



Sistema para el control de asistencia de la empresa “Imprenta Mariscal”, basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales de reconocimiento facial.

Arellano Mena, Nayeli Dayana

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería en Software

Ing. Delgado Rodríguez, Ramiro Nanac

22 de septiembre del 2022

Tesis_Final_Arellano_Nayeli

2% Similitudes
 < 1% Texto entre comillas
 0% similitudes entre comillas
 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis_Final_Arellano_Nayeli.docx
 ID del documento: d3419c7f4c5266bc2948d9b7e2d1d2e752531310
 Tamaño del documento original: 2,98 Mo

Depositante: RAMIRO NANA DELGADO RODRIGUEZ
 Fecha de depósito: 24/2/2023
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 24/2/2023

Número de palabras: 15.507
 Número de caracteres: 102.754

Ubicación de las similitudes en el documento:



Firmado electrónicamente por:
 RAMIRO NANA
 DELGADO RODRIGUEZ

ING. RAMIRO DELGADO, PhD
 24-02-2023

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #d92281 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (21 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Proyecto de acreditación de la Carrera de Mercadotecnia http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/14888/5/T-ESPE-040395.pdf.txt 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (36 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec Implementación de un sistema inteligente para el control ... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26125	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (33 palabras)
4	www.ibm.com ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? - España IBM https://www.ibm.com/es-es/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (33 palabras)
5	sites.google.com Reconocimiento de rostro - Sistemas Biométricos-Eliseo Perez https://sites.google.com/site/sistemasbiometricoseliseoperez/home/reconocimiento-de-rostro 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (34 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	1library.co REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJOR... https://1library.co/article/reglamento-seguridad-salud-trabajadores-mejoramiento-medio-ambiente-tr...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (30 palabras)
2	www.scienceopen.com Preliminary results of a study of the completeness and clar... https://www.scienceopen.com/hosted-document?doi=10.14236/ewic/EASE2007.7	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (23 palabras)
3	w3.onera.fr https://w3.onera.fr/formationparlarecherche/sites/w3.onera.fr/formationparlarecherche/files/tis-dtis-2...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (25 palabras)
4	hdl.handle.net Comparación de métodos de detección de rostros en imágenes digi... http://hdl.handle.net/10651/46957	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (24 palabras)
5	uvadoc.uva.es Revisión bibliográfica sobre el mapeo proyectivo en el sector vitiviní... http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26466	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (11 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesina_Re-ID_Facial_Silueta Alison David 22 Feb.docx Tesina_Re-ID_Facial... #1f668b El documento proviene de mi grupo	1%		Palabras idénticas : 1% (160 palabras)
2	CAICEDO_LOPEZ_TESIS.docx CAICEDO_LOPEZ_TESIS #cbc303 El documento proviene de mi grupo	1%		Palabras idénticas : 1% (150 palabras)
3	TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR FONSECA CRISTIAN.pdf TRABAJO... #f20a0a El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (133 palabras)
4	biblioteca.espe.edu.ec https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/FormatosTrabajosdeIntegracionCurricular...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (122 palabras)
5	5-PROYECTO_TITULACION_VALDIVIESO_GUEVARA.docx 5-PROYECTO_TITU... #b6490e El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (106 palabras)
6	biblioteca.espe.edu.ec https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/FormatosTrabajosdeTitulacion2022.docx#...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (107 palabras)
7	biblioteca.espe.edu.ec https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/FormatosTrabajosdeTitulacion2022-1.docx	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (107 palabras)
8	Tesina Chugchilan_Guanochanga_20-02-2023-AntiPlagio.docx Tesina Chug... #995124 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (82 palabras)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Sistema para el control de asistencia de la empresa Imprenta Mariscal, basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales de reconocimiento facial”** fue realizado por la señorita Arellano Mena Nayeli Dayana, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 22 de septiembre del 2022

Firma:



firmado electrónicamente por:
**RAMIRO NANAC
DELGADO RODRIGUEZ**

Ing. Delgado Rodríguez Ramiro Nanac

C.C: 1707019178



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Responsabilidad de Autoría

Yo, Arellano Mena Nayeli Dayana, con cédula de ciudadanía no 1724985856, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Sistema para el control de asistencia de la empresa Imprenta Mariscal, basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales de reconocimiento facial** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 22 de septiembre del 2022

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que dice "Nayeli Dayana Arellano Mena".

Arellano Mena Nayeli Dayana

C.C: 1724985856



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Autorización de Publicación

Yo, Arellano Mena Nayeli Dayana, con cédula de ciudadanía no: 1724985856, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: Sistema para el control de asistencia de la empresa Imprenta Mariscal, basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales de reconocimiento facial en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 22 de septiembre del 2022

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Nayeli Dayana Arellano Mena'.

Arellano Mena Nayeli Dayana

C.C: 1724985856

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a:

Dios, mi guía y protector, quien me ha brindado la fortaleza y el valor para continuar adelante, por iluminar mi camino y por darme la oportunidad de alcanzar mis sueños y metas. Gracias por haberme dado las fuerzas y la perseverancia para continuar cuando las cosas se volvían difíciles.

A mi familia, que siempre ha sido mi soporte incondicional en todo momento, por haber creído en mí desde el principio y sobre todo porque ha estado ahí para apoyarme en los buenos y malos momentos. Este logro no sería posible sin su amor, comprensión y sacrificios. Gracias por ser mi pilar constante, por enseñarme los valores y la perseverancia que me han llevado hasta aquí.

A mis docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que han sido una guía invaluable en mi camino académico y me ha enseñado tanto dentro como fuera de la clase., gracias por ser un ejemplo de dedicación y pasión por la educación.

En general, a todos aquellos que han estado allí para apoyarme en mi camino, gracias por ser una parte integral de mi vida y por ayudarme a alcanzar esta meta importante. ¡Gracias por estar allí!

Agradecimiento

"Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, amigos y a mis docentes por su apoyo absoluto durante este trayecto. Su motivación, comprensión y paciencia han sido fundamentales para que pudiera completar este proyecto con éxito.

A mi familia, gracias por su amor incondicional y por creer siempre en mí. A mis amigos, gracias por su amistad, por escucharme y darme palabras de aliento en los momentos difíciles. A mis docentes, gracias por los consejos y por el cariño que me supieron brindar logrando convertirse en mi segundo hogar. No puedo expresar lo agradecido que estoy por su presencia en mi vida.

En especial, quiero agradecer a Miriam, por todo el esfuerzo que ha realizado para apoyarme en cada uno de mis pasos y sobre todo por siempre darme ese impulso para no rendirme. A los Ingenieros: Ramiro, Pamela, Cesar y Mauricio, por brindarme sus conocimientos, consejos y convertirse en mi segundo hogar. A mis amigos Lenin, Angel, Edison, Cristina, Javier, Alan y Deiby por acompañarme en este trayecto universitario y por tener siempre nuevas y grandes aventuras que me dejan una sonrisa al recordarlas. A Kevin, aquella persona que supo acompañarme y ser un soporte dentro de la Universidad. A todos gracias por su colaboración ha sido fundamental para el éxito de este trabajo.

Nuevamente, gracias de todo corazón a mi familia, amigos y docentes por estar a mi lado en este camino. ¡Este logro también es suyo!"

