores	Técnicas
<p>Variable Independiente:</p> <p>Aplicación de reconocimiento facial mediante técnicas de IA.</p>	<p>1.Reconocimiento facial.</p> <p>2. Redes neuronales y visión artificial.</p>	<p>1. Obtención de una base de datos de imágenes de estudiantes</p> <p>2. Desarrollo y entrenamiento del modelo de IA.</p> <p>3. Desarrollo de aplicación web.</p>	<p>1. Recolectar y seleccionar los datos a utilizar (Datasets).</p> <p>2. Entrenamiento del modelo de IA utilizando distintas librerías de visión artificial.</p> <p>3. Diseño de aplicación mediante una metodología de desarrollo.</p>
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Optimización del registro de asistencia de los alumnos en una asignatura.</p>	<p>1. Evaluación del modelo de IA</p> <p>2. Prueba de aplicación de registro de asistencia.</p>	<p>1. Pruebas para medir el nivel de precisión y exactitud.</p> <p>2. Pruebas para verificar el registro de asistencias.</p>	<p>1. Realizar matriz de confusión.</p> <p>2. Verificar el uso de la aplicación web utilizando la norma ISO 9126.</p>

vi) Justificación

Los tiempos avanzan y la tecnología cambia, buscando hacer la vida del ser humano más fácil mediante la optimización de procesos, o tareas diarias; entre ellas la inteligencia artificial la cual busca imitar la inteligencia humana con el propósito de realizar actividades que pueden ir mejorando de forma iterativa. En la actualidad uno de los temas de mayor relevancia es el reconocimiento facial una innovación tecnológica que permite identificar el rostro de personas a través de una imagen o video.

Una de las aplicaciones del reconocimiento facial mediante técnicas de IA es el registro de asistencia, por tal motivo, debido a la cantidad de alumnos por paralelo el proceso actual que proporciona los servicios de la universidad son tardíos ya que se hace el registro de manera manual, provocando pérdida de tiempo al docente.

Por esta razón se busca optimizar el registro de asistencia de alumnos mediante el reconocimiento facial aplicando técnicas de inteligencia artificial que permita implementar un modelo capaz de identificar a los estudiantes, teniendo en cuenta que el proceso se lo realiza mediante dispositivos informáticos como: computadora, tablet o celular, siendo el último la opción principal del docente para realizar fotografías que le permita una mejor resolución en comparación de los dos primeros dispositivos.

Por otra parte, el desarrollo de la aplicación para el registro de asistencia contribuye a la mejora de procesos de la universidad, siendo los principales beneficiados el personal docente como los estudiantes, debido a que esto permitiría agilizar el proceso, posibilitando ahorrar tiempo al docente.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Para la elaboración del estado del arte y fundamentación teórica se usó la Metodología de Revisión Sistemática de la Literatura (SRL: Systematic Review of the Literature).

a) Preguntas de investigación

Se puede presenciar en la tabla 2 las preguntas establecidas para buscar información sobre el tema de Inteligencia Artificial y sus múltiples usos en el reconocimiento facial.

Tabla 2: Preguntas de investigación

Pregunta de investigación	Descripción y motivación
RQ1. ¿Qué tipo de inteligencia artificial es adecuada para el reconocimiento facial?	La finalidad de esta pregunta es analizar y seleccionar la técnica que mejor se adapte para el entrenamiento del modelo.
RQ2. ¿Cómo implementar un modelo de inteligencia artificial que permita el reconocimiento de rostros faciales para el registro de asistencia?	El propósito de esta pregunta consiste en revisar los distintos modelos de IA aplicadas en el campo del reconocimiento facial.
RQ3. ¿Qué impacto tiene el desarrollo de una aplicación que integre una red neuronal artificial para el reconocimiento facial permitiendo el registro de asistencia de alumnos?	La pregunta tiene la finalidad de determinar el impacto que tendría la implementación de una aplicación que permita el registro de asistencia de alumnos mediante reconocimiento facial.

b) Palabras claves y Cadena(s) de búsqueda

Se utilizaron estrategias de búsquedas para obtener información teniendo en cuenta repositorios científicos y bases de datos, que permite seleccionar artículos científicos de revistas relevantes, cumpliendo los requisitos necesarios. Entre los cuales se encuentran: MDPI, Scopus, ACM Digital Library, Springer Link, IEEE Xplore y Science Direct

Luego de realizar las búsquedas en diferentes bases de datos científicas, se define la cadena que permite buscar por títulos, palabras claves, resumen y textos completos, utilizando operadores lógicos como AND y OR.

(“Artificial Neural Network”) AND (“Facial Recognition” OR “Artificial Vision” OR “Biometric System”)

c) Criterios de inclusión y exclusión

Como criterios de inclusión fueron tomados en cuenta libros, sitios web oficiales, tesis, conferencias y entre los más importantes artículos de revistas, todos ellos abordando el tema redes neuronales artificiales y visión artificial, trabajos acerca del desarrollo y soluciones que implique el reconocimiento facial mediante una imagen, el impacto en la sociedad y que estos documentos cumplan el rango de 5 años (2018 - 2022) a partir de su publicación.

En los criterios de exclusión se tomó en consideración aquellos documentos como artículos científicos de pocas hojas, tampoco aquellos que no pertenezcan a revistas científicas, también los que no cumplan el rango de años 5 a partir de su publicación y para finalizar todos aquellos trabajos que no estén relacionados con el tema específico de reconocimiento facial.

d) Proceso y resultados de la búsqueda

Para el proceso de búsqueda, se investigó en varias bases de datos científicas, se realizó la búsqueda con la cadena establecida anteriormente y se filtraron los artículos de revistas.

En la **figura 2**, se observa la cantidad de artículos encontrados y en la **figura 3** se muestran la cantidad de trabajos realizados por año de publicación

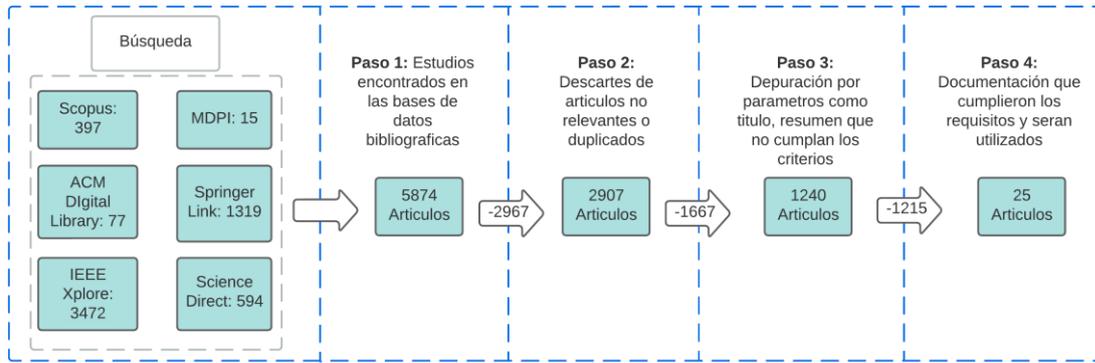


Figura 2: Esquema de proceso de búsqueda



Figura 3: Cantidad de trabajos realizados por años

Fuente: Bases de Datos Bibliográfica Scopus

Mediante el uso de herramientas para el análisis bibliométrico como VOSviewer, se puede observar los resultados en la **figura 4** que los términos claves que se relacionaron con el trabajo de titulación son "artificial neural network" y "facial recognition".

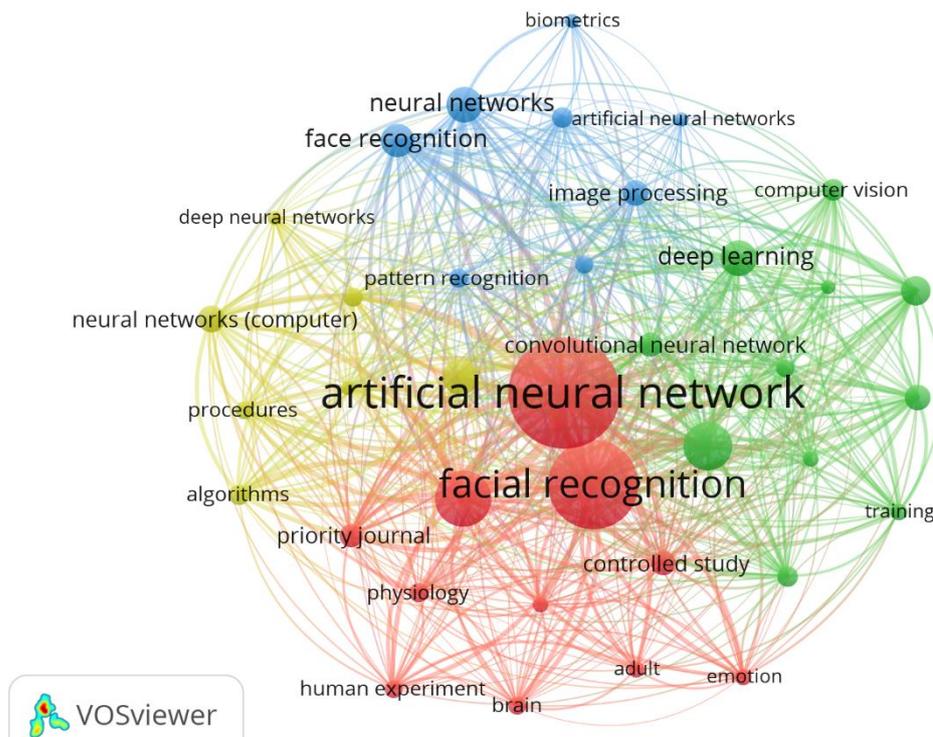


Figura 4: Resultados de Búsqueda

Fuente: Software VOSViewer

1.2. Antecedentes Históricos

Dentro de la bibliografía revisada se ha encontrado varios documentos referentes al reconocimiento facial utilizando técnicas de IA, así como trabajos de titulación con temas similares implementados en distintos campos las cuales sirven de guía para el desarrollo del presente proyecto.

En el trabajo realizado por Estévez y Paredes [1] en 2018, indican que se desarrolló un sistema de redes neuronales artificiales para el reconocimiento de rostros aplicado al control de acceso, se explica que para la creación de este algoritmo se basaron en el ancho y alto del rostro como de la imagen, utilizaron librerías de visión artificial (OpenCV) para poder entrenar la red; obtuvieron resultados favorables que permite el registro y control de acceso tanto de los empleados como los visitantes.

En el 2018 un estudio presentado por Porras [2], menciona la importancia de implementar sistemas de reconocimiento fácil dentro de instituciones educativas, dicho trabajo señala que debido a la gran cantidad de alumnos el control de personas que entran a la institución se hace difícil detectar y restringir el acceso no autorizado; ante esto implementó un sistema de seguridad biométrica

apoyado en reconocimiento facial, con el objetivo de que cuando el personal no autorizado entre a la institución se genere una alerta dentro del sistema de vigilancia.

Los autores Paricela et al. [3], proponen un sistema que identifique las emociones de las personas por medio del reconocimiento de rostros aplicando inteligencia artificial, mencionan que para el desarrollo del sistema aplicaron el algoritmo de Eigenfaces que es uno de los modelos de reconocimiento de rostros más usado.

En la investigación realizada por Del Castillo et al. [4] en 2022, aplicaron técnicas para interpretar los resultados obtenidos las redes neuronales convolucionales; por un lado la técnica LIME que resalta el área de las imágenes para la clasificación y por el otro lado la técnica CEM trabaja con las características de las imágenes estudiadas.

Uno de los problemas para alcanzar un rendimiento perfecto en el reconocimiento facial es el sesgo de géneros[5], esta investigación buscaba aumentar la conciencia sobre el problema de sesgo así como crear un nuevo modelo de reconocimiento de imágenes dependiente del género.

1.3. Antecedentes Teóricos

Para tener una idea clara del marco teórico, se elaboró un mapa temático, como se detalla en la **Figura 5**, acerca de los temas relevantes para este trabajo.

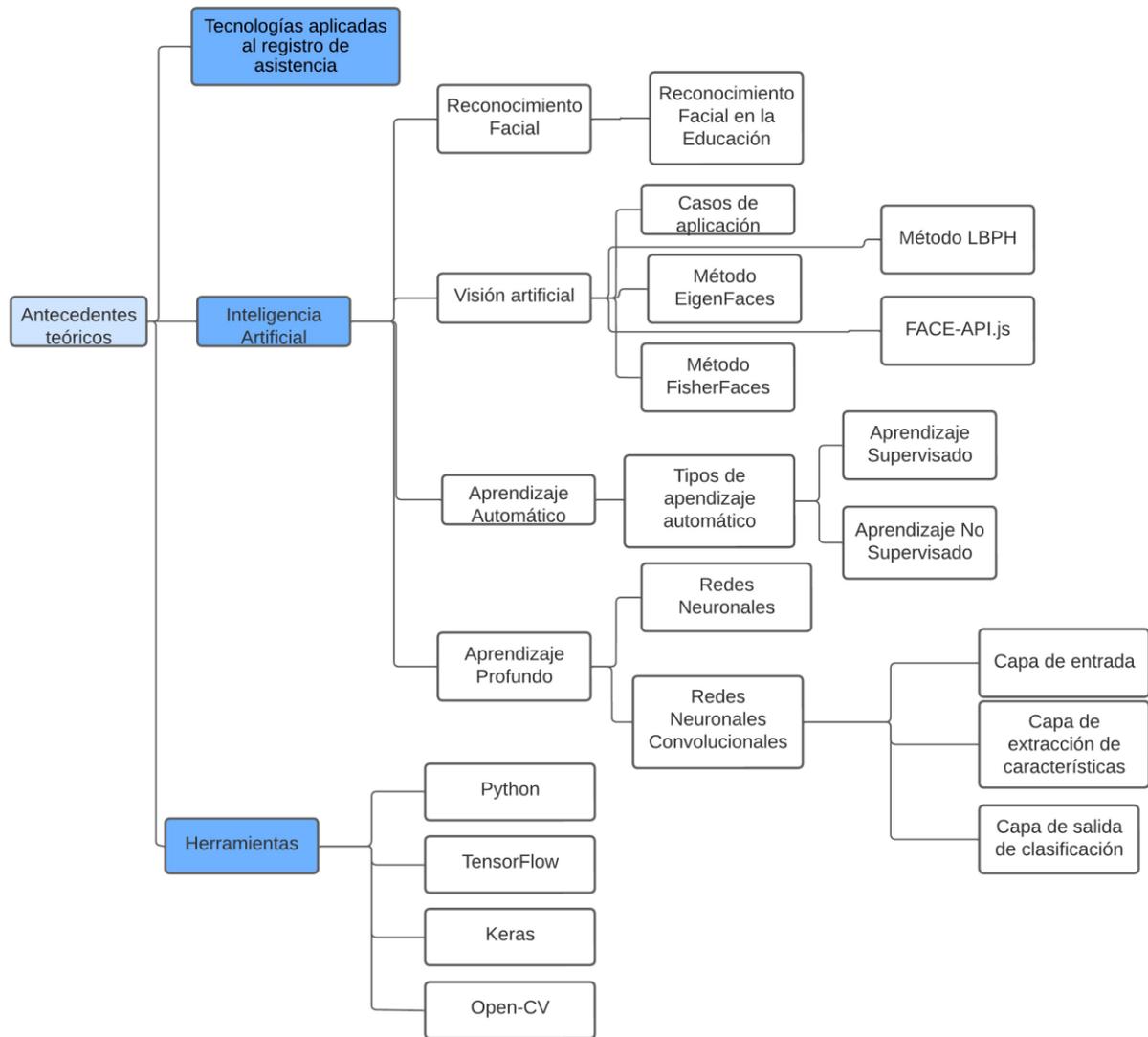


Figura 5: Mapa conceptual de antecedentes teóricos

1.3.1. Tecnologías aplicadas al registro de asistencia

El registro de asistencia aplicado a estudiantes es un proceso importante para determinar el rendimiento académico, actualmente existe distintas herramientas tecnológicas que permiten mejorar este sistema, por ejemplo: tarjetas NFC para escanear su asistencia, registro mediante huellas dactilares, etiquetas electrónicas basadas en bluetooth, y sistemas de reconocimiento facial [6].