Índice de Contenido

Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Resumen.....	14
Abstract	15
Capítulo I.....	16
Introducción.....	16
Antecedentes.....	16
Problemática.....	18
Justificación	19
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivo Especifico.....	20
Alcance.....	21
Hipótesis.....	21
Capitulo II	21
Estado del Arte	21
Planteamiento de revisión de literatura	23
Criterios de inclusión y exclusión	24
Grupo de Control.....	25
Cadena de búsqueda.....	26
Proceso de selección	27

Resumen de los estudios primarios	29
EP1: Facial Expression Recognition using Convolutional Neural Networks: State of the Art.....	29
EP2: Recent Advances in Deep Learning Techniques for Face Recognition ...	29
EP3: A Comparative Study on Convolutional Neural Network Based Face Recognition	30
EP4: Deep Learning Models for Face Recognition: A Comparative Analysis ...	30
EP5: Comparative analysis of facial recognition models using video for real time attendance monitoring system.....	31
EP6: The Ethics of Facial Recognition Technology in Law Enforcemen.....	31
Resumen general y conclusiones del estado del arte	32
Metodología de la Investigación.....	33
Identificación de la problemática	34
Definición de los objetivos de la solución.....	34
Diseño y desarrollo.....	34
Demostración	34
Evaluación.....	35
Comunicación.....	35
Marco Teórico.....	35
Revisión de Literatura.....	35
Docker	36
Algoritmos convolucionales	36
Inteligencia Artificial.....	37
Detección de Rostros	39

	10
Reconocimiento de Rostro.....	40
Detección.....	41
Extracción de Características.....	41
Reconocimiento.....	42
Verificación.....	42
Redes Neuronales convolucionales (CNN).....	42
Python	43
Angular	43
Flask.....	44
Facenet.....	44
OpenCV.....	44
Capítulo III	45
Selección de Modelo	46
Métodos de reconocimiento de rostros.....	47
Protocolos de Comunicación	47
Principales consideraciones.....	48
Arquitectura de la Solución.....	50
Diseño	53
Proceso de incorporación de imágenes faciales en el sistema.....	53
Reconocimiento de Rostros.....	54
Capitulo IV	56
Resultados.....	57
Resultado de reconocimiento de rostro.....	57

Resultados de evaluación del rendimiento del sistema.....	59
Producto Final.....	71
Interfaz gráfica para gestión de datos.....	72
Interfaz gráfica para ingreso de rostros	73
Interfaz gráfica de captura de registros.....	74
Capitulo V.....	74
Conclusiones	75
Trabajos Futuros.....	76
Bibliografía.....	78

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Grupo de Control</i>	25
Tabla 2 <i>Refinamiento de la cadena de búsqueda</i>	27
Tabla 3 <i>Estudios Primarios</i>	28
Tabla 4 <i>Datos de métodos de reconocimiento facial</i>	47
Tabla 5 <i>Detalle y solución de las consideraciones</i>	48
Tabla 6 <i>Datos de accuracy de los métodos de recognition</i>	58
Tabla 7 <i>Importancia del Reconocimiento Facial</i>	59
Tabla 8 <i>Eficiencia del nuevo sistema de control de asistencia</i>	61
Tabla 9 <i>Problemas en el registro de asistencia</i>	62
Tabla 10 <i>Precisión en el registro de horas de trabajo</i>	63
Tabla 11 <i>Bienestar de los empleados bajo el nuevo sistema</i>	65
Tabla 12 <i>Capacitación para el uso del nuevo sistema</i>	66
Tabla 13 <i>Percepción de efectividad del nuevo sistema</i>	67
Tabla 14 <i>Experiencia utilizando el nuevo sistema</i>	68
Tabla 15 <i>Recomendación del sistema de control de asistencia</i>	70

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Etapas de revisión preliminar de literatura</i>	22
Figura 2	<i>Fases de la metodología Design Science Research (DSR)</i>	33
Figura 3	<i>Áreas de investigación de la Inteligencia Artificial</i>	38
Figura 4	<i>Técnica de Bounding Box</i>	39
Figura 5	<i>Estructura de Reconocimiento Facial</i>	40
Figura 6	<i>Detección de individuos no registrados</i>	49
Figura 7	<i>Arquitectura del sistema</i>	50
Figura 8	<i>Diagrama de flujo para agregar rostro</i>	53
Figura 9	<i>Diagrama de flujo para reconocer rostro</i>	55
Figura 10	<i>Detección del individuo</i>	57
Figura 11	<i>Importancia del Reconocimiento Facial</i>	59
Figura 12	<i>Eficiencia del nuevo sistema de control de asistencia</i>	61
Figura 13	<i>Problemas en el registro de asistencia</i>	62
Figura 14	<i>Precisión en el registro de horas de trabajo</i>	63
Figura 15	<i>Bienestar de los empleados bajo el nuevo sistema</i>	65
Figura 16	<i>Capacitación para el uso del nuevo sistema</i>	66
Figura 17	<i>Percepción de efectividad del nuevo sistema</i>	67
Figura 18	<i>Experiencia utilizando el nuevo sistema</i>	69
Figura 19	<i>Recomendación del sistema de control de asistencia</i>	70
Figura 20	<i>Interfaz gráfica del dashboard</i>	72
Figura 21	<i>Interfaz de sección de asistencia del empleado</i>	72
Figura 22	<i>Interfaz gráfica de registro de rostro</i>	73
Figura 23	<i>Registro de asistencia por media de captura del rostro</i>	74

Resumen

El método actual de control de asistencia en muchos lugares de trabajo, incluida Imprenta Mariscal, involucra métodos tradicionales como hojas de asistencia impresas o formatos digitales individuales. Este método es inadecuado para proporcionar información de asistencia detallada y consolidada para el análisis, que es crucial para la gestión de los empleados. Se necesita un sistema de seguimiento de asistencia más eficiente y seguro para garantizar la seguridad y protección de los empleados y obtener información valiosa que pueda mejorar el bienestar de los empleados y los procesos de formación integral de la empresa. Imprenta Mariscal requiere una herramienta tecnológica para superar las limitaciones de su actual sistema de seguimiento de asistencia, por lo cual el desarrollo de este proyecto se lo elaboró bajo la metodología Design Science Research y que por medio de este se implementó un sistema que puede proporcionar datos más precisos y consolidados para el análisis, contribuyendo a mejorar el bienestar de los empleados y la formación integral de la organización.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema piloto de servicios web que utiliza tecnología de reconocimiento facial basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales para mejorar el proceso de seguimiento de asistencia en Imprenta Mariscal. El sistema garantizará un control de asistencia eficiente y confiable, liberando tiempo de los empleados para que se concentren en otras tareas importantes y, al mismo tiempo, proporcione datos valiosos para el análisis.

Palabras clave: control de asistencia, inteligencia artificial, algoritmos convolucionales, tecnología de reconocimiento facial, metodología Design Science Research

Abstract

The current method of attendance control in many workplaces, including Imprenta Mariscal, involves traditional methods such as printed attendance sheets or individual digital formats. This method is inadequate in providing detailed and consolidated attendance information for analysis, which is crucial for employee management. A more efficient and secure attendance tracking system is needed to ensure employee safety and protection and obtain valuable insights that can improve employee well-being and the organization's overall training processes. Imprenta Mariscal requires a technological tool to overcome the limitations of its current attendance tracking system, which is why this project was developed using the Design Science Research methodology and implemented a system that can provide more accurate and consolidated data for analysis, contributing to improving employee well-being and the organization's overall training.

This project aims to develop a pilot web service system that uses facial recognition technology based on artificial intelligence and convolutional algorithms to improve the attendance tracking process in Imprenta Mariscal. The system will ensure efficient and reliable attendance control, freeing up employee time to focus on other important tasks, and at the same time providing valuable data for analysis.

Keywords: attendance control, artificial intelligence, convolutional algorithms, facial recognition technology, Design Science Research methodology.

Capítulo I

La inteligencia artificial es una de las tecnologías más avanzadas y en constante evolución, la misma que ofrece una amplia gama de oportunidades para mejorar los procesos y crear nuevas soluciones. Actualmente, si una empresa o industria no utiliza la inteligencia artificial, pueden perder la oportunidad de mejorar la eficiencia, eficacia, productividad y sobre todo limitar la capacidad de una organización para innovar, solucionar desafíos complejos y mantenerse al día con la innovación en su sector. Este capítulo se enfocará en presentar la problemática existente en este entorno, para establecer directrices que permitan acercar a los conceptos fundamentales del proyecto. Además, se realizará una revisión de la literatura relevante sobre el tema, con el objetivo de establecer una base sólida para la comprensión de los conceptos y el proceso de trabajo en el proyecto. A través de la combinación de antecedentes, problemática y revisión literaria, se buscará proporcionar al lector una comprensión profunda y detallada del contexto en el que se desarrollará la investigación y la motivación detrás de la misma.

Introducción

Antecedentes

Desde la antigüedad, el ser humano ha buscado formas de mejorar y optimizar su trabajo, lo cual ha sido posible gracias a la innovación, la automatización y la colaboración. Con el paso del tiempo, la inclusión de la inteligencia artificial se ha vuelto cada vez más común en diferentes industrias, ya que esta tecnología puede analizar grandes cantidades de datos y tomar decisiones de manera más eficiente y precisa (Teigens, Skalfist, & Mikelsten, 2020). No obstante, es importante tener en cuenta que su integración debe ser cuidadosa y ética, asegurándose de que se utilice de manera responsable y se promueva el bienestar de los trabajadores.

Dentro de este contexto, la industria de la imprenta ha sido capaz de adaptarse a los cambios y evolucionar en la medida que el mundo tecnológico lo requiere, permitiendo una mayor eficiencia y flexibilidad en la producción, mientras se mantienen altos estándares de

calidad (Garrell & Guilera, 2019). Imprenta Mariscal, una empresa ecuatoriana líder en su industria, ha sido capaz de establecerse como un referente en la producción de material impreso, desde libros hasta publicidad, gracias a su amplia gama de productos y servicios de alta calidad y a precios competitivos.

Sin embargo, como se menciona anteriormente, el control de asistencia de los empleados en Imprenta Mariscal presenta una serie de problemas debido a que el sistema actual está basado en registro manual y códigos de barras, y solo dos personas se encargan de controlar la asistencia de más de 200 empleados. Estos obstáculos dificultan la recopilación de información valiosa que podría contribuir a mejorar tanto el bienestar de los empleados como los procesos de formación integral. Por esta razón, la empresa necesita un sistema eficiente y seguro para el control de asistencia de sus empleados que permita mejorar la gestión del tiempo, evitar fallos de precisión y explorar distintas variables de manera más efectiva.

Es por ello que la implementación de herramientas de inteligencia artificial puede ser de gran ayuda para Imprenta Mariscal. La IA puede analizar grandes cantidades de datos y tomar decisiones basadas en esa información de manera más eficiente y precisa, permitiendo mejorar los procesos de la empresa y brindando una mayor eficiencia en el control de asistencia de los empleados. La inclusión de esta tecnología puede ser un gran apoyo para la empresa, ya que permitiría mejorar la gestión del tiempo, la toma de decisiones y la exploración de distintas variables para lograr una mayor eficiencia y productividad.

Problemática

La Ley Orgánica para la Justicia Laboral (de Justicia Laboral, 2015) y el Reconocimiento del Trabajo en el Hogar y el artículo 15 del Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (del Trabajo, 2002) buscan garantizar la protección y seguridad de los trabajadores en el ámbito laboral bajo a implementación de medidas de registro y control de la asistencia. Por ello actualmente dentro del ámbito laboral, es común que las empresas utilicen métodos tradicionales como hojas de asistencia impresas o formatos digitales individuales para el registro de la asistencia de los empleados. Sin embargo, esta forma de registro no permite acceder fácilmente a información detallada y consolidada sobre la asistencia, lo que dificulta el análisis oportuno. Es fundamental para la administración de una empresa responder preguntas como: ¿Cuántos y cuáles empleados asistieron al trabajo? ¿Cuántos y cuáles llegan a tiempo a su hora de entrada? ¿Cuánto tiempo se tardan en llegar? ¿Cuántos y cuáles empleados se van antes de su hora de salida?

La empresa Imprenta Mariscal enfrenta un desafío importante en cuanto al control de asistencia de sus empleados. Actualmente, el sistema utilizado es manual y basado en códigos de barras, lo que ha demostrado ser ineficiente y poco seguro. Esta situación se agrava aún más debido a la gran cantidad de empleados que deben ser registrados, y el reducido número de personas encargadas de esta tarea. Es común que más de 200 personas lleguen a la empresa en un tiempo establecido para su ingreso o salida, lo que genera una gran cantidad de obstáculos relacionados con el tiempo y la precisión. Además, la complejidad del proceso de registro manual dificulta la exploración de distintas variables que podrían ser valiosas para mejorar tanto el bienestar de los empleados como los procesos de formación integral de la empresa.

Para abordar este problema, es necesario implementar un sistema de control de asistencia más eficiente y seguro. Este sistema debe ser capaz de registrar la entrada y salida de los empleados de manera automatizada y en tiempo real, lo que permitirá a la empresa tener una visión más clara y precisa del rendimiento de su personal. Además, la

implementación de un sistema de este tipo liberará a los empleados encargados del control de asistencia para que puedan enfocarse en otras tareas importantes.

Otro beneficio importante de implementar un sistema de control de asistencia automatizado es que permitirá a la empresa obtener información valiosa que podría contribuir a mejorar tanto el bienestar de los empleados como los procesos de formación integral. Por ejemplo, se podría analizar el tiempo de llegada y salida de los empleados para identificar patrones y áreas de mejora. También se podría utilizar esta información para identificar a aquellos empleados que necesiten un mayor apoyo en su formación y desarrollo profesional. En resumen, la implementación de un sistema de control de asistencia automatizado no solo mejorará la eficiencia y seguridad de los procesos de la empresa, sino que también contribuirá a la mejora del bienestar de los empleados y la formación integral de la organización.

Justificación

La empresa Imprenta Mariscal necesita una herramienta tecnológica que permita registrar la asistencia de sus empleados y superar las limitaciones del proceso actual. El proceso actual no proporciona datos consolidados que permitan investigar diferentes variables y descubrir información adicional que pueda ser útil para mejorar la formación profesional integral y el bienestar de los aprendices.

En este sentido, la tecnología de reconocimiento facial se presenta como una alternativa para abordar esta problemática. El reconocimiento facial se ha utilizado en diferentes contextos para la identificación de personas y ha mostrado resultados más precisos que los obtenidos por seres humanos (Ordieres-Meré, y otros, 2006). Además, el avance tecnológico y la aparición de técnicas que mejoran el rendimiento, junto con la carga computacional de los algoritmos de reconocimiento, permiten desarrollar sistemas de reconocimiento facial más eficientes y precisos.

No obstante, uno de los desafíos del reconocimiento facial es trasladar la precisión lograda en ambientes controlados a la variabilidad y rapidez de los entornos reales (Abdi &

Williams, 2010). Esto implica enfrentar obstáculos técnicos, tales como la implementación de tecnologías de aprendizaje profundo en un software aplicativo, así como la captura de imágenes en diversos espacios laborales. A pesar de estos desafíos, el uso de la tecnología de reconocimiento facial se ha extendido en contextos laborales para resolver diversos problemas.