1.3.2. Aplicación web

La aplicación web es suficiente para el uso de dispositivos móviles, con base en la experiencia de usuario, al tener una interfaz que es adaptable a las necesidades y limitaciones de los usuarios móviles, teniendo una experiencia eficiente y satisfactoria, permitiendo consolidar la suficiencia de la aplicación web en dispositivos móviles.

1.3.3. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que se refiere a distintas tecnologías diseñadas para hacer que las máquinas se comporten como humanos [7]. Busca a largo plazo desarrollar máquinas que puedan razonar, distinguir, aprender y comunicarse bien como los humanos, incluso mejor.

Según [8], menciona que la IA tiene dos objetivos los cuales son: tecnológico, que usan equipos informáticos para realizar determinadas tareas; y científico, que hace uso de métodos de IA para resolver problemas de las personas.

Reconocimiento Facial

Es una tecnología que utiliza características faciales únicas para reconocer a una persona mediante una fotografía, es decir, se basa en la captura de imágenes de la cara de una persona y la comparación de estas imágenes con una base de datos de descriptores faciales previamente almacenadas [9].

El reconocimiento facial cada vez es más utilizado permitiendo identificar a una persona con solo mirar a una cámara [10]; por otro lado, es muy útil debido a que es rápido, preciso y fácil de usar, aparte de ser segura, ya que los algoritmos utilizados para detectar rasgos faciales únicos son difíciles de falsificar. Además, el reconocimiento facial es una tecnología no invasiva, es decir que no requiere ningún procedimiento invasivo para comprobar la identidad.

Reconocimiento Facial en la Educación

En el ámbito de la educación esta tecnología ha sido implementada en distintos países para el registro de ingreso y salida de la biblioteca, control de acceso, etc. De acuerdo con [11], la biometría promueve un uso más eficaz del tiempo, agilizando tramites como el registro de

asistencia, aumentando la seguridad en las aulas de clases, detectando de manera eficiente a estudiantes ajenos a un curso.

Visión Artificial

La visión artificial es uno de los campos de la inteligencia artificial que incluye diversos algoritmos para recopilar, procesar, analizar y comprender imágenes o videos transformando estos datos en información digital la cual puede ser tratada por dispositivo electrónico [12].

Es responsable de elaborar algoritmos capaces de detectar información relevante de escaso nivel visual. Debido a los avances significativos en el ámbito de la visión artificial y tecnologías de sensores visuales, ahora se utilizan en diversas aplicaciones de la vida cotidiana, como la comunicación inteligente entre humanos y computadores, robótica, etc.

Casos de aplicación

La visión artificial se puede aplicar en distintos ámbitos entre los más destacados están [13]:

Tabla 3: Casos de uso

Área	Caso de Uso
Seguridad y Vigilancia	Control de acceso. Conteo de personas. Detección de Rostros.
Medicina	Análisis de imágenes para detectar enfermedades.
Agronomía	Chequeo de plantaciones. Análisis de fotografías para diagnosticar plagas.
Tránsito	Reconocimiento de placas vehiculares. Detección de tráfico.
Educación	Reconocimiento facial para registro de asistencia. Control de acceso a la Biblioteca.

Métodos de Reconocimiento Facial con IA

Método EigenFaces

Hace referencia al conjunto de vectores propios que permite calcular la descripción del rostro en forma de autovectores matriciales, con base en el análisis de componentes internos; utiliza el método euclidiano para medir la distancia entre el vector propio y el eigenface(cara propia) [14].

Método FisherFace

Es un método que tiene en cuenta los parámetros de la luz y las expresiones faciales de las personas, realiza una reducción dimensional de los rostros usando el método Discriminant Lineal Fisher (DLF) [15].

Método LBPH

Este método consiste en la extracción de las características de la imagen a modelar mediante un patrón binario local (LBP), una vez realizado esto, el método realiza un proceso estadístico a través de una serie de histogramas con el objetivo de calcular la distancia de las características de los rostros [16].

Método FACE-API.js

Este método utiliza técnicas de aprendizaje profundo junto con redes neuronales convolucionales apoyadas en IA para resolver la detección y reconocimiento de rostros mediante puntos de referencias faciales [17].

Aprendizaje Automático

Es un tipo de IA que posibilita que dispositivos informáticos aprendan de datos sin ser codificados a comparación de la programación tradicional. Es decir, el objetivo es modelar métodos que realizarán automáticamente el aprendizaje aplicando observaciones del mundo real conocidos como datos de entrenamiento sin requerir que los humanos definan reglas o lógica; este modelo es efectivo en el reconocimiento de expresiones faciales [18].

Tipos de Aprendizaje Automático

Los algoritmos de aprendizaje automatizado se dividen en:

Aprendizaje Supervisado

Ocurre cuando el modelo entrenado recibe datos comunes, en otras palabras, es cuando se conoce a qué clase corresponde cada dato. Consta de 3 pasos que consiste en: localizar el objeto mediante un modelo de clasificación, crear etiquetas para los datos y entrenar los datos junto con las etiquetas [19].

Aprendizaje No Supervisado

El modelo entrenado mediante este tipo de aprendizaje consta de entradas sin información de a qué clase pertenecen los datos, por ende, el objetivo es asociar los datos en función de características similares en un número definido de clases [19].

Aprendizaje Profundo

Redes Neuronales

Las redes neuronales son sistemas que simulan el comportamiento del sistema nervioso, se puede definir como un grupo de elementos interconectados capaces de aprender a partir de la información que se les proporciona [20].

Red Neuronal Convolutiva

Una Red Neuronal Convolutiva (CNN), es un tipo de red que ha sido entrenada utilizando fuentes visuales como fotos o videos, puede aprender a identificar y clasificar objetos en entornos visuales del mundo real, reconociendo bordes y esquinas hasta el punto de detectar características más complejas, está formada por tres capas de redes convoluciones para predecir los puntos de referencia [21].

Las CNN están estructuradas por capas ocultas que permite realizar un análisis de las imágenes a nivel de un pixel, motivo por el cual se usan para crear métodos de reconocimiento facial debido a que puede ubicar las características del rostro como la boca, pestañas, ojo, entre otros [22].

De acuerdo con Ang et al. [23], las CNN han mostrado grandes resultados al momento de resolver problemas relacionados a clasificación de imágenes, debido a que esta tecnología utiliza cuenta con funciones de extracción y clasificación que permite manejar datos sin la necesidad de realizar un procesamiento manual.

Capa de entrada

En esta capa la red neuronal hace uso del proceso denominado convolución, el cual se basa en el recibimiento de una entrada, en este caso una imagen, y luego aplicar sobre ella un filtro para conseguir un mapa de características, en esta capa se define el ancho y altura [24].

Capa de extracción de características

Esta capa por lo general se halla ubicada por detrás de la capa convolucional. Su principal uso se centra en la reducción de las características [24].

Capa de salida de clasificación

Esta capa está conformada por una operación de agrupación, esta se utiliza para extraer todas las características, es decir muestra los valores en 128 bits de todo el proceso que realiza una red convolucional [24].

1.3.4. Herramientas

Python

Es un lenguaje de programación lanzado en el año 1991 por Van Rossum, ofrece distintos beneficios en la actualidad se está convirtiendo en el lenguaje más utilizado para el aprendizaje profundo [25].

Algunas de los motivos para usar este lenguaje son: facilidad de uso, versatilidad, alto uso por parte de la comunidad y su utilidad para el aprendizaje profundo debido a la gran cantidad de librerías que proporciona la mismo como TensorFlow, Keras, etc.

Keras

Keras es una API de de alto nivel para crear redes neuronales, escrita en Python y disponible a través de TensorFlow o Theano. Fue desarrollado con el fin de permitir una experimentación rápida, es decir, mostrar resultados en el menor tiempo posible [26].

TensorFlow

Es una biblioteca que se usa para el cálculo numérico, esta facilita el entrenamiento de redes neuronales utilizando múltiples máquinas y con aceleración de GPU, orientado a problemas de

Deep Learning, actualmente es una de las más usadas debido a su soporte y la comunidad activa [27].

Open-CV

Es una API de visión artificial que cuenta con 18 unidades de acción para aplicaciones como sistemas de seguridad o control de procesos [28]. Incluye más de 500 funciones como visión estéreo, visión robótica, reconocimiento de objetos y reconocimiento facial.

1.4. Antecedentes Contextuales

Este trabajo consiste en el desarrollar un prototipo de aplicación de registro de asistencia mediante reconocimiento facial, utilizando técnicas de inteligencia artificial por medio de procesamiento de imágenes, para el registro de asistencia de alumnos de los estudiantes de la UTMACH.

1.4.1. Ámbito de aplicación

Se presencia el aumento de estudiantes en la Universidad Técnica de Machala, lo cual es un problema al momento de registrar asistencia ocasionando la pérdida de tiempo, debido a que son procesos que se siguen realizando de manera manual,

Por esta razón, se desea implementar una aplicación de reconocimiento facial para el control de asistencia de estudiantes mediante técnicas de inteligencia artificial, tomando una muestra de los estudiantes de 10mo semestre de la carrera de Tecnologías de la Información.

1.4.2. Establecimiento de Requerimientos

Para desarrollar la aplicación de reconocimiento facial para el control de asistencia de estudiantes mediante técnicas de inteligencia artificial requiere:

- Recolección de imágenes del rostro de estudiantes para la creación del dataset.
- Creación del modelo de inteligencia artificial para el reconocimiento facial.
- Aplicación web que permita capturar una imagen del curso y registre la asistencia de los estudiantes presentes.

CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

2.1. Definición del prototipo

Para definir el prototipo se utilizó arquitecturas para realizar este proyecto, que consta de dos fases; la primera se enfoca en la creación del modelo IA que permite el reconocimiento facial de los estudiantes de manera individual y entrenamiento, y la segunda trata acerca de la app web responsiva para la entrada de datos como es la imagen grupal de los alumnos hasta el procesamiento.

Se observa en la **Figura 6**, como está diseñada la arquitectura de creación y entrenamiento del modelo de IA. Para iniciar se recolecto y selecciono imágenes de los rostros de estudiantes, para luego proceder a crear el dataset de imágenes, una vez finalizado se realiza el entrenamiento del prototipo, obteniendo como resultado el modelo para la detección de rostros.

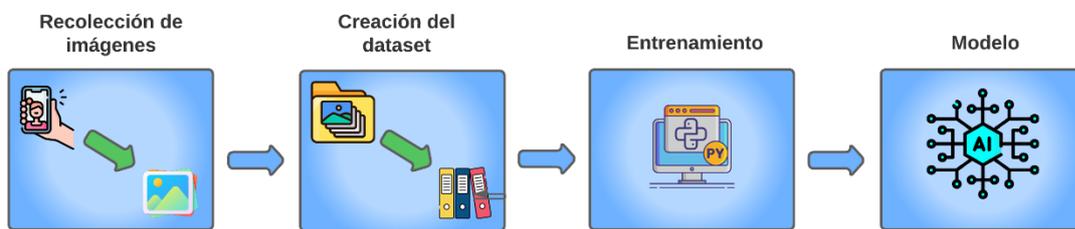


Figura 6: Arquitectura del modelo de reconocimiento facial

Podemos visualizar en la **Figura 7** como se realiza la detección de rostros de estudiantes, primeramente, se obtiene la entrada de datos, en este caso, la imagen del curso, para luego en el segundo paso enviar la imagen al procesamiento y predicción del modelo mediante una página web, el cual para finalizar nos da como resultado el reconocimiento de los alumnos en la imagen grupal.

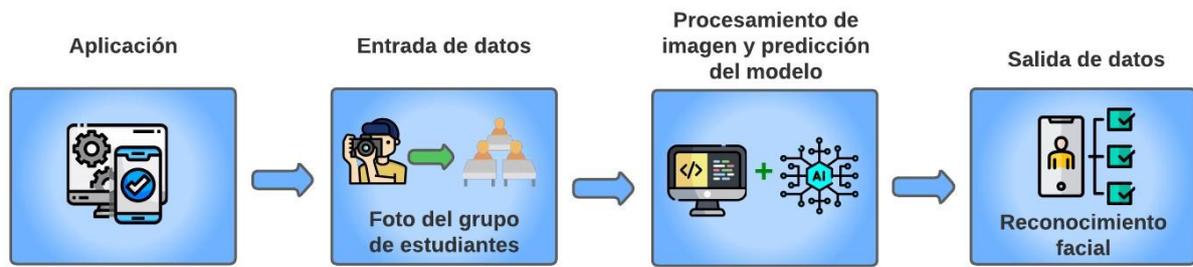


Figura 7:Arquitectura interacción con la app responsiva

2.2. Metodología de desarrollo del prototipo

2.2.1. Enfoque, alcance y diseño de la investigación

El enfoque de este trabajo se define como cuantitativo, debido a que se utilizarán datos de imágenes para poder crear el modelo de IA además de entrenarla permitiendo el reconocimiento facial de los alumnos.