Es por ello que el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema piloto de servicios web para resolver la problemática que enfrenta la empresa Imprenta Mariscal en cuanto al control de asistencia de sus empleados. Este sistema permitirá garantizar un control eficiente y confiable de la asistencia de los empleados, a través de la implementación de la tecnología de reconocimiento facial. Además, este sistema permitirá la obtención de datos consolidados que permitan investigar diferentes variables y descubrir información adicional que pueda ser útil para mejorar la formación profesional integral y el bienestar de los empleados.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de control de asistencia basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales de reconocimiento facial, con el fin de mejorar la precisión y seguridad en el registro de asistencia de los empleados de la empresa Imprenta Mariscal, así como la generación de informes más confiables y útiles

Objetivo Especifico

- i. Realizar una revisión bibliográfica de literatura para establecer el estado del arte de la Inteligencia Artificial y de los modelos convolucionales relacionados con el reconocimiento facial para seleccionar el más adecuado para el sistema de control de asistencia.
- ii. Establecer los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema de control de asistencia para la Imprenta Mariscal, aplicando la norma IEEE 830

- iii. Desarrollo y diseño de la solución que integre IA y algoritmos convolucionales de reconocimiento facial para el sistema de control de asistencia
- iv. Realizar pruebas y evaluación del sistema
- v. Analizar los resultados y mejorar el sistema según sea necesario para asegurar su óptimo funcionamiento y satisfacción de los usuarios.

Alcance

Este proyecto tiene como alcance implementar el modelo basado en inteligencia artificial y algoritmos convolucionales para el desarrollo de una API que contenga la lógica de reconocimiento facial que permita mejorar la eficiencia y seguridad en el registro de la asistencia de los empleados y una página web para obtener y emitir los informes de asistencia a las diferentes áreas bajo un esquema de mayor control y confiabilidad.

Hipótesis

Si se implementa un sistema de control de asistencia automatizado en Imprenta Mariscal, con capacidad para registrar la entrada y salida de los empleados de manera automatizada y en tiempo real, se mejorará la eficiencia y seguridad de los procesos de la empresa, liberando a los empleados encargados del control de asistencia para que puedan enfocarse en otras tareas importantes y permitiendo a la empresa obtener información valiosa para mejorar tanto el bienestar de los empleados como los procesos de formación integral de la organización

Capítulo II

Estado del Arte

El estado del arte en una revisión de literatura se refiere a la descripción y análisis detallados de las investigaciones previas y actuales relacionadas con un tema específico,

para proporcionar una comprensión profunda del conocimiento actual sobre un tema específico y establecer una base sólida para la investigación (Budgen, y otros, 2007).

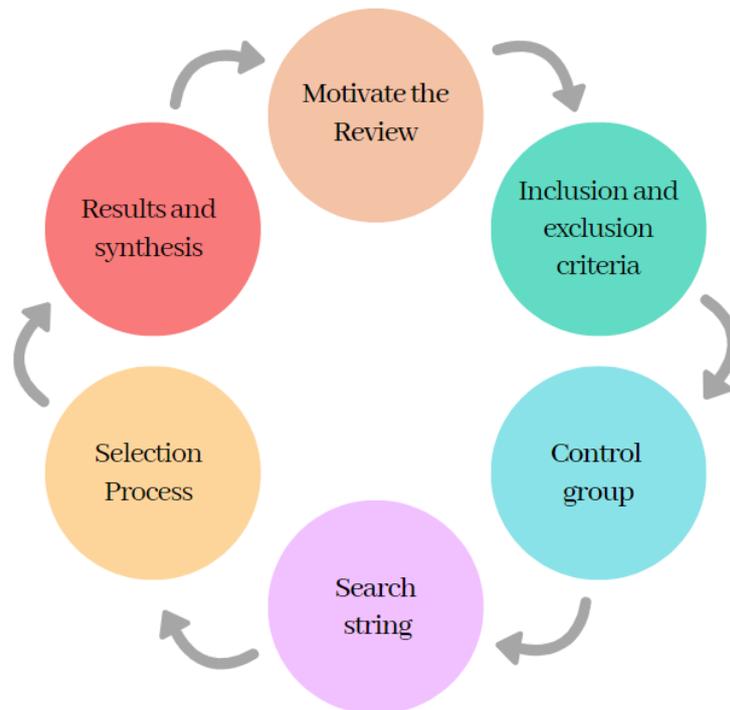
Para este estudio, el proceso de recopilar trabajos bajo la técnica de revisión preliminar de literatura (Fonseca, 2020) es un medio que apoya y colabora la verificación del modelo de aprendizaje automático propuesto para el control de asistencia.

El proceso de revisión preliminar de literatura consta de varias etapas iterativas (consulte la

Figura 1). En la primera etapa, se identifica la motivación de la revisión, es decir, el problema que se abordará. Luego, se definen los criterios de inclusión y exclusión que permitirán determinar las características que deben cumplir los estudios a buscar. A continuación, se selecciona un grupo de control con los trabajos que cumplen con los criterios previamente establecidos, y se extraen los términos más relevantes que se utilizarán para estructurar la cadena de búsqueda. Una vez validada la cadena de búsqueda, se procede a la selección de los estudios primarios más representativos. Por último, se presentan los resultados obtenidos en forma de estado del arte. (Fonseca, 2020).

Figura 1

Etapas de revisión preliminar de literatura



Nota: Este diagrama resume el procedimiento para crear una revisión preliminar de literatura. La fuente es Preliminary Literature Review Theory - Video 1, por R. Fonseca, 2020, Youtube (<https://youtu.be/3zcY87cV0YQ>). Derechos de autor 2020 por R. Fonseca.

Planteamiento de revisión de literatura

Después de haber identificado el estado actual y la problemática en detalle en el capítulo anterior, se procede a abordar el objetivo específico 1, que se refiere a la revisión de literatura. Posteriormente, se responderán las preguntas de investigación planteadas, las cuales son:

RQ 1. ¿Cuáles son las soluciones propuestas en los estudios revisados acerca del avance en el campo de la Inteligencia Artificial con relación al reconocimiento facial?

RQ 2. ¿En qué áreas prácticas se utilizan los modelos convolucionales para el control de asistencia?

RQ 3. ¿Cuál es el modelo convolucional que mejor se adapta al sistema de control de asistencia, teniendo en cuenta sus características y requerimientos específicos?

Criterios de inclusión y exclusión

La fase de establecimiento de criterios de inclusión y exclusión es crucial en la revisión de literatura, ya que permite limitar el número de artículos científicos a considerar. Es esencial ser explícito en lo que se busca, ya que de lo contrario se podrían obtener cantidades inmanejables de artículos.

Los criterios de inclusión (CI) son las características que se desean encontrar en un artículo científico, mientras que los criterios de exclusión (CE) se refieren a las características que conducirán al rechazo de un artículo. En este estudio, se han definido los siguientes criterios de inclusión:

- CI 1: Artículos que presenten investigaciones sobre inteligencia artificial y modelos convolucionales en el campo del reconocimiento facial.
- CI 2: Publicaciones que se hayan publicado en los últimos 5 años para garantizar la actualidad de la información.
- CI 3: Estudios que hayan utilizado bases de datos con un gran número de imágenes faciales para la elaboración de los modelos convolucionales.
- CI 4: Artículos que proporcionen una comparativa de diferentes modelos convolucionales en términos de precisión y eficacia en el reconocimiento facial.
- CI 5: Publicaciones que aborden aspectos éticos y legales del uso de modelos convolucionales en el reconocimiento facial para el control de asistencia.