A causa que al inicio se necesitó de una investigación bibliográfica para adquirir más conocimientos e información sobre las distintas técnicas de IA aplicado en el reconocimiento facial, se puede definir el alcance como exploratorio y descriptivo.

Se determina que el diseño de investigación es Cuasi-experimental debido a que se encuentra destinado a los estudiantes de 10mo semestre de la Carrera de Tecnologías de la Información perteneciente a la UTMACH.

2.2.2. Unidades de análisis

Población (universo) y Muestra

Para elaborar el prototipo de reconocimiento facial se tomó como referencia al curso de 10mo Semestre “A”, con el cual se pudo realizar el proceso de entrenamiento y evaluación de los modelos.

2.2.3. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

Para el presente trabajo se utilizaron técnicas de recolección de datos creando nuestro propio banco de imágenes, solicitando a los estudiantes imágenes de sus rostros, permitiendo entrenar la red neuronal para el reconocimiento facial.

2.2.4. Técnicas de procesamiento de datos para la obtención de resultados

Para llevar a cabo este trabajo se utilizó modelos de IA, por consiguiente, se necesitó un dataset de imágenes de rostros de estudiantes que permita entrenar el prototipo de manera individual, para el registro de cada uno de los rostros.

Posteriormente se modeló el algoritmo de reconocimiento facial mediante una imagen del grupo de estudiantes que permite detectar todos los rostros que se encuentran en la misma y gracias al modelo con los rostros individuales, permite reconocer cada uno de los alumnos.

2.2.5. Metodología o métodos específicos

Durante el desarrollo del trabajo se utilizará la metodología CRISP-DM **figura 8**, como guía principal para la implantación del modelo de IA.

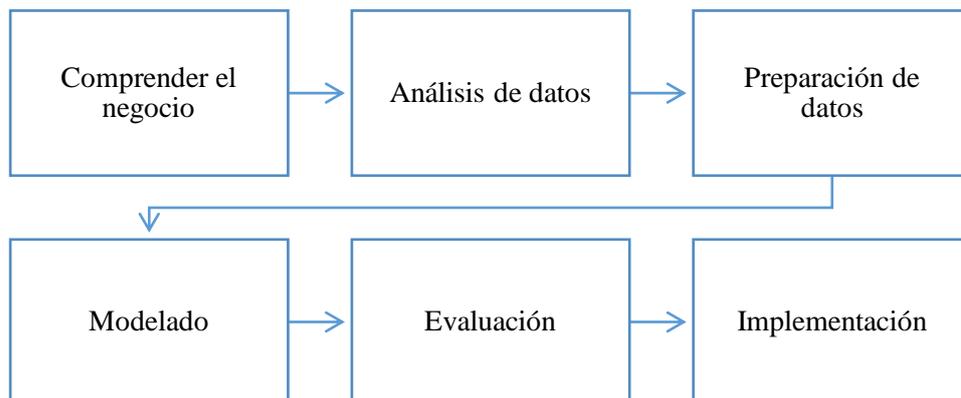


Figura 8: Diagrama de la metodología CRISP-DM
Fuente: Adaptación de Flores, Heras y Julián [29]

CRISP-DM es un modelo jerárquico que presenta 6 fases, a continuación, se describe brevemente cada una de estas:

1. Comprender el negocio: esta fase busca comprender los objetivos del negocio en el que se implementará la solución, teniendo en cuenta la situación actual y el alcance del proyecto.
2. Análisis de los datos: se recolectan todos los datos para verificar la calidad que poseen.
3. Preparación de datos: se utilizan todos los datos recolectados en la fase anterior y se crea la base de datos que será utilizada en la cuarta fase.
4. Modelado: se selecciona y ejecutan los modelos que servirán para el entrenamiento.
5. Evaluación: se realiza una matriz de confusión en cada modelo entrenado para medir el nivel de precisión y exactitud.
6. Implementación: se elige el mejor modelo para implementarlo en la página web que permitirá registrar la asistencia.

La metodología seleccionada para el diseño de la aplicación web es Extreme Programming (XP), permitiendo desglosar y desarrollar por partes, también facilitando los entregables, debido a que esta metodología se basa en 4 fases como se visualiza en la **Figura 9** [30].

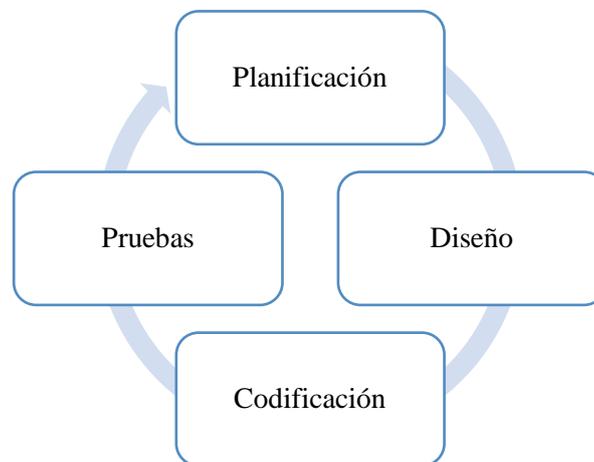


Figura 9 Diagrama de la metodología Extreme Programming

Lo que nos permite esta metodología es la flexibilidad, permitiendo cambios constantes de ser necesario, los cuales son requeridos a veces de manera inesperada, estos nos permiten alcanzar de alguna manera el mejor resultado posible en el desarrollo del proyecto.

2.3. Herramientas y/o Materiales

En la **tabla 4** se pueden visualizar las herramientas que fueron utilizados para llevar a cabo el sistema de reconocimiento facial.

Tabla 4: Herramientas y Materiales

Clasificación	Herramientas y/o Materiales
Lenguajes de programación	<ul style="list-style-type: none"> • Python • PHP • HTML • JavaScript
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Keras • Tensorflow • Open-CV • Visual Studio Code
Algoritmo	<ul style="list-style-type: none"> • EigenFaces • FisherFaces • Face Recognition
Datos	- Dataset de imágenes de estudiantes de 10mo Semestre

2.4. Desarrollo del prototipo

El desarrollo del prototipo se realizó utilizando 2 metodologías: XP para el desarrollo de la página web y CRISP-DM para la construcción del modelo IA utilizado para el reconocimiento facial.

2.4.1. Metodología CRISP-DM para el modelo de reconocimiento facial

Fase I: comprender el negocio

Objetivos del negocio

El propósito de este proyecto es mejorar el proceso actual de control de asistencia, por tal motivo se planteó como objetivo, desarrollar una aplicación de reconocimiento facial capaz de tomar lista a los alumnos de una determinada asignatura.

Contexto

En referencia a la situación actual de la universidad, el proceso de control de asistencia de estudiantes se rige de manera tradicional por parte del docente, desaprovechando el tiempo para impartir las clases, no obstante, con el uso de modelos de IA se pretende agilizar este proceso.

Evaluación de la situación

Debido a la gran cantidad de alumnos que existe en la universidad, se estableció que la población para la ejecución del reconocimiento facial como prototipo, sea alumnos de 10mo semestre de la carrera de tecnologías de la información teniendo en cuenta que la asistencia se la registra por asignatura.

Recursos

En cuanto a recursos de software para el desarrollo de este proyecto, se cuenta con: Visual Studio Code como editor de código, la librería de Open-CV y FaceApi.js para realizar los modelos de reconocimiento facial basados en el lenguaje de programación Python y Javascript respectivamente.

Como recursos de hardware se cuenta con un ordenador portátil y un ordenador de mesa.

Fase II: análisis de datos

Para esta fase, se empezó con el proceso de recolección de imágenes de estudiantes de 10mo Semestre como se observa en la **figura 10**; a los alumnos que usan lentes se les procedió a tomar dos fotos con el fin de tener en cuenta ese aspecto para el entrenamiento de los modelos.

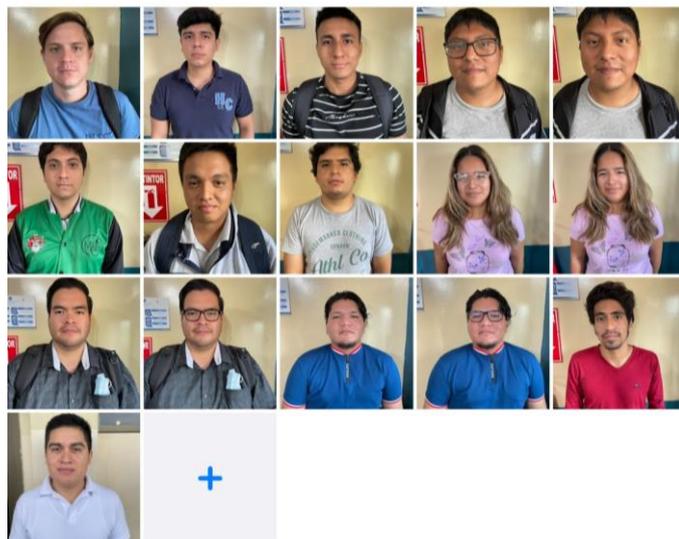


Figura 10: Recolección de rostros de alumnos

Fase III: preparación de los datos

En esta fase se procedió a detectar los rostros, para esto se utilizó el método face recognition con el objetivo de ajustar las imágenes al contorno del mismo como se muestra en la **figura 11**.

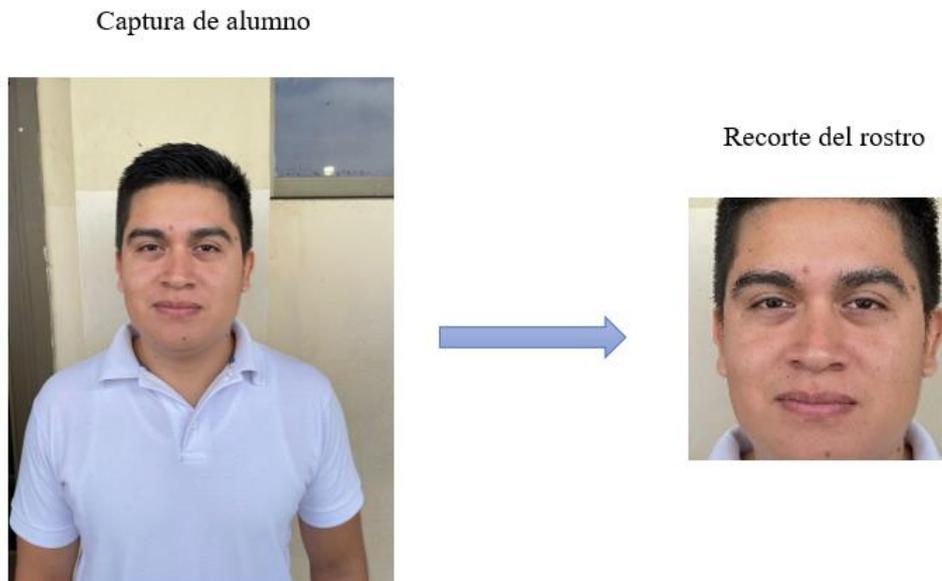


Figura 11: Detección de rostros

Acto seguido se elaboró la dataset organizada por curso-paralelo de una asignatura **figura 12** para que los modelos de IA puedan entrenar.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
 Rostros Estudiante	12/06/2023 20:24	Carpeta de archivos	

Figura 12: Dataset de rostros de estudiantes

Fase IV: modelado

Una vez realizado el proceso de detección de rostros, se pasó al proceso de entrenamiento, utilizando los siguientes métodos proporcionados: método por defecto de face recognition, EigenFaces, LBPH y método utilizando un API de javascript denominado Face-API.js, **anexo 2,3,4,5** respectivamente.

La **FASE V** será realizado en el 3er capítulo referido a Resultados de Evaluación.

La **FASE VI** está realizado en el punto 2.5. denominado ejecución del prototipo.

2.4.2. Metodología XP:

Esta metodología se implementa para el desarrollo de la aplicación; se puede visualizar las fases en la **Figura 10**:

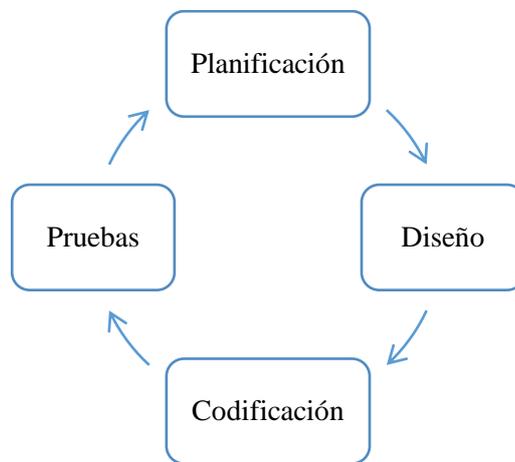


Figura 13 Fases de la Metodología XP

2.4.2.1. Fase I: planificación

Definición de Roles

Los roles definidos para el desarrollo del prototipo se pueden observar en la **Tabla 5**:

Tabla 5: Definición de roles

Rol	Responsable
Desarrollador	Juan Campoverde, Leiner Mendieta
Entrenar el modelo de IA	Juan Campoverde, Leiner Mendieta
Testear el modelo de IA	Juan Campoverde, Leiner Mendieta
Clientes	Institución de Educación Superior

Historias de usuario

Se observa en la **Tabla 6**, de una manera resumida las historias de usuario para el diseño del prototipo, las mismas que se encuentran de manera más detallada en la parte de Anexo 1.