Los artículos que se excluirán son aquellos que:

- CE 1: Estudios que no se centran en la Inteligencia Artificial o los modelos convolucionales para el reconocimiento facial.
- CE 2: Publicaciones que no estén disponibles en línea o que no sean accesibles para su revisión.
- CE 3: Publicaciones que se basan en métodos de reconocimiento facial obsoletos o poco fiables.

CE 4: Estudios que no estén actualizados o que sean demasiado antiguos (publicados antes del 2005) para ser relevantes para la revisión actual.

CE 5: Estudios que requieran de una licencia para utilizar algún tipo de software

Grupo de Control

El grupo de control (GC) consiste en aquellos estudios que satisfacen completamente los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Los investigadores involucrados proponen estos estudios, y se sugiere que el proceso de selección se lleve a cabo por al menos dos personas para que puedan discutir y determinar cuáles son los estudios más adecuados para conformar el grupo de control.

Tabla 1

Grupo de Control

Código	Título	Citas	Términos relevantes
CGS1	Facial Expression Recognition using Convolutional Neural Networks: State of the Art	(Pramerdorfer, 2016)	Computer Vision and Pattern Recognition, Computer and information sciences, Computer and information sciences Deep learning, face recognition, artificial neural network, convolutional neural network auto encoder, generative adversarial network, deep belief network, reinforcement learning.
CGS2	Recent Advances in Deep Learning Models for Face Recognition	(Fuad, y otros, 2021)	

CGS3	A Comparative Study on Convolutional Neural Network Based Face Recognition	(Ahmed, Das, Ali, & Mahmud, 2020)	Deep Learning, Neural Network, Convolutional Neural Network, Transfer Learnign, Face Recognition
------	--	-----------------------------------	--

Nota: En esta tabla se presentan los estudios que fueron seleccionados para conformar el grupo de control.

Una vez que se ha constituido el grupo de control, se procede a examinar cada uno de los estudios con el fin de identificar los términos que resulten más relevantes. La importancia de estos términos radica en que proporcionan una guía inicial para la construcción de la cadena de búsqueda en un momento posterior.

Cadena de búsqueda

La construcción de la cadena de búsqueda implica seleccionar los términos relevantes que fueron encontrados en los estudios del grupo de control para encontrar otros estudios relacionados en distintas bases de datos. Una vez identificados los términos, se procede a formar contextos, que son pequeños grupos de palabras relacionadas entre sí que se agrupan mediante conectores lógicos ("OR", "AND"). En este caso, se crearon tres contextos, que describen el lugar donde se llevó a cabo el estudio, las tareas realizadas y las herramientas utilizadas.

Para validar la cadena de búsqueda, se consideraron varios aspectos, como el número de estudios obtenidos, los títulos y resúmenes relacionados con el tema, y si cumplían con los criterios de inclusión y exclusión. Además, se verificó si la mayoría de los estudios del grupo de control estaban incluidos en los resultados obtenidos mediante la cadena de búsqueda. Enseguida se presentan las cadenas que se emplearon durante el proceso y que se sometieron a prueba:

Tabla 2*Refinamiento de la cadena de búsqueda*

Cadena de Búsqueda	Número de Artículos
("reconocimiento facial" OR "face recognition") AND ("deep learning" OR "convolutional neural network" OR "CNN") AND ("attendance control" OR "time and attendance") AND ("accuracy" OR "performance" OR "efficiency")	8
("facial recognition" OR "face detection") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning") AND ("convolutional neural network" OR "deep learning") AND ("attendance system" OR "time tracking") AND ("comparative analysis" OR "review")	12
("convolutional neural network" OR "CNN") AND ("facial recognition" OR "face detection") AND ("attendance tracking" OR "time and attendance") AND ("database" OR "dataset") AND ("experimental results" OR "performance")	3
("facial recognition" OR "face detection") AND ("AI" OR "artificial intelligence") AND ("convolutional neural network" OR "deep learning") AND ("attendance control" OR "time tracking") AND ("ethical issues" OR "legal aspects")	6

Nota: La tabla presenta la progresión experimentada por la cadena de búsqueda ideal.

La tabla previa ilustra las etapas que se siguieron durante la evaluación, en la cual se optó por la cadena de búsqueda que resultó en 29 estudios, ya que esta contiene una mayor cantidad de artículos relacionados con el tema en cuestión.

Proceso de selección

Para llevar a cabo el proceso de selección de estudios, se consideran tres tipos de estudios: Estudios Candidatos (EC), Estudios Relevantes (ER) y Estudios Primarios (EP).

En este proceso de selección de estudios, se utiliza una cadena de búsqueda para obtener los Estudios Candidatos (EC), los cuales en este caso fueron 29. Posteriormente, se lleva a cabo un proceso de filtrado en el que se examinan el título, el resumen y las palabras clave de los EC para identificar los Estudios Relevantes (ER), de los cuales solo se encontraron 3. Esto sugiere una limitada cantidad de investigación relevante en esta área.

Para seleccionar los estudios que conformarán los EP, se descargan los ER y se lee cada uno de ellos. Finalmente, los ER seleccionados se convierten en EP. En conjunto con los estudios del grupo de control, se obtuvieron un total de 6 EP. En resumen, el proceso de selección se basa en la identificación de EC, seguido de un proceso de filtrado para obtener los ER, y finalmente la selección de los EP mediante la revisión de los ER descargados.

Tabla 3

Estudios Primarios

Código	Título	Citas
EP1	Facial Expression Recognition using Convolutional Neural Networks: State of the Art	(Pramerdorfer, 2016)
EP2	Recent Advances in Deep Learning Techniques for Face Recognition	(Fuad, y otros, 2021)
EP3	A Comparative Study on Convolutional Neural Network Based Face Recognition	(Ahmed, Das, Ali, & Mahmud, 2020)
EP4	Deep Learning Models for Face Recognition: A Comparative Analysis	(Chaudhuri, 2020)
EP5	Comparative analysis of facial recognition models using video for real time attendance monitoring system	(Patil & Shinde, 2020)

EP6	The Ethics of Facial Recognition Technology in Law Enforcemen	(Selinger & Leong, 2021)
-----	--	--------------------------

Nota: La tabla exhibe los estudios primarios escogidos.

Resumen de los estudios primarios

EP1: Facial Expression Recognition using Convolutional Neural Networks: State of the Art.

Este artículo se enfoca en el asunto del reconocimiento automático de expresiones faciales permite aplicaciones novedosas en la interacción entre humanos y computadoras. El autor ha investigado activamente en este campo utilizando redes neuronales convolucionales (CNN) para la extracción de características y la inferencia. Sin embargo, indica que hay diferencias significativas en las arquitecturas de las CNN utilizadas y otros factores, lo que dificulta evaluar su impacto en el rendimiento. En este artículo se revisa el estado del arte en el reconocimiento de expresiones faciales basado en imágenes utilizando CNN y se destacan las diferencias algorítmicas y su impacto en el rendimiento. Se identifican cuellos de botella existentes y se proponen direcciones para avanzar en este campo de investigación. Además, se demuestra que superar uno de estos cuellos de botella, la arquitectura comparativamente básica de las CNN utilizadas en este campo, conduce a un aumento sustancial del rendimiento. Al formar un conjunto de modernas CNN profundas, se logra una precisión de prueba de FER2013 del 75,2%, superando los trabajos anteriores sin requerir datos de entrenamiento auxiliares o registro facial.