Tabla 6: Resumen de historias de usuarios

#	Nombre	Usuario
1	Ingresar al sistema web	Usuario (Docentes)
2	Ingreso de datos (Foto de los alumnos del curso)	Usuario (Docentes)
3	Visualizar los resultados del reconocimiento facial	Usuario (Docentes)
4	Registro de asistencia basado en los resultados	Usuario (Docentes)

Plan de iteración

Se visualiza en la **Tabla 7**, el plan de iteraciones que conlleva el prototipo:

Tabla 7: Plan de iteraciones

Iteración	Historias de usuario	Duración
1ra	Realizar la página web para el ingreso de los usuarios	4 semanas
2da	Ingreso de datos, para el reconocimiento facial	3 Semanas
3ra	Visualizar los resultados del reconocimiento facial	2 Semanas
4ta	Registro de asistencia basado en los resultados	4 Semanas

2.4.2.2. Fase II: diseño

El diseño sobre cómo se visualizará la app web responsiva se realizó con la herramienta Balsamiq Mockups.

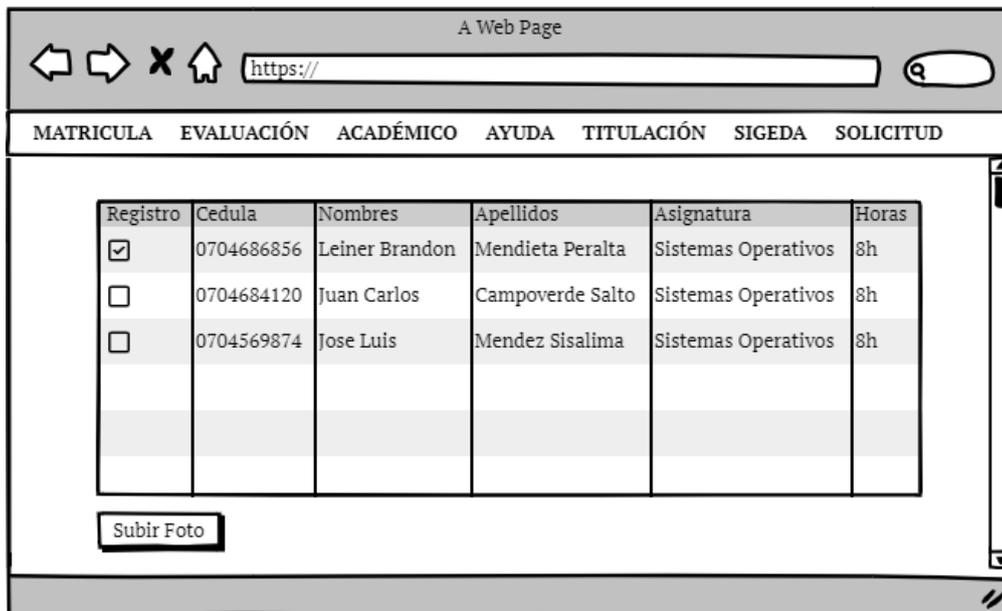


Figura 14: Vista de registro de asistencia

La página está conformada por una tabla en la cual se mostrarán los alumnos por materia, y un botón que permite subir la imagen de los estudiantes del curso, permitiendo que la foto sea enviada al modelo IA que permita el reconocimiento facial de los presentes para luego proceder a marcar el registro.

2.4.2.3. Fase III: codificación

Para el desarrollo de la aplicación web se utilizó los lenguajes de programación javascript y html; además, del framework sencha que permitió crear la lista de asistencia, por otra parte, se creó una base de datos PostgreSQL para almacenar a los alumnos.

La codificación se encuentra en el **anexo 6**.

La **Fase IV: pruebas** será realizado en el 3er capítulo referido a Resultados de Evaluación

2.5. Ejecución del prototipo

Reconocimiento Facial

Modelo FaceRecognition por defecto

Como primera ejecución del prototipo entrenado utilizando el modelo por defecto de face recogniton se obtuvo el siguiente resultado **figura 15**.

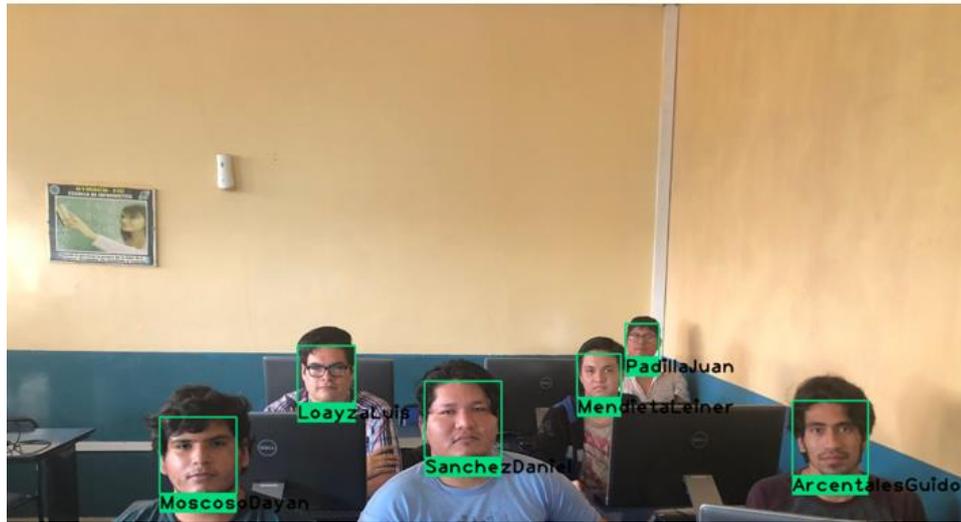


Figura 15: Resultado del modelo por defecto del reconocimiento facial

Modelo EigenFaces

En la **figura 16** se puede observar los resultados obtenidos a partir de este modelo.



Figura 16: Resultado del modelo EigenFaces

Modelo LBPH

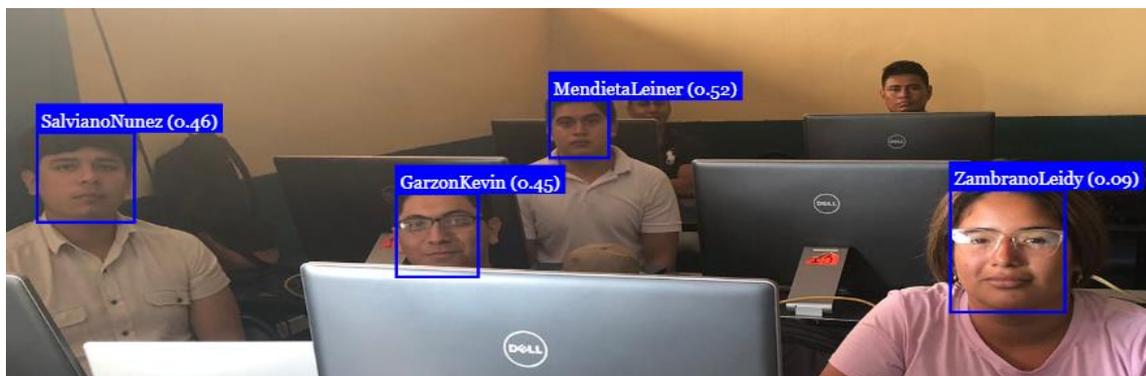
En la **figura 17** se observa los resultados obtenidos a partir de este modelo.



Figura 17: Resultado del modelo LBPH

Modelo de Javascript (Face-Api.js)

En la **figura 18** se observa los resultados obtenidos a partir de este modelo.



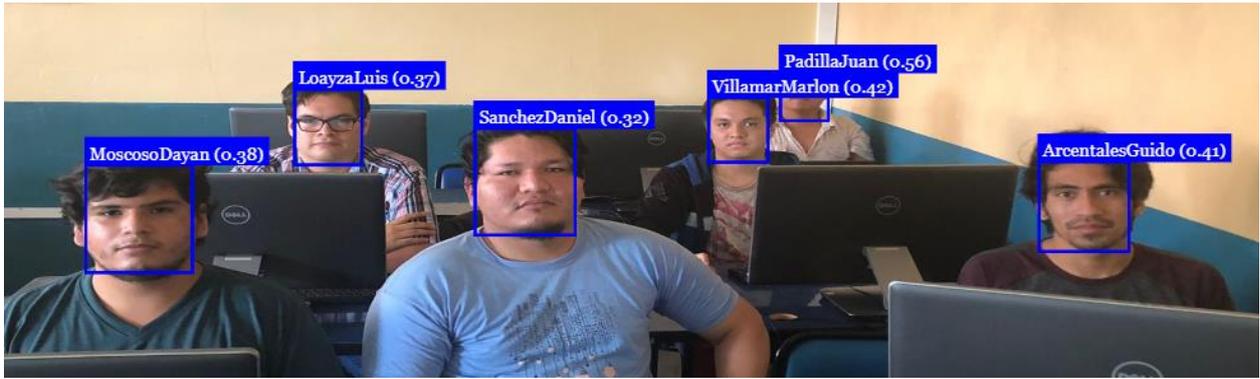


Figura 18: Resultado del modelo usando el Face-API.js

Aplicación Web

La interfaz que se detalla está construida de manera responsiva, con la finalidad que se lo ejecute desde un dispositivo móvil para obtener buena resolución fotográfica al momento de capturar las imágenes.

En la **figura 19** se observa la pantalla principal del registro de asistencia, donde se visualiza el panel que contiene los botones de capturar y reconocer en la parte izquierda y el panel de la lista de los alumnos en la parte derecha.

Lista de Estudiantes			
Carrera: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN			
Curso: 10mo Semestre			
Asignatura: Gestion de TI II			
Registrar Asiste... ◀	Asistencia de Alumnos		
Capturar	<input type="checkbox"/>	cedula	Nombre
Reconocer	<input type="checkbox"/>	0705938082	Juan
	<input type="checkbox"/>	07099999	Guido
	<input type="checkbox"/>	11111111	Kevin
	<input type="checkbox"/>	2222222	Luis
	<input type="checkbox"/>	333333	Andres
	<input type="checkbox"/>	44444444	Leiner
	<input type="checkbox"/>	55555	Dayan
	<input type="checkbox"/>	66666	Juan
	<input type="checkbox"/>	77777	Adrian
			Romero

Figura 19: Pantalla principal del registro de asistencia

Una vez que se selecciona el botón capturar, se abre una pestaña donde se procede a tomar las fotos necesarias de las personas que van a ser reconocidas; por cada imagen capturada sale una notificación de que ha sido guardada tal y como se demuestra en la **figura20**.


Cámara

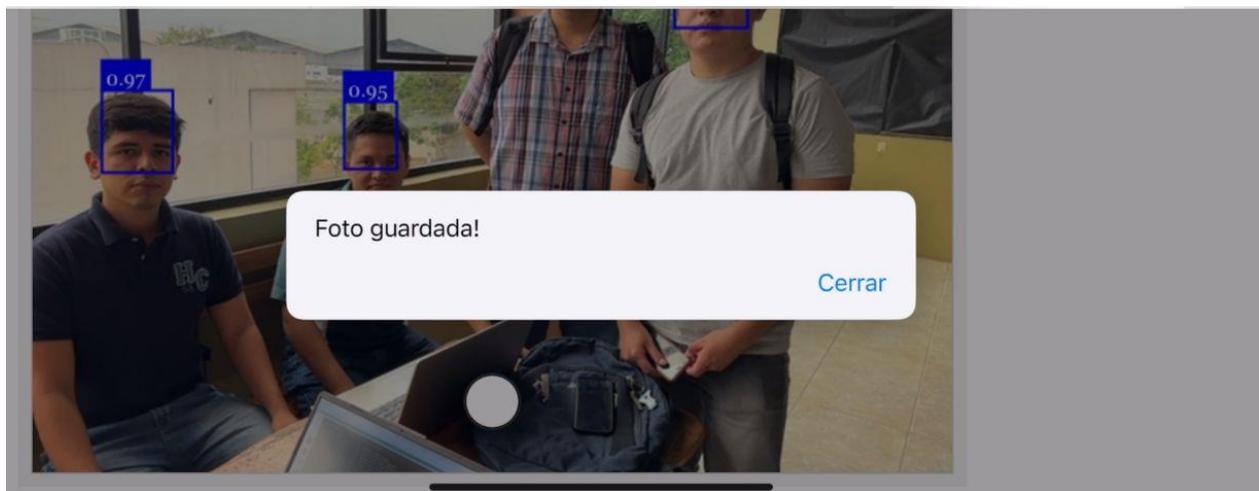


Figura 20: Cámara

Realizado el proceso de captura de imágenes de los alumnos a registrar la asistencia, se regresa a la ventana principal y se cargan de manera automática las fotos tomadas en el panel izquierdo **figura 21.**

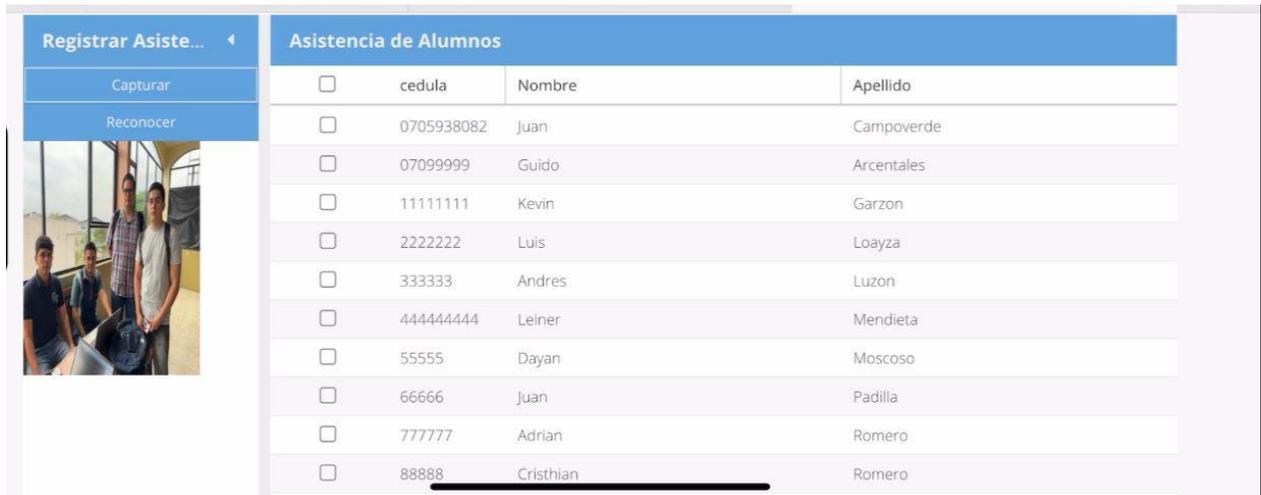


Figura 21: Ventana Principal con fotos capturadas

Finalmente se procede a realizar el reconocimiento facial haciendo clic en el botón reconocer y de manera automática se marca la asistencia de los alumnos mediante las fotos guardadas **figura 22.**

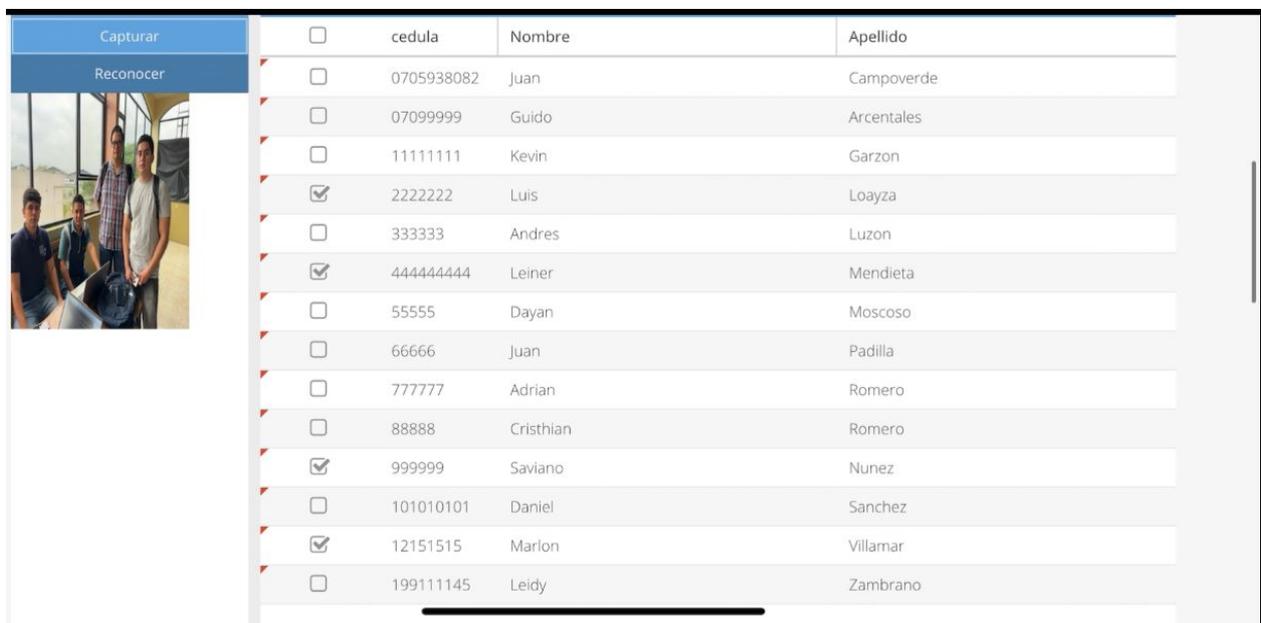


Figura 22: Registro de asistencia

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. Plan de Evaluación

Objetivo General:

- Evaluar el prototipo de aplicación web de registro de asistencia de estudiantes con reconocimiento facial aplicando métricas y normas de calidad para la verificación de mejora en tiempo y experiencia de usuario.

Objetivos Específicos:

- Utilizar una matriz de confusión para evaluar los modelos de reconocimiento facial, utilizando las métricas de exactitud y precisión.
- Emplear métricas de funcionalidad, fiabilidad, usabilidad y eficiencia según la norma ISO 9126 para evaluar el rendimiento de la aplicación.

3.1.1. Planificación

Tabla 8: Diagrama de Gantt

Actividades	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13
Definición de objetivo, herramientas y técnicas del plan. Elaboración de matriz de confusión.				
Evaluación de funcionalidad y fiabilidad.				
Evaluación de usabilidad y eficiencia.				
Documentación de resultados.				

Semana 10	
Fecha: 14 ago -18 ago de 2023	
Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Establecer objetivo y propósito del plan. - Elección de herramientas para la evaluación. - Definir los datos de prueba para calcular la matriz de confusión. - Elaborar matriz de confusión y calcular métricas de exactitud y precisión. 	Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Analizar resultados de exactitud y precisión de cada modelo. - Elaborar una conclusión acerca de efectividad de cada modelo.

Semana 11	
Fecha: 21 ago -25 ago de 2023	
Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la funcionabilidad de la aplicación mediante pruebas de carga. - Evaluar la fiabilidad mediante una evaluación cruzada manual. 	Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Comprobar los tiempos de respuestas bajo distintas cargas de trabajo. - Ajustar el umbral del modelo teniendo en cuenta las condiciones de iluminación, para reducir el error de reconocimiento. - Definir la cantidad de estudiantes que puede reconocer el modelo por foto.

Semana 12	
Fecha: 28 ago – 01 sep de 2023	
Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la usabilidad de la aplicación mediante la opinión de distintos usuarios. - Evaluar la eficiencia de la aplicación en términos de tiempos, comparando el registro manual con el registro con reconocimiento facial. 	Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Comprobar la satisfacción del usuario. - Corroborar el análisis de tiempos.

Semana 13	
Fecha: 04 sep– 08 sep de 2023	
Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Documentar los resultados obtenidos del plan de evaluación en el capítulo III. 	Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Comprobar hipótesis y determinar un análisis.

3.1.2. Herramientas y Técnicas

Matriz de confusión y métricas para evaluar modelos de reconocimiento facial

Esta técnica permitirá escoger el mejor modelo entrenado, realizando un análisis de la exactitud y precisión mediante los resultados obtenidos de la matriz de confusión.

Tabla 9: Matriz de confusión
Fuente: Adaptación de [31]

	Positivos	Negativos
Positivos	Verdaderos Positivos (VP)	Falsos Negativos (FN)
Negativos	Falsos Positivos (FP)	Verdaderos Negativos (VN)

$$Precisión = \frac{VP}{(VP + FP)}$$

$$Exactitud = \frac{VP + VN}{(Total)}$$

Métricas según norma ISO 9126 para evaluar aplicación web

Funcionabilidad

JMeter es la herramienta que permitirá realizar la prueba de carga, para llevar a cabo el criterio de evaluación de funcionalidad de la aplicación web, útil para visualizar el comportamiento eficiente y rendimiento de la aplicación web, esta herramienta permite múltiples pruebas de usuario el cual es difícil de encontrar en otras herramientas [32].

La prueba será realizada durante una cantidad de tiempo, definiendo el número de usuarios virtuales (hilos) y las veces que este proceso será repetido, para visualizar los resultados sobre los tiempos de respuesta, errores y rendimiento de la aplicación.

Fiabilidad

Para evaluar esta métrica se utilizará una tabla con distintos umbrales que permitirán calcular la tasa de verdaderos positivos y falsos positivos con el objetivo de ajustar el umbral del modelo para la disminución del error de reconocimiento.

Tabla 10: Ajuste de umbral

Umbral	Tasa de verdaderos positivos (Recall)	Tasa de falsos positivos	Precisión	Valor F
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				

Usabilidad

Este parámetro es evaluado mediante una encuesta con el fin de medir la experiencia del usuario al usar la aplicación web.

1. ¿Encontraste la navegación intuitiva y fácil de entender?

- Sí
 No

<p>2. ¿Cómo describirías la facilidad de uso de la aplicación? (1 = Muy Difícil, 2 = Difícil, 3 = Normal, 4 = Fácil, 5 = Muy Fácil)</p> <p><input type="checkbox"/> 1</p> <p><input type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> 5</p>
<p>3. ¿Experimentaste problemas de lentitud o retrasos mientras usabas la aplicación?</p> <p>- <input type="checkbox"/> Sí</p> <p>- <input type="checkbox"/> No</p>
<p>4. ¿Cómo calificarías la precisión de la función de reconocimiento facial? (1 = Muy Inexacto, 2 = Inexacto, 3 = Moderadamente Exacto, 5 = Muy Preciso)</p> <p><input type="checkbox"/> 1</p> <p><input type="checkbox"/> 2</p> <p><input type="checkbox"/> 3</p> <p><input type="checkbox"/> 4</p> <p><input type="checkbox"/> 5</p>
<p>5. ¿Te gustó el diseño visual y la apariencia general de la aplicación?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p><input type="checkbox"/> Neutro</p>

Eficiencia

La evaluación de esta métrica consiste en realizar un análisis de tiempo entre el registro de asistencia del sistema informático (SIUTMACH) de manera manual en comparación al registro de asistencia con reconocimiento facial, esta prueba tiene como objetivo aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

Tabla 11: Análisis de tiempos

Acción	Tiempo Promedio con la Aplicación Web (segundos)
Registro de Asistencia tradicional	

Registro de Asistencia mediante reconocimiento facial	
--	--

3.2. Resultados de la Evaluación

3.2.1. Resultados de exactitud y precisión de los modelos de reconocimiento facial

La investigación teórica permitió seleccionar 4 modelos de reconocimiento facial, siendo estos los más utilizados en distintos artículos científicos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante una matriz de confusión para determinar el mejor modelo basándose en las métricas de exactitud y precisión.

Matriz de confusión modelo Face Recognition

Tabla 12: Matriz de confusión FaceRecognition

	Predicción Positiva	Predicción Negativa
Real Positivo	10 (VP)	0 (FN)
Real Negativo	2 (FP)	0 (VN)

A través del resultado mostrado en la **tabla 12** se obtiene como resultado que el modelo asoció de manera correcta a 10 personas y de manera incorrecta (asocia a una persona con otro nombre) a 2 personas, dando una precisión y exactitud del 83%.

$$Precisión = \frac{10}{(10 + 2)} = 0.83 = 83\%$$

$$Exactitud = \frac{10 + 0}{(12)} = 0.83 = 83\%$$

Matriz de confusión modelo EigenFaces

Tabla 13: Matriz de confusión EigenFaces

	Predicción Positiva	Predicción Negativa
Real Positivo	8 (VP)	0 (FN)
Real Negativo	4 (FP)	0 (VN)

En la **tabla 13** se obtiene como resultado que el modelo asoció de manera correcta a 8 personas y de manera incorrecta (asocia a una persona con otro nombre) a 4 personas, dando una precisión y exactitud del 66%.

$$Precisión = \frac{8}{(8 + 4)} = 0.66 = 66\%$$

$$Exactitud = \frac{8 + 0}{(12)} = 0.66 = 66\%$$

Matriz de confusión modelo LBPH

Tabla 14: Matriz de confusión LBPH

	Predicción Positiva	Predicción Negativa
Real Positivo	8 (VP)	2 (FN)
Real Negativo	2 (FP)	0 (VN)

En la **tabla 14** se obtiene como resultado que el modelo asoció de manera correcta a 8 personas, de manera incorrecta (asocia a una persona con otro nombre) a 2 personas y no detecta (desconocido) a 2 personas, dando una precisión del 80% y una exactitud del 66%.

$$Precisión = \frac{8}{(8 + 2)} = 0.8 = 80\%$$

$$Exactitud = \frac{8 + 0}{(12)} = 0.66 = 66\%$$

Matriz de confusión modelo Face-API.js

Tabla 15: Matriz de confusión Face-API.js

	Predicción Positiva	Predicción Negativa
Real Positivo	10 (VP)	2 (FN)
Real Negativo	0 (FP)	0 (VN)

En la **tabla 15** se obtiene como resultado que el modelo asoció de manera correcta a 10 personas y no detecta (desconocido) a 2 personas, dando una precisión del 100% y una exactitud del 83%.

$$\text{Precisión} = \frac{10}{(10 + 0)} = 1 = 100\%$$

$$\text{Exactitud} = \frac{10 + 0}{(12)} = 0.83 = 83\%$$

Métricas de evaluación

En la **tabla 19** se detalla de manera consolidada los resultados obtenidos de cada modelo de reconocimiento facial, siendo el modelo Face-Api.js el mejor con una precisión del 100% y una exactitud del 83%, por consiguiente, este modelo será el implementado en la aplicación web.

Tabla 16: Métricas de evaluación

Modelo	Precisión	Exactitud
Face Recognition	83%	83%
EigenFaces	66%	66%
LBPH	80%	66%
Face-Api.js	100%	83%

3.2.2. Resultados de evaluación de aplicación web según norma ISO 9126

Funcionabilidad

Se ha tomado en cuenta la realización de pruebas de carga, conocidas como "Load testing", como una herramienta para confirmar la respuesta adecuada a las solicitudes generadas por cantidades específicas de usuarios que interactúan simultáneamente.

Para esto se definió 3 pruebas con un tiempo de transición de 60 segundos con 5 iteraciones y 300 segundos de tiempo manteniendo la carga como se puede observar en la **tabla 17**

Tabla 17: Configuración prueba de carga

#Prueba	Número de hilos (usuarios)	Tiempo de transición (segundos)	Bucle	Tiempo manteniendo la carga (segundos)
1	100	60	5	300
2	200	60	5	300
3	300	60	5	300

De acorde a la configuración planificada se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18: Prueba con 100 hilos

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error %	Throughput	Received KB/sec	Sent KB/sec
HTTP Request	500	1	0	43	1.94	0.00%	2.2/sec	18.55	0.25
TOTAL	500	1	0	43	1.94	0.00%	2.2/sec	18.55	0.25

Tabla 19: Prueba con 200 hilos

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error %	Throughput	Received KB/sec	Sent KB/sec
HTTP Request	1000	1	0	4	0.75	0.00%	16.8/sec	138.64	1.90
TOTAL	1000	1	0	4	0.75	0.00%	16.8/sec	138.64	1.90

Tabla 20: Prueba con 300 hilos

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error %	Throughput	Received KB/sec	Sent KB/sec
HTTP Request	1500	1	0	6	0.69	0.00%	25.1/sec	207.57	2.84
TOTAL	1500	1	0	6	0.69	0.00%	25.1/sec	207.57	2.84

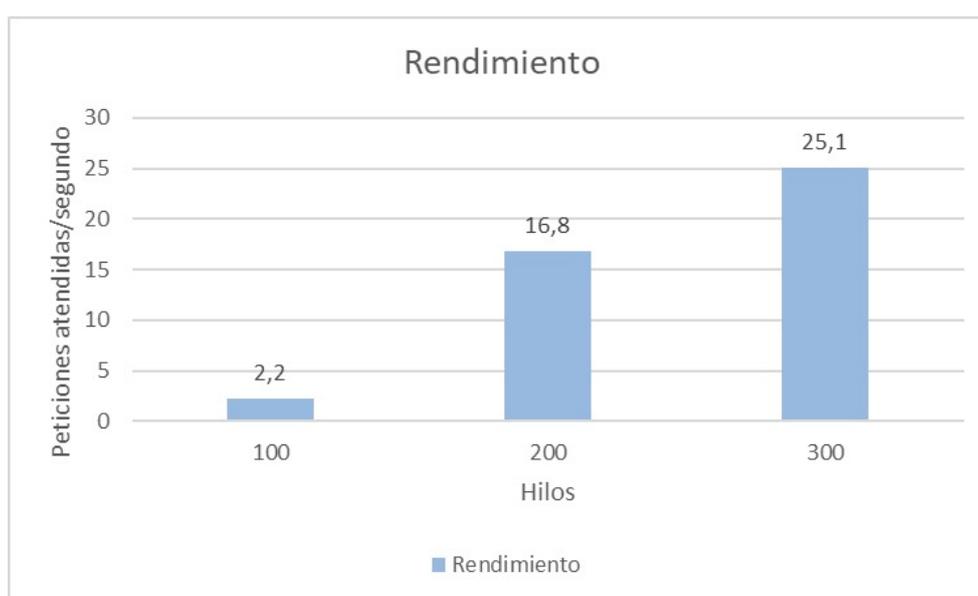


Figura 23: Prueba de rendimiento

Los resultados basados en la **figura 23** indican que la aplicación ha mantenido un tiempo promedio de respuesta muy bajo en todas las pruebas realizadas con diferentes cantidades de hilos (100, 200 y 300). Este tiempo de respuesta constante demuestra que tiene una buena capacidad para manejar solicitudes en términos de velocidad de respuesta.