EP2: Recent Advances in Deep Learning Techniques for Face Recognition

En este artículo se presenta un análisis exhaustivo de diferentes sistemas de reconocimiento facial (FR) que utilizan técnicas de aprendizaje profundo (DL). Estos sistemas de FR se benefician de la arquitectura jerárquica de las técnicas de DL para

aprender representaciones de rostros discriminativas, lo que mejora significativamente el rendimiento de los sistemas de FR y fomenta diversas y eficientes aplicaciones del mundo real. Se resumen 171 contribuciones recientes de esta área de investigación, discutiendo los algoritmos, arquitecturas, funciones de pérdida, funciones de activación, conjuntos de datos, desafíos, ideas de mejora y tendencias actuales y futuras de los sistemas de FR basados en DL. Se proporciona una discusión detallada de varios métodos de DL para comprender el estado del arte actual, así como de las funciones de activación y pérdida utilizadas en estos métodos. Además, se resumen diferentes conjuntos de datos utilizados ampliamente para las tareas de FR y se discuten los desafíos relacionados con la variación de la iluminación, la expresión, la pose y la oclusión. Finalmente, se discuten las ideas de mejora y las tendencias actuales y futuras de las tareas de FR. El objetivo principal es mejorar el reconocimiento facial para facilitar y acelerar el trabajo en áreas como el control de acceso, la seguridad, los sistemas de vigilancia y la industria del entretenimiento.

EP3: A Comparative Study on Convolutional Neural Network Based Face Recognition

El presente artículo presenta un estudio comparativo sobre el reconocimiento facial de 10 celebridades utilizando modelos de Redes Neuronales Convolucionales como AlexNet, VGG16, VGG19 y MobileNet. Se aplicó Transfer Learning y Fine Tuning a modelos pre-entrenados en el dataset ImageNet. Se utilizó la API de Keras con backend de TensorFlow escrito en Python. El análisis de rendimiento incluyó entrenamiento, validación y pruebas en diferentes imágenes creadas a partir del conjunto de datos original. Se encontró que la precisión de validación del modelo VGG19 fue mejor que los otros tres, pero el modelo MobileNet tuvo una mejor precisión en las pruebas.

EP4: Deep Learning Models for Face Recognition: A Comparative Analysis

Este documento aborda el asunto del reconocimiento facial a través de redes de aprendizaje profundo se ha establecido como un modelo prometedor. Asimismo, indica que las redes de aprendizaje profundo utilizan múltiples capas de procesamiento para aprender

representaciones de datos con varios niveles de extracción de características mientras que las redes neuronales convolucionales han sido la herramienta de aprendizaje profundo en casi todos los sistemas de reconocimiento facial. El autor muestra DeepIDs, DeepFace, Face++, FaceNet y Baidu, aquellos que han cambiado el ámbito de la investigación por completo y las técnicas de reconocimiento facial profundo debido a que utilizan una arquitectura jerárquica para aprender representaciones de rostros discriminativas permitiendo mejorar significativamente el rendimiento del sistema y ha llevado al crecimiento de varias aplicaciones exitosas. También se discuten varios problemas de reconocimiento facial profundo y otras cuestiones abiertas en el ámbito del reconocimiento facial profundo, así como las posibles direcciones para futuras investigaciones.

EP5: Comparative analysis of facial recognition models using video for real time attendance monitoring system

Este artículo se enfoca en señalar que un sistema manual de asistencia es ampliamente utilizado en el sistema educativo, lo que es laborioso y consume tiempo. El autor propone un sistema automático de asistencia que utiliza la tecnología de reconocimiento facial para detectar y reconocer a los estudiantes en tiempo real por medio de la comparación de tres métodos de detección de rostros y se encontró que el método de Viola-Jones logró la mayor precisión. También indica que para los sistemas de asistencia en tiempo real, se utilizan los algoritmos de Viola-Jones y Convolution Neural Network (CNN) para la detección y el reconocimiento facial, respectivamente. El sistema propuesto supera obstáculos como rostros moderadamente detectables, condiciones de luz desfavorables y alineaciones incorrectas, y logra una precisión del 94,6% en una base de datos en tiempo real.

EP6: The Ethics of Facial Recognition Technology in Law Enforcement

Este artículo aborda la cuestión del uso de la tecnología de reconocimiento facial y el poder que otorga a quienes la controlan. El control de esta tecnología tiene implicaciones

legales en términos de privacidad y libertades civiles, así como consecuencias políticas para la democracia y una serie de cuestiones éticas subyacentes. El objetivo principal del artículo es clarificar cuáles son los problemas éticos más fundamentales y especificar las distinciones conceptuales clave que deben comprenderse para comprenderlos plenamente. Se define el término "tecnología de reconocimiento facial" y se explica que existen cuatro tipos principales de sistemas de escaneo facial, cada uno con diferentes casos de uso, beneficios y riesgos. Los sistemas más básicos utilizan la detección facial para permitir que la cámara se enfoque o aplique filtros, mientras que los sistemas de caracterización facial recopilan información detallada analizando una sola imagen. Se señala que es importante diferenciar correctamente entre los diferentes tipos de tecnología de reconocimiento facial para abordar adecuadamente las preocupaciones éticas y de privacidad que plantea su uso.

Resumen general y conclusiones del estado del arte

El estado del arte permitió obtener información relevante acerca de las soluciones propuestas en los estudios revisados en el campo de la Inteligencia Artificial con relación al reconocimiento facial. Se encontró que el uso de modelos convolucionales para el control de asistencia se aplica principalmente en áreas como la educación, empresarial y la seguridad, y que la mayoría de los estudios utilizan bases de datos con un gran número de imágenes faciales para la elaboración de los modelos convolucionales. Además, se identificó que algunos artículos presentan soluciones bajo modelos como: Arcface, Partial FC, VPL, DeepID, Facenet, VGGFace, y que estos modelos tienen una precisión y eficacia aceptables en el reconocimiento facial para el control de asistencia. También se observó que existen aspectos éticos y legales que deben ser considerados en el uso de modelos convolucionales para el reconocimiento facial, especialmente en el ámbito de la privacidad de los datos. En conclusión, los resultados de la revisión de literatura permitieron establecer una base sólida para el desarrollo del modelo de aprendizaje automático propuesto para el control de asistencia.

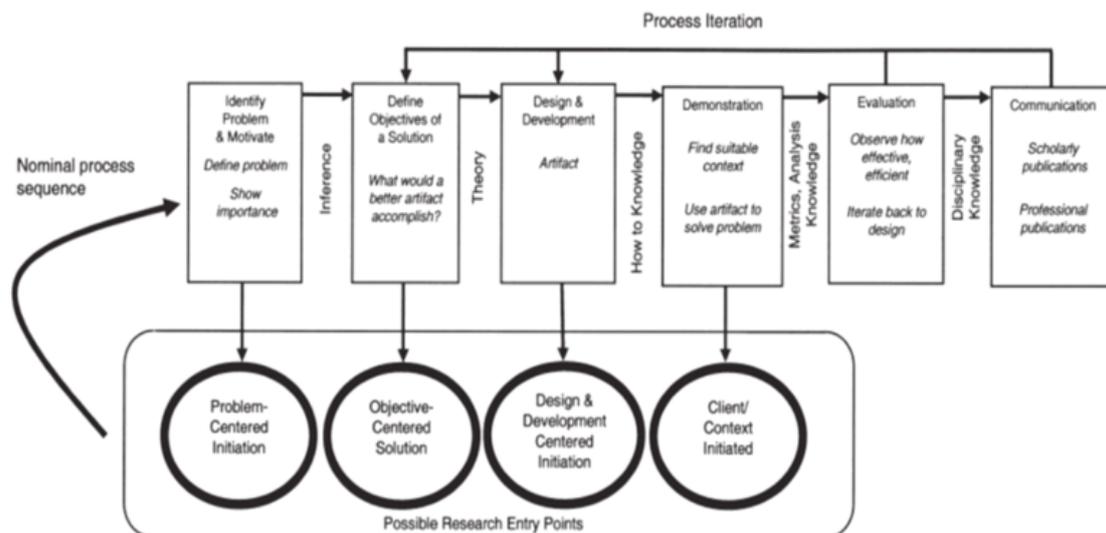
Metodología de la Investigación

Para llevar a cabo esta investigación se optó por la metodología de investigación Design Science Research (DSR), esto debido a que es una técnica de investigación aplicada en el ámbito de la ingeniería y ciencias informáticas y se ajusta al ámbito tecnológico y al contexto del problema que se quiere resolver. Esta metodología se centra en la creación de artefactos innovadores para mejorar el conocimiento humano y resolver problemas reales. Básicamente, el objetivo de DSR es mejorar el conocimiento científico y tecnológico mediante la creación de artefactos innovadores que puedan resolver problemas y mejorar el entorno donde se aplican (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020).