El porcentaje de errores en todas las pruebas es 0%, lo que indica que la aplicación pudo manejar la carga sin experimentar fallos.

El throughput (tasa de solicitudes por segundo) ha aumentado a medida que se ha aumentado la cantidad de hilos, es decir que la aplicación es capaz de manejar más tráfico a medida que se aumenta la carga.

La velocidad de datos recibidos y enviados también ha aumentado proporcionalmente con el aumento de hilos, lo que indica un mayor uso de recursos de red en las pruebas con 300 hilos.

Fiabilidad

Para realizar la evaluación de fiabilidad se elaboró una tabla que permite ajustar el umbral para encontrar un equilibrio entre una similitud alta que garantice buena precisión del modelo y una similitud baja que permita variaciones en condiciones de luz o expresiones faciales y que pueda detectar los rostros.

Tabla 21: Ajuste de umbral

Umbral	Tasa de verdaderos positivos (Recall)	Tasa de falsos positivos	Precisión	Valor F
0.55	75%	0	100%	85.71%
0.6	83%	0	100%	90.91%

Según los resultados obtenidos se debe aplicar un umbral de 0.6 al modelo de reconocimiento ya que ofrece una tasa de verdaderos positivos del 83% siendo este el mejor porcentaje.

Por otra parte, se puede inferir que para aumentar la tasa de verdaderos positivos en el contexto de registro de asistencia es necesario mantener una buena condición de luz y que cada fotografía contenga entre 4 a 5 estudiantes esto con el fin de que el modelo pueda reconocer a todos.

Usabilidad

Para evaluar la usabilidad de la aplicación de reconocimiento facial para el registro de asistencia se realizó una encuesta con el fin de recopilar información, debido a que el prototipo se lo realizó con estudiantes de 10mo semestre, se seleccionó 4 asignaturas.

Las preguntas de la encuesta están basadas en la facilidad de usar la aplicación y la precisión del reconocimiento facial, empleando en algunas preguntas la escala de Likert. A continuación, se detalla los resultados estadísticos desde la **Figura 23 a 27**.

1.- ¿Encontraste la navegación intuitiva y fácil de entender?

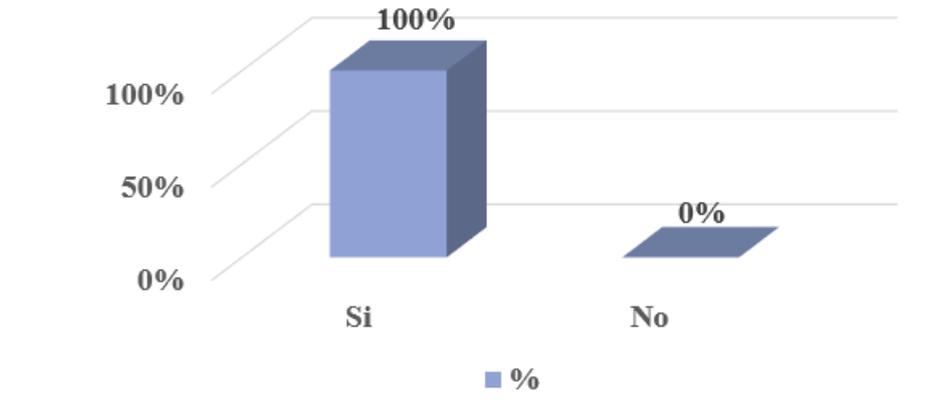


Figura 24: Pregunta 1

Se puede observar en la **figura 23**, como el 100% encontró la navegación intuitiva y fácil de entender, debido a que la aplicación web cuenta con una interfaz muy sencilla y la interacción entre el registro de asistencia con el reconocimiento facial es en dos pasos.

2.- ¿Cómo describirías la facilidad de uso de la aplicación? (1 = Muy Difícil, 2 = Difícil, 3 = Normal, 4 = Fácil, 5 = Muy Fácil)

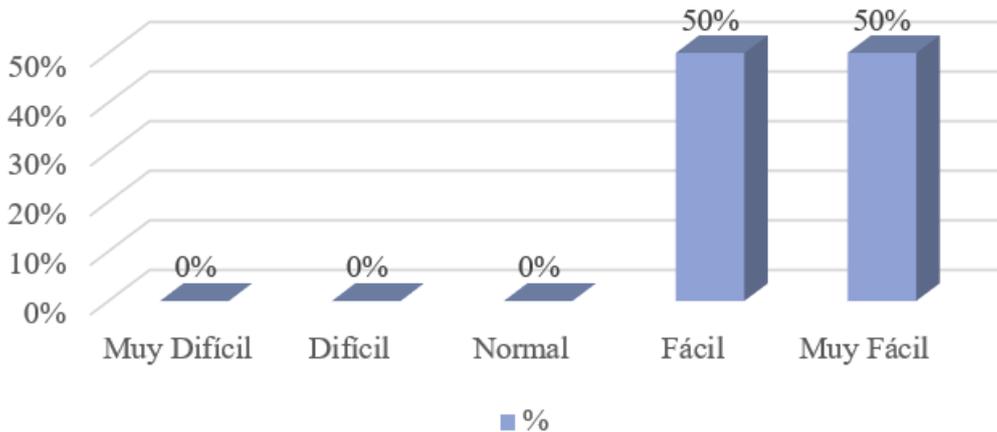


Figura 25: Pregunta 2

La **figura 24** determina el grado de facilidad de uso, según lo obtenido, se observa que el 50% indicó que la aplicación es fácil de usar mientras que el otro 50% calificó como muy fácil, dando como un resultado positivo debido a que no existe algún resultado negativo sobre la dificultad del aplicativo.

3.- ¿Experimentaste problemas de lentitud o retraso mientras usabas la aplicación?

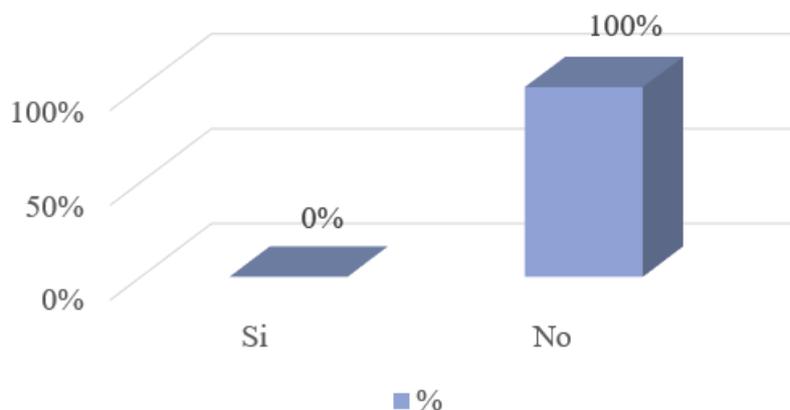


Figura 26: Pregunta 3

Los resultados en la **figura 25** acerca de problemas de lentitud en el uso de la aplicación son positivos porque el 100% indico que no experimentaron problemas de retraso o lentitud, indicando un eficiente rendimiento siendo beneficioso para la experiencia del usuario por parte de la aplicación.

4.- ¿Cómo calificarías la precisión de la función de reconocimiento facial? (1 = Muy Inexacto, 2 = Inexacto, 3 = Moderadamente Exacto, 4 = Preciso, 5 = Muy preciso)

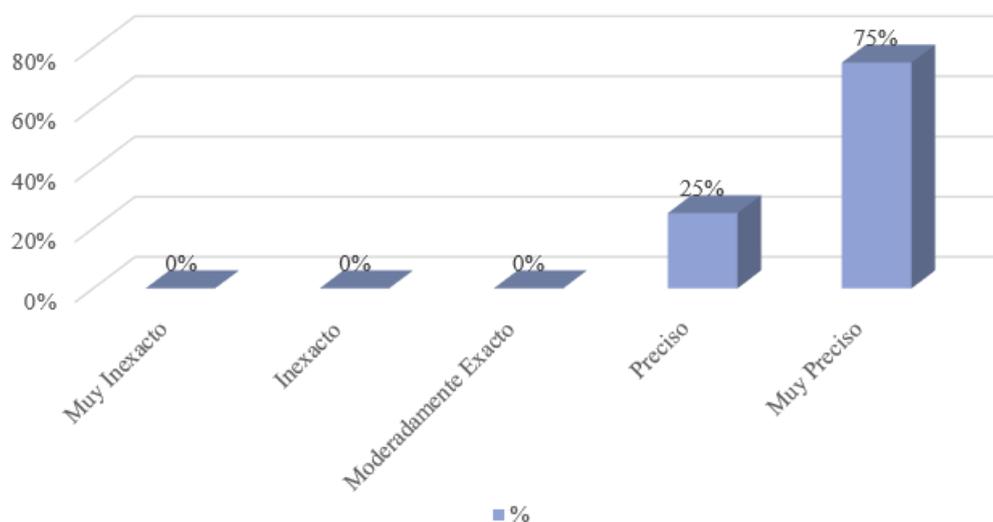


Figura 27: Pregunta 4

Se observa en la **figura 26** que los resultados fueron positivos, con un 25% que indicaron como preciso y un 75% como muy preciso el reconocimiento facial, siendo un indicativo positivo el cual muestra una alta confianza en la función de reconocimiento de rostros.

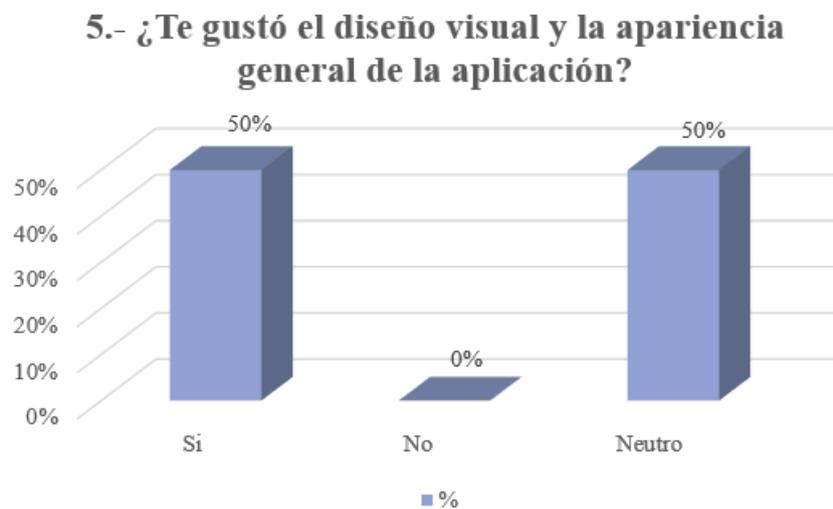


Figura 28: Pregunta 5

En la **figura 27** se observa un resultado dividido, de acuerdo a que el 50% le gusto el diseño y apariencia de la aplicación web, mientras que el otro 50% se encuentra de manera neutra, no existen indicadores negativos sobre el diseño visual, manifestando que el diseño sigue la misma línea del sistema informático SIUTMACH.

Para valorar los resultados acerca de la facilidad de uso se considera las respuestas “Fácil” y “Muy fácil” como favorables, mientras que las respuestas “Normal”, “Difícil” y “Muy difícil” se consideran como desfavorables.

Tabla 22: Facilidad de uso

Principios	Fácil	Muy Fácil	Total
Facilidad de uso	50%	50%	100%

Para valorar los resultados acerca de la precisión del reconocimiento facial se considera las respuestas “Preciso” y “Muy Preciso” como favorables, mientras que las respuestas “Moderadamente exacto”, “Inexacto” y “Muy Inexacto” se consideran como desfavorables.

Tabla 23: Precisión del reconocimiento facial

Principios	Preciso	Muy Preciso	Total
Precisión del reconocimiento facial.	25%	75%	100%

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la usabilidad de la aplicación de reconocimiento facial para el registro de asistencia, calificada en un 50% como fácil y muy fácil, es 100% favorable, lo cual significa que no existe problemas de interacción al momento de utilizar la aplicación.

Por otro lado, los resultados obtenidos acerca de la precisión del reconocimiento facial son favorables en un 100%; un 25% lo calificó como preciso y un 75% como muy preciso, lo que significa que el modelo utilizado no presenta problemas al momento de reconocer los rostros.

Eficiencia

Para evaluar la eficiencia del reconocimiento facial, se realizó pruebas que consistieron en capturar el tiempo empleado para registrar la asistencia de manera manual y reconocimiento facial. A continuación, se detallan los resultados en la **tabla 24**.

Tabla 24: Tiempos de registro de asistencia

Acción	Tiempo usado con la Aplicación				Tiempo promedio(segundos)
	Web (segundos)				
Registro de Asistencia tradicional	35	33	31	37	34
Registro de Asistencia mediante reconocimiento facial	50	30	28	33	35.25

Con un promedio de 34 segundos para el registro de asistencia tradicional y 35.25 segundos para el registro con reconocimiento facial, se concluye que no existe mejora de tiempo, esto se debe a que en la opción con reconocimiento entran factores claves como: la iluminación y el tamaño del aula de clases; en una prueba tomada en un laboratorio grande se empleó 50 segundos en realizar el proceso de tomar fotos y registrar la asistencia, por otro lado en laboratorios pequeños el tiempo empleado para registrar la asistencia con reconocimiento facial es similar al manual.

CONCLUSIONES

- Se logró desarrollar de forma exitosa la aplicación web de reconocimiento facial capaz de registrar la asistencia a estudiantes mediante una foto grupal, utilizando distintas técnicas de visión artificial.
- En la construcción del marco teórico se exploraron conceptos importantes como la inteligencia artificial, redes neuronales y visión artificial mediante la búsqueda bibliográfica en revistas científicas utilizando la metodología SLA.
- Se construyó un dataset de imágenes de estudiantes de 10mo semestre en las cuales se capturó el rostro de 14 personas, posteriormente utilizadas para el entrenamiento.
- Las principales técnicas, escogidas para el desarrollo de los modelos de reconocimiento facial fueron Open-CV y Face-API que permitieron realizar el entrenamiento, por otro lado, las herramientas utilizadas para el desarrollo de la aplicación web fue Visual Studio Code y PgAdmin4 usando lenguajes de programación JavaScript y Python; para el diseño de la base de datos se utilizó PostgreSQL.
- Mediante el uso de las técnicas de IA se logró desarrollar 4 algoritmos para la detección y reconocimiento facial que fueron Face Recognition, EigenFaces, LBPH y Face-API.js, con fines de evaluación.
- Basado en la evaluación, se obtuvieron los siguientes resultados, el modelo FaceRecognition cuenta con una precisión y exactitud del 83%, EigenFaces cuenta con una precisión y exactitud del 66%, LBPH con una precisión del 80% y una exactitud del 66%, finalmente el modelo Face-API.js cuenta con una precisión del 100% y exactitud del 83%, siendo el último el modelo seleccionado para la implementación en la aplicación web.
- Se construyó el diseño de la aplicación web utilizando sencha ext js, para la comunicación con el modelo se usó javascript y un api/rest para llamar los descriptores de los rostros entrenados almacenados en la base de datos, estas herramientas se utilizaron debido a la necesidad de hacer la aplicación compatible con los sistemas internos de la universidad.

- Se logró evaluar la aplicación web según la norma ISO 9126, dando como resultados en términos de funcionabilidad un 0% de errores en pruebas de carga; en fiabilidad se determinó que con una tasa del 83% de verdaderos positivos, el umbral necesario para el funcionamiento del reconocimiento facial es de 0.6; en usabilidad se demostró con el 100% de resultados favorables que es fácil el uso del aplicativo; finalmente, debido a los resultados obtenidos en la prueba de eficiencia con un promedio de 34 segundos para el registro de asistencia tradicional y 35.25 segundos para el registro con reconocimiento facial, no se logró demostrar que en tiempos de respuesta sea mejor que el registro usado actualmente.

RECOMENDACIONES

- Mejorar el modelo de reconocimiento facial, buscando aumentar la capacidad de identificar más estudiantes con menor cantidad de fotos, esto con el propósito de mejorar el tiempo de registro de asistencia.
- Utilizar una metodología que permita establecer palabras claves y cadenas de búsqueda para seleccionar artículos científicos relevantes al tema del trabajo. De esta manera se garantiza que la investigación esté respaldada con evidencia sólida que se encuentre disponible en distintas bases de datos científicas, aumentando la credibilidad y autenticidad del contenido.
- Considerar condiciones de iluminación para armar el dataset, debido a que esto afecta directamente al entrenamiento de los modelos, por otra parte, tener cuidado con el etiquetado de los datos ya que puede provocar confusión al modelo para realizar el reconocimiento.
- Tener en cuenta las versiones de las librerías utilizadas en el entrenamiento de los modelos, para que no exista incompatibilidad al momento de generar los descriptores de los rostros.
- Analizar la elección de los modelos que mejor se adapten al objetivo del prototipo, teniendo en cuenta la disponibilidad de la data y los recursos de hardware y software que se cuenta.
- Identificar las métricas y el conjunto de datos. Esto permite asegurar la elección correcta del mejor modelo.
- Se recomienda tener en cuenta las tecnologías que aplica la parte interesada para que puedan adaptar la aplicación web con su sistema informático.
- Determinar que norma es la más adecuada para evaluar el prototipo, además de analizar las métricas a usar que permitan demostrar la hipótesis.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Ibarra-Estévez y K. Paredes, «Redes neuronales artificiales para el control de acceso basado en reconocimiento facial», *revistapuce*, n.º 106, pp. 281-295, abr. 2018, doi: 10.26807/revpuce.v0i106.140.
- [2] J. Porras, «Diseño de un sistema de reconocimiento facial como medio de control de acceso biométrico mediado por técnicas de inteligencia artificial como herramienta base de seguridad del cead ibagué.».
- [3] A. Canazas, J. Ramos, P. Torres, y X. Mamani, «Sistema de identificación de emociones a través de reconocimiento facial utilizando inteligencia artificial», *Innov. Softw.*, vol. 3, n.º 2, pp. 140-150, 2022, doi: 42411/s9/a74.
- [4] G. del Castillo Torres, M. F. Roig-Maimó, M. Mascaró-Oliver, E. Amengual-Alcover, y R. Mas-Sansó, «Understanding How CNNs Recognize Facial Expressions: A Case Study with LIME and CEM», *Sensors*, vol. 23, n.º 1, p. 131, dic. 2022, doi: 10.3390/s23010131.
- [5] T. Gwyn y K. Roy, «Examining Gender Bias of Convolutional Neural Networks via Facial Recognition», *Future Internet*, vol. 14, n.º 12, p. 375, dic. 2022, doi: 10.3390/fi14120375.
- [6] A. Puckdeevongs, N. K. Tripathi, A. Witayangkurn, y P. Saengudomlert, «Classroom Attendance Systems Based on Bluetooth Low Energy Indoor Positioning Technology for Smart Campus», *Information*, vol. 11, n.º 6, p. 329, jun. 2020, doi: 10.3390/info11060329.
- [7] N. Hiremani *et al.*, «Artificial Intelligence-Powered Contactless Face Recognition Technique for Internet of Things Access for Smart Mobility», *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2022, pp. 1-11, sep. 2022, doi: 10.1155/2022/8750840.
- [8] M. Boden, *Inteligencia Artificial*. Madrid: Turner, 2017, 2017. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=LCnYDwAAQBAJ&dq=M.+Boden,+Inteligencia+Artificial,+Madrid:+Turner+Publicaciones,+2017.&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- [9] S. Michael Dinesh y A. R. Kavitha, «Development of Algorithm for Person Re-Identification Using Extended Openface Method», *Comput. Syst. Sci. Eng.*, vol. 44, n.º 1, pp. 545-561, 2023, doi: 10.32604/csse.2023.024450.
- [10] S. Albalawi, L. Alshahrani, N. Albalawi, R. Kilabi, y A. Alhakamy, «A Comprehensive Overview on Biometric Authentication Systems using Artificial Intelligence Techniques», *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, n.º 4, pp. 782-791, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130491.
- [11] J. L. Aznarte, M. Melendo Pardo, y J. M. Lacruz López, «Sobre el uso de tecnologías de reconocimiento facial en la universidad: el caso de la UNED», *RIED Rev. Iberoam. Educ. Distancia*, vol. 25, n.º 1, oct. 2021, doi: 10.5944/ried.25.1.31533.
- [12] G. D. Corzo-Ussa, E. L. Álvarez-Aros, y F. Chavarro-Miranda, «La industria 4.0 y sus aplicaciones en el ámbito militar: Oportunidad estratégica para Latinoamérica», *Rev. Científica Gen. José María Córdova*, vol. 20, n.º 39, pp. 717-736, jul. 2022, doi: 10.21830/19006586.882.
- [13] B. E. Chacua Criollo, «Diseño de un sistema prototipo de reconocimiento facial para la identificación de personas en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte utilizando técnicas de Inteligencia Artificial», Universidad Técnica del Norte, Ibarra. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9572>
- [14] M. M. Ahsan, Y. Li, J. Zhang, M. T. Ahad, y K. D. Gupta, «Evaluating the Performance of Eigenface, Fisherface, and Local Binary Pattern Histogram-Based Facial Recognition Methods under Various Weather Conditions», *Technologies*, vol. 9, n.º 2, p. 31, abr. 2021, doi: 10.3390/technologies9020031.

- [15] Y. Wang, K. Cheng, S. Zhao, y X. E, «Human Ear Image Recognition Method Using PCA and Fisherface Complementary Double Feature Extraction», *J. Artif. Intell. Technol.*, dic. 2022, doi: 10.37965/jait.2022.0146.
- [16] Y.-C. Chen, Y.-S. Liao, H.-Y. Shen, M. Syamsudin, y Y.-C. Shen, «An Enhanced LBPH Approach to Ambient-Light-Affected Face Recognition Data in Sensor Network», *Electronics*, vol. 12, n.º 1, p. 166, dic. 2022, doi: 10.3390/electronics12010166.
- [17] S. Pal, S. Mukhopadhyay, y N. Suryadevara, «Development and Progress in Sensors and Technologies for Human Emotion Recognition», *Sensors*, vol. 21, n.º 16, p. 5554, ago. 2021, doi: 10.3390/s21165554.
- [18] H. Wu, «Real Time Facial Expression Recognition for Online Lecture», *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2022, pp. 1-11, abr. 2022, doi: 10.1155/2022/9684264.
- [19] H. Qin *et al.*, «Portable Skin Lesion Segmentation System with Accurate Lesion Localization Based on Weakly Supervised Learning», *Electronics*, vol. 12, p. 3732, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/electronics12173732>.
- [20] A. López-Chau, J. P. Muñoz-Chávez, y D. Valle-Cruz, «Percepción de la calidad en restaurantes: un análisis mixto con redes neuronales», *Estud. Gerenciales*, vol. 38, n.º 165, pp. 449-463, nov. 2022, doi: 10.18046/j.estger.2022.165.5235.
- [21] H. N. Vu, M. H. Nguyen, y C. Pham, «Masked face recognition with convolutional neural networks and local binary patterns», *Appl. Intell.*, vol. 52, n.º 5, pp. 5497-5512, mar. 2022, doi: 10.1007/s10489-021-02728-1.
- [22] A. Generosi, T. Agostinelli, y M. Mengoni, «Smart retrofitting for human factors: a face recognition-based system proposal», *Int. J. Interact. Des. Manuf. IJIDeM*, vol. 17, n.º 1, pp. 421-433, feb. 2023, doi: 10.1007/s12008-022-01035-4.
- [23] K. M. Ang *et al.*, «Optimal Design of Convolutional Neural Network Architectures Using Teaching–Learning–Based Optimization for Image Classification», *Symmetry*, vol. 14, n.º 11, p. 2323, nov. 2022, doi: 10.3390/sym14112323.
- [24] K. Yin *et al.*, «GIS Partial Discharge Pattern Recognition Based on Multi-Feature Information Fusion of PRPD Image», *Symmetry*, vol. 14, n.º 11, p. 2464, nov. 2022, doi: 10.3390/sym14112464.
- [25] R. Vilorio y G. Bracho, «Prototipo de un monitor cardiaco implementando IOT: Desarrollo de un Prototipo de monitor cardiaco implementando IOT», *TECHNO Rev. Int. Technol. Sci. Soc. Rev. Rev. Int. Tecnol. Cienc. Soc.*, vol. 11, n.º 2.5, pp. 1-11, dic. 2022, doi: 10.37467/revtechno.v11.4406.
- [26] Á. Artola, «Clasificación de imágenes usando redes neuronales convolucionales en Python».
- [27] Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica, F. Elkfury, J. Ierache, y Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica, «Clasificación y representación de emociones en el discurso hablado en español empleando Deep Learning», *RISTI - Rev. Ibérica Sist. E Tecnol. Informação*, vol. 42, pp. 78-92, jun. 2021, doi: 10.17013/risti.42.78-92.
- [28] C. Luna-Jiménez, R. Kleinlein, D. Griol, Z. Callejas, J. M. Montero, y F. Fernández-Martínez, «A Proposal for Multimodal Emotion Recognition Using Aural Transformers and Action Units on RAVDESS Dataset», *Appl. Sci.*, vol. 12, n.º 1, p. 327, dic. 2021, doi: 10.3390/app12010327.
- [29] V. Flores, S. Heras, y V. Julián, «A New Methodological Framework for Project Design to Analyse and Prevent Students from Dropping Out of Higher Education», *Electronics*, vol. 11, n.º 18, p. 2902, sep. 2022, doi: 10.3390/electronics11182902.
- [30] G. Guerrero-Ulloa, C. Rodríguez-Domínguez, y M. J. Hornos, «Agile Methodologies Applied to the Development of Internet of Things (IoT)-Based Systems: A Review», *Sensors*, vol. 23, n.º 2, p. 790, ene. 2023, doi: 10.3390/s23020790.

- [31] Z.-H. Huang, Y.-Y. Liu, W.-J. Wu, y K.-W. Huang, «Design and Validation of a Deep Learning Model for Renal Stone Detection and Segmentation on Kidney–Ureter–Bladder Images», *Bioengineering*, vol. 10, n.º 8, p. 970, ago. 2023, doi: 10.3390/bioengineering10080970.
- [32] B. Alankar, G. Sharma, H. Kaur, R. Valverde, y V. Chang, «Experimental Setup for Investigating the Efficient Load Balancing Algorithms on Virtual Cloud», *Sensors*, vol. 20, n.º 24, p. 7342, dic. 2020, doi: 10.3390/s20247342.

ANEXOS

Anexo 1: Historia de Usuario

Tabla 25: Historia de usuario 1

Historia de usuario	
Número: 1	
Nombre: Ingreso al sistema web	
Prioridad: Alta	Usuario: Usuario (Docentes)
Programador: Juan Campoverde, Leiner Mendieta	
Descripción: El usuario podrá acceder al sistema web a través de una identificación, la cual debe estar registrado en la base de datos.	

Tabla 26: Historia de usuario 2

Historia de usuario	
Número: 2	
Nombre: Ingreso de datos (Foto de alumnos del curso)	
Prioridad: Alta	Usuario: Usuario (Docentes)
Programador: Juan Campoverde, Leiner Mendieta	
Descripción: El usuario ingresara una foto del grupo de alumnos, permitiendo que el modelo de IA realice el reconocimiento facial.	

Tabla 27: Historia de usuario 3

Historia de usuario	
Número: 3	
Nombre: Visualización de resultados del reconocimiento facial	
Prioridad: Alta	Usuario: Usuario (Docentes)

Programador: Juan Campoverde, Leiner Mendieta	
Descripción: Los resultados dependerán del reconocimiento facial, arrojando una lista de los estudiantes que aparecen en la foto.	

Tabla 28: Historia de usuario 4

Historia de usuario	
Número: 4	
Nombre: Registro de asistencia basado en los resultados del reconocimiento facial	
Prioridad: Alta	Usuario: Usuario (Docentes)
Programador: Juan Campoverde, Leiner Mendieta	
Descripción: El registro de asistencia será la comparación de la base de datos de los estudiantes con los resultados de la lista de reconocimiento facial permitiendo registrar la asistencia de los presentes.	

Anexo2: Codificación del modelo FaceRecognition

```

import cv2
import os
import face_recognition

imageFacesPath = "C:/Users/A S U S/Documents/Noveno/Titulacion/tesis/ReconocimientoFacial/faces"
facesEncodings = []
facesNames = []
for file_name in os.listdir(imageFacesPath):
    image = cv2.imread(imageFacesPath + "/" + file_name)
    #cv2.imshow("Image", image)
    #cv2.waitKey(0)
    image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    f_coding = face_recognition.face_encodings(image, known_face_locations=[(0, 150, 150, 0)])[0]
    facesEncodings.append(f_coding)
    facesNames.append(file_name.split(".")[0])
print(facesEncodings)
print(facesNames)

```

```

rutaprueba="C:/Users/A S U S/Documents/Noveno/Titulacion/tesis/ReconocimientoFacial/ejemplo/prueba1.jpeg"

cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
# # Detector facial
faceClassif = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades + "haarcascade_frontalface_default.xml")
while True:
    ret, frame = cap.read()
    if ret == False:
        break
    frame = cv2.imread(rutaprueba,1)

    orig = frame.copy()
    faces = faceClassif.detectMultiScale(frame, 1.1, 5)
    for (x, y, w, h) in faces:
        face = orig[y:y + h, x:x + w]
        face = cv2.cvtColor(face, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        actual_face_encoding = face_recognition.face_encodings(face, known_face_locations=[(0, w, h, 0)])[0]
        result = face_recognition.compare_faces(facesEncodings, actual_face_encoding)
        #print(result)
        if True in result:
            index = result.index(True)
            name = facesNames[index]
            color = (125, 220, 0)
            print(name)
        else:
            name = "Desconocido"
            color = (50, 50, 255)
        cv2.rectangle(frame, (x, y + h), (x + w, y + h + 30), color, -1)
        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), color, 2)
        cv2.putText(frame, name, (x, y + h + 25), 1,1, (0, 0, 0), 1, cv2.LINE_AA)

    cv2.imshow("Frame", frame)
    k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    if k == 27:
        break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

Anexo3: Codificación del modelo EigenFaces

```
import cv2
import os
import numpy as np

dataPath = 'C:/Users/A S U S/Documents/Noveno/Titulacion/tesis/ReconocimientoFacial/rostros'
peopleList = os.listdir(dataPath)
print('Lista de personas: ', peopleList)

labels = []
facesData = []
label = 0

for nameDir in peopleList:
    personPath = dataPath + '/' + nameDir
    print('Leyendo las imágenes')

    for fileName in os.listdir(personPath):
        print('Rostros: ', nameDir + '/' + fileName)
        labels.append(label)
        facesData.append(cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0))

    label = label + 1

# Métodos para entrenar el reconocedor
face_recognizer = cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()
# Entrenando el reconocedor de rostros
print("Entrenando...")
face_recognizer.train(facesData, np.array(labels))
# Almacenando el modelo obtenido
face_recognizer.write('modeloEigenFace.xml')

print("Modelo almacenado...")
```

Anexo4: Codificación del modelo LBPH

```
import cv2
import os
import numpy as np

dataPath = 'C:/Users/A S U S/Documents/Noveno/Titulacion/tesis/ReconocimientoFacial/rostros'
peopleList = os.listdir(dataPath)
print('Lista de personas: ', peopleList)

labels = []
facesData = []
label = 0

for nameDir in peopleList:
    personPath = dataPath + '/' + nameDir
    print('Leyendo las imágenes')

    for fileName in os.listdir(personPath):
        print('Rostros: ', nameDir + '/' + fileName)
        labels.append(label)
        facesData.append(cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0))
        #image = cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0)
        #cv2.imshow('image',image)
        #cv2.waitKey(10)
    label = label + 1

# Métodos para entrenar el reconocedor
face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
# Entrenando el reconocedor de rostros
print("Entrenando...")
face_recognizer.train(facesData, np.array(labels))
# Almacenando el modelo obtenido
face_recognizer.write('modeloLBPHFace.xml')
print("Modelo almacenado...")
```

Anexo5: Codificación del modelo usando el Face-API.js

```
let urllistaralumnos = 'http://localhost:3000/users';
let urldescriptores='http://localhost:3000/descriptor';
const img=document.getElementById("imgConverted");
const reconocer=document.getElementById("reconocer");
var cedula;
var descriptores;
Promise.all([
  faceapi.nets.ssdMobilenetv1.loadFromUri("/models"),
  faceapi.nets.faceRecognitionNet.loadFromUri("/models"),
  faceapi.nets.faceLandmark68Net.loadFromUri("/models"),
]);

const video = document.getElementById("videoElement");
navigator.mediaDevices.getUserMedia({video: true})
  .then(
    (stream) => {
      video.srcObject=stream;
      console.log(stream)
    }
  ).catch((error) => {
    console.log(error);
  })

document.getElementById("takeSnapshot").addEventListener("click", () => {
  takePicture();
  const dataURI = canvasElement.toDataURL("image/jpeg");
  imgConverted.src = dataURI;
  console.log(imgConverted)
})
```

```

const imgConverted = document.querySelector("#imgConverted")
function takePicture () {
  const canvas = document.getElementById("canvasElement");
  let ctx = canvas.getContext('2d');
  ctx.drawImage(video, 0, 0, video.videoWidth, video.videoHeight);
}

//listar cedula y descriptores.....
fetch(urldescriptores)
  .then(res => res.json())
  .then(descr => descriptores=descr )
  .catch(error => console.log(error));

const mostrardes = (desc) => {
  console.log(desc)
};

fetch(urllistaralumnos)
  .then(res => res.json())
  .then(alumnos => cedula=alumnos)
  .catch(error => console.log(error));

```

////////mandar cedulas y descriptores

```

function getLabeledFaceDescriptions() {
  let cedu=[] ;
  let descriptor;
  let descc=[];
  cedula.forEach(ced=>{
    | cedu.push(ced.cedula);
  });

  descriptores.forEach(des=>{
    descriptor=des.descriptor;
    let dess= descriptor.split(',');
    | descc.push(descrii=[ new Float32Array(dess)]));
  });

  let i= 0;
  return Promise.all(
    | cedu.map(async(ced)=>{
      | const d= descc[i];
      | i++
      | return new faceapi.LabeledFaceDescriptors(ced, d);
    | })
  );
}

```

Anexo6: Codificación de la aplicación web

Página Principal:

```
<script>
    var fotos = [];
    //panel superior
    Ext.onReady(function() {
    Ext.create('Ext.panel.Panel', {
    renderTo: Ext.getBody(),
    width: '100%',
    height: 150,
    title: '<b>Lista de Estudiantes</b>',
    html: '<b>Carrera:</b> TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN <br><br> <b>Curso:</b> 10mo Semestre <br><br> <b>Asignatura:</b> Gestion de Ti II'
    });
    });

    Ext.onReady(function() {
    Ext.define('MyApp.store.PostgresDataStore', {
    extend: 'Ext.data.Store',
    alias: 'store.postgresdata',
    fields: ['cedula', 'nombre', 'apellido', 'descriptor'], // Campos de la tabla de PostgreSQL
    proxy: {
    type: 'ajax',
    url: 'https://sensus.serveo.net/estudiantes/', // Ruta de la API para obtener los datos de PostgreSQL
    reader: {
    type: 'json',
    rootProperty: 'data' // Propiedad que contiene los datos en la respuesta JSON
    },
    },
    autoLoad: true
    });
    });
});
```

```
function abrirVentanaCamara() {
// Abre la ventana de la cámara
var ventanaCamara = window.open('camara.html', 'Ventana de la Cámara');
}
function recibirFotosCapturadas(fotosCapturadas) {

    var contenedor= document.getElementById('miContainer');
    // Procesa el arreglo de fotos capturadas
    for (var i = 0; i < fotosCapturadas.length; i++) {
        var imagen = document.createElement('img');
        imagen.src = fotosCapturadas[i];
        imagen.width=150;
        imagen.height=200;
        contenedor.appendChild(imagen);
        fotos.push(fotosCapturadas[i]);
    }
}
function marcar(cedulaList) {
    var grid = Ext.ComponentQuery.query('#miGrids')[0];
    var store = grid.getStore();

    store.each(function(record) {
        var cedula = record.get('cedula');
        var attendance = cedulaList.includes(cedula);
        record.set('attendance', attendance);
    });

    grid.getView().refresh(); // Actualizar las celdas del grid después de marcar los checkboxes
}
}
```

Cámara:

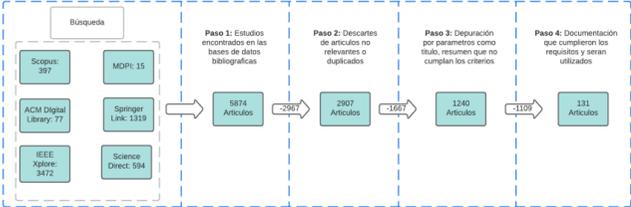
```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0, user-scalable=no, orientation=landscape">
  <title>Reconocimiento Facial con FACE API</title>
  <script defer src="face-api.min.js"> </script>
  <script defer src="script.js"> </script>
  <link rel="stylesheet" href="style.css">
</head>
<body>
  <div id="navbar">
    
    <h1>Cámara</h1>
  </div>

  <div id="camera-container">
    <video id="videoElement" autoplay playsinline="true"></video>
    <button id="takeSnapshot"></button>

  </div>
  <img src="" id="imgConverted" hidden="true">
  <div >
    <canvas id="canvasElement" height="449px" width="374px" hidden="true"></canvas>
  </div>
  <div id="final">
    <button id="reconocer" onclick="regresarVentanaAnterior()">Regresar </button>
  </div>

</body>
</html>
```

Anexo 6: Matriz de consistencia

Problema, objeto y campo	Objetivo	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema: ¿Cómo optimizar el registro de asistencia a clases de los alumnos en una asignatura de Educación Superior, mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial?</p> <p>Objeto de estudio: Reconocimiento y detección de rostros de los alumnos para el registro de asistencia de una asignatura.</p> <p>Campo de Acción:</p>	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar una aplicación de reconocimiento facial, utilizando técnicas de inteligencia artificial, para el registro de asistencia de alumnos en una asignatura. <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar búsquedas de trabajos relacionados con la inteligencia artificial, las redes neuronales y la visión artificial que estén orientados al reconocimiento facial y aplicados al registro de asistencia. - Construir una base de datos de imágenes de los 	<p>Antecedentes históricos a nivel internacional y nacional del objeto, campo:</p>  <p>Fundamentos Teóricos de objeto, campo y variables:</p>	<p>Hipótesis General:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si se desarrolla una aplicación de reconocimiento facial mediante técnicas de IA, se optimizará el registro de asistencia de alumnos en una asignatura. 	<p>Variable 1 / Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de reconocimiento facial mediante técnicas de IA. <p>Dimensiones o categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento facial. - Redes neuronales y visión artificial. <p>Variable 2/ Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimización del registro de asistencia de los alumnos en una asignatura. <p>Dimensiones o categorías:</p>	<p>Enfoque: El enfoque de este trabajo se define como cuantitativo, debido a que se utilizarán datos de imágenes para poder crear el modelo de IA además de entrenarla permitiendo el reconocimiento facial de los alumnos.</p> <p>Alcance: A causa que al inicio se necesitó de una investigación bibliográfica para adquirir más conocimientos e información sobre las distintas técnicas de IA aplicado en el reconocimiento facial, se puede definir el alcance como</p>

<p>Inteligencia artificial aplicado al reconocimiento facial.</p>	<p>rostros de los estudiantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar las herramientas, algoritmos y técnicas que se utilizaran para la creación del modelo de IA. - Implementar algoritmos que usen técnicas de IA para la detección y reconocimiento facial. - Evaluar los modelos de IA para determinar el grado de exactitud y precisión. - Construir una aplicación web que use el mejor modelo entrenado para el reconocimiento facial y registro de asistencia. 			<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación del modelo de IA. - Prueba de aplicación de registro de asistencia. 	<p>exploratorio y descriptivo.</p> <p>Diseño: Se determina que el diseño de investigación es Cuasi-experimental debido a que se asignará una asignatura por curso-paralelo, por consiguiente, el trabajo se encuentra destinado a los estudiantes de 10mo semestre de la Carrera de Tecnologías de la Información perteneciente a la UTMACH.</p> <p>Unidades de análisis: Población y Muestra: Para realizar el prototipo de reconocimiento facial se tomó como población a los estudiantes de 10mo semestre de la Carrera de Tecnologías de la Información.</p>
---	--	--	--	---	---

					<p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Para el presente trabajo se utilizaron técnicas de recolección de datos creando nuestro propio banco de imágenes, solicitando a los estudiantes imágenes de sus rostros, permitiendo entrenar la red neuronal para el reconocimiento facial.</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos: Para llevar a cabo el proyecto se utilizará modelos de IA, por consiguiente, se necesitará un dataset de imágenes de rostros de estudiantes que permita entrenar a la red neuronal de manera individual para el registro de cada uno de los rostros teniendo</p>
--	--	--	--	--	--

					como modelo la matriz de confusión basada en precisión y exactitud.
--	--	--	--	--	---