Una de las principales ventajas de DSR es su enfoque iterativo, lo que significa que, si se encuentra algún problema, se puede volver al paso anterior. A continuación, se explican en detalle cada una de las fases de esta metodología y se pueden visualizar en la **Figura 2**

Figura 2

Fases de la metodología Design Science Research (DSR)



Nota: La imagen representa todas las etapas que componen la metodología DSR. Tomado de la publicación "Introduction to Design Science Research" (p. 6), por J. Brocke, A. Maedche y A. Hevner, 2020, Design

Identificación de la problemática

Esta actividad establece el problema de investigación de manera precisa y fundamenta la importancia de una solución (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020). En esta fase se identifica y define claramente el problema y la oportunidad de mejorar el sistema actual de control de asistencia basado en registro manual y códigos de barras en Imprenta Mariscal. Asimismo, se analiza las deficiencias del sistema actual y los requisitos de la empresa para establecer una nueva solución.

Definición de los objetivos de la solución

Deduca los objetivos de una solución a partir de la comprensión del problema y del conocimiento de lo que es posible y viable (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020). En este proceso se determina los objetivos específicos de investigación correspondientes son esenciales para guiar a los investigadores hacia la solución adecuada.

Diseño y desarrollo

Se produce un objeto o herramienta (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020). Una vez identificado el problema, se procede al diseño y desarrollo de una nueva solución que cumpla con los requisitos de la empresa y que sea eficiente y segura. En esta fase se considera el enfoque de diseño centrado en el usuario, que implica la participación de los empleados y otros actores relevantes en la definición de requisitos y diseño de la solución.

Demostración

La utilización un objeto o herramienta para resolver una o varias instancias del problema se pone en evidencia mediante esta actividad. (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020). En esta fase se construye el prototipo del sistema de control de asistencia y se llevan a cabo pruebas para garantizar su funcionamiento. Además, se realiza pruebas rigurosas para asegurarse de que el sistema cumpla con los requisitos establecidos en la fase anterior.

Evaluación

El objetivo es determinar el grado en que el artefacto contribuye a la solución del problema planteado. (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020). En esta fase se evalúa la solución construida para determinar su eficacia y eficiencia. Se utilizan métricas y herramientas de evaluación para medir el desempeño del sistema y compararlo con el sistema anterior. También se identifican oportunidades de mejora y retroalimentación para ajustar el diseño de la solución.

Comunicación

Todas las partes relevantes interesadas son informadas acerca de los aspectos del problema y el artefacto diseñado (vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020). Una vez evaluada y perfeccionada la solución, se comunica los resultados y la implementación del nuevo sistema a los usuarios y otros actores relevantes en la empresa. Se asegura una adecuada transferencia del conocimiento y capacitación para el uso del nuevo sistema de control de asistencia.

Marco Teórico

Revisión de Literatura

La revisión bibliográfica es una técnica eficiente para ahorrar esfuerzos en una investigación. Se trata de una revisión y reconstrucción de trabajos previamente realizados por otros con el objetivo de encontrar, obtener y consultar bibliografía y otros materiales que puedan ser relevantes para el estudio, así como recopilar y extraer la información necesaria y pertinente para abordar el problema de investigación planteado. (Galán, 2009)

Realizar una revisión de literatura es un proceso esencial para iniciar una investigación de manera efectiva. Por lo general, se trata del primer paso a seguir, ya que esta actividad nos permite familiarizarnos con el tema en cuestión y determinar el alcance y los límites de nuestra investigación. A través de la revisión, podemos identificar lo que se

sabe y lo que se desconoce acerca del tema de interés, lo que nos ayuda a delimitar el problema de investigación y a definir el objetivo de nuestro estudio. Además, esta actividad nos permite acceder a una amplia variedad de fuentes y materiales que pueden ser de gran utilidad para nuestro trabajo, como estudios previos, libros, artículos, informes y otros recursos relevantes.

Docker

Docker es una plataforma de software que utiliza contenedores para crear, distribuir y ejecutar aplicaciones de manera aislada y reproducible. Estos contenedores encapsulan todas las dependencias necesarias para la aplicación, incluyendo código, bibliotecas y herramientas, lo que permite una mayor portabilidad y flexibilidad al momento de desplegar aplicaciones. Por esta razón, Docker se ha convertido en una herramienta popular para la gestión de infraestructuras y aplicaciones en entornos de desarrollo y producción. (What is Docker?, n.d.)

En el contexto del reconocimiento facial, Docker puede ser utilizado para encapsular y distribuir software que utiliza algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales para realizar tareas de detección y reconocimiento de rostros, lo que permite una mayor portabilidad y escalabilidad de las aplicaciones.

Algoritmos convolucionales

Los algoritmos convolucionales son una categoría de algoritmos de aprendizaje automático que se utilizan ampliamente en el procesamiento de imágenes y en otras aplicaciones que involucran datos de alta dimensión, como el reconocimiento de voz y la detección de objetos. Dichos algoritmos emplean capas convolucionales que realizan operaciones matemáticas para extraer características destacadas de los datos de entrada, disminuyendo su dimensión y aumentando la eficacia del procesamiento. La popularidad de los algoritmos convolucionales se ha incrementado en años recientes debido a su

capacidad de lograr altos niveles de desempeño en tareas de clasificación de imágenes y otras aplicaciones de aprendizaje automático. (Loncomilla, 2016)

Inteligencia Artificial

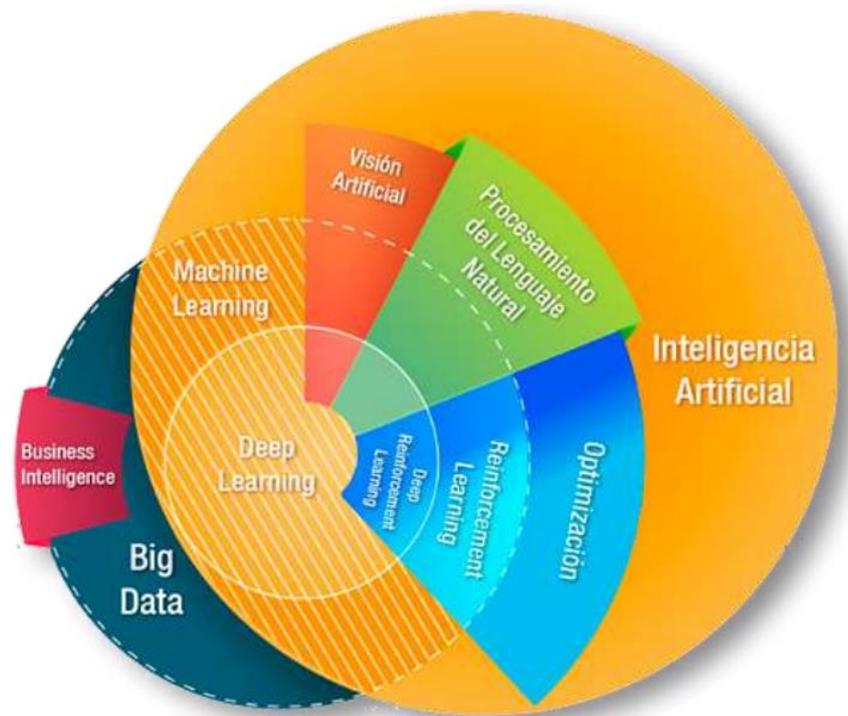
La IA, dentro de las ciencias de la computación, es una disciplina amplia y poderosa que tiene como objetivo la creación de sistemas inteligentes que puedan llevar a cabo tareas que normalmente requieren habilidades humanas (Schroer, 2022). Se pueden identificar diversas categorías de inteligencia artificial, las cuales se explican a continuación:

- IA Débil: Se refiere a un tipo de IA diseñada y entrenada para realizar tareas específicas. Esta forma de IA es la que impulsa la mayoría de las aplicaciones de IA actuales, como Siri de Apple, Alexa de Amazon, Watson de IBM y vehículos autónomos, y aunque limitada en su alcance, ha permitido la creación de aplicaciones sólidas y eficientes. (IBM Cloud, 2020).
- IA Fuerte: Se compone por dos categorías: la Inteligencia Artificial General (AGI) y la Súper Inteligencia Artificial (ASI). La AGI se refiere a una forma teórica de IA en la que una máquina tendría la misma inteligencia que un ser humano. Esta IA tendría conciencia de sí misma y la capacidad de resolver problemas, aprender y planificar para el futuro. Por otro lado, la ASI, también llamada superinteligencia, superaría tanto la inteligencia como la capacidad del cerebro humano. (IBM Cloud, 2020).

La inteligencia artificial es importante en los campos relacionados con el reconocimiento facial debido a que permite el desarrollo de algoritmos y sistemas de aprendizaje automático capaces de procesar grandes cantidades de datos y de detectar patrones en las imágenes faciales. Se pueden encontrar diversas áreas de investigación donde la IA desempeña un papel importante, tales como el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP), el Aprendizaje Automático (Machine Learning), el Aprendizaje Profundo (Deep Learning), la Visión Artificial, entre otras, tal como se muestra en la **Figura 3**

Figura 3

Áreas de investigación de la Inteligencia Artificial



Nota: El diagrama ilustrado presenta varias áreas relacionadas con la Inteligencia Artificial. La información ha sido adaptada de la fuente "Big Data & Artificial Intelligence" por ICC en 2022 (<https://www.iic.uam.es/en/big-data-artificialinteligence/><https://www.iic.uam.es/en/big-data-artificial-inteligence/>). Derechos de autor 2022 por ICC

La inteligencia artificial (IA) es un tema de gran interés y estudio en la actualidad debido a su versatilidad y aplicación en múltiples áreas del conocimiento. Al ser una ciencia interdisciplinaria, la IA se enfoca en desarrollar sistemas y programas que puedan simular la inteligencia humana y tomar decisiones basadas en datos. En la última década, el campo de la IA ha experimentado un crecimiento exponencial, impulsado principalmente por los avances en el machine learning y el deep learning.

Estas técnicas han permitido el desarrollo de algoritmos que pueden aprender de manera autónoma, lo que ha llevado a una mejora significativa en la capacidad de la IA para

procesar grandes cantidades de datos y reconocer patrones complejos. Además, los algoritmos de machine learning y deep learning pueden mejorar con el tiempo y la experiencia, lo que los hace altamente adaptables y efectivos para resolver una amplia gama de problemas. Es por eso por lo que el impacto de la IA se está haciendo cada vez más evidente en prácticamente todos los sectores de la industria tecnológica

Detección de Rostros

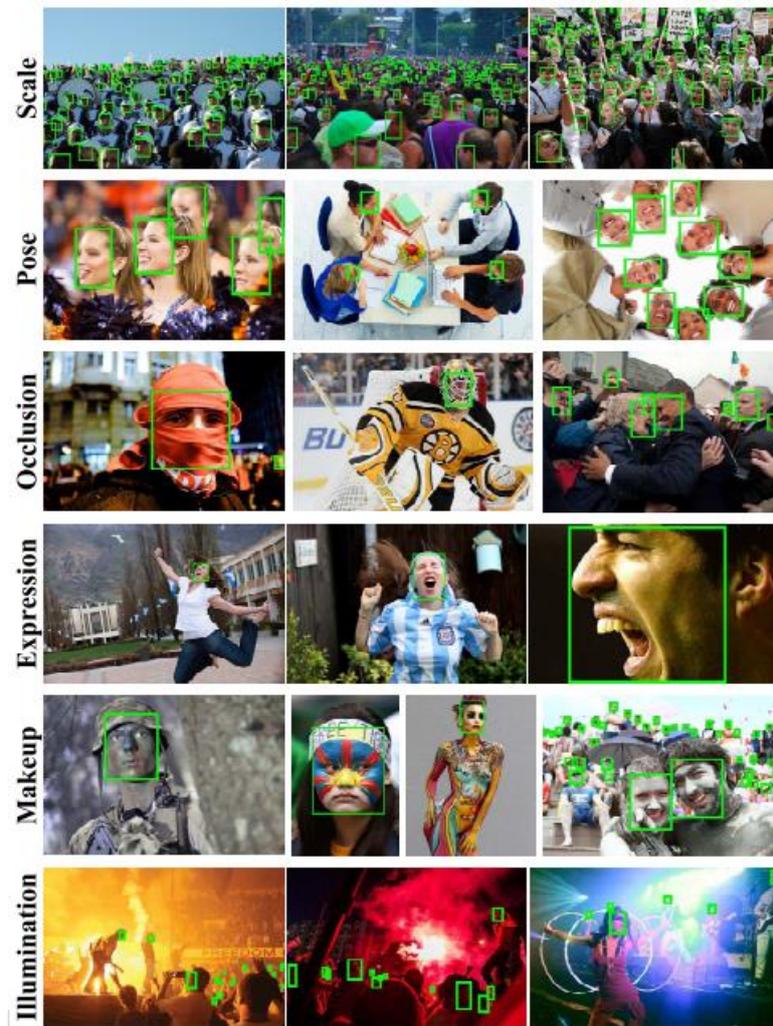
La identificación de caras es una de las responsabilidades que se incluyen en el ámbito de la identificación de objetos mediante computadoras, en la cual el sistema debe detectar la ubicación del rostro de una o más personas en una imagen o fotograma. Dado que la imagen no solo contiene caras, sino que hay varios objetos presentes, esta tarea se vuelve desafiante. (Sotaquirá, 2020)

La detección de rostros se realiza mediante la utilización de técnicas de procesamiento de imágenes, que permiten al sistema analizar las características y patrones presentes en la imagen para identificar las posibles ubicaciones de los rostros. Estas técnicas se basan en algoritmos de aprendizaje automático que utilizan patrones previamente identificados para reconocer y localizar los rostros.

La técnica de Bounding Box se emplea en la detección de objetos por computadora para delimitar un objeto en una imagen o video utilizando un rectángulo que lo encierra. En la detección de rostros, es una técnica comúnmente utilizada para identificar la ubicación y tamaño del rostro dentro de la imagen o video. Esta técnica es muy valiosa en aplicaciones de inteligencia artificial y visión por computadora que requieren la identificación y seguimiento de objetos en tiempo real. A continuación, en la **Figura 4** se observa la escala de la implementación de bounding box

Figura 4

Técnica de Bounding Box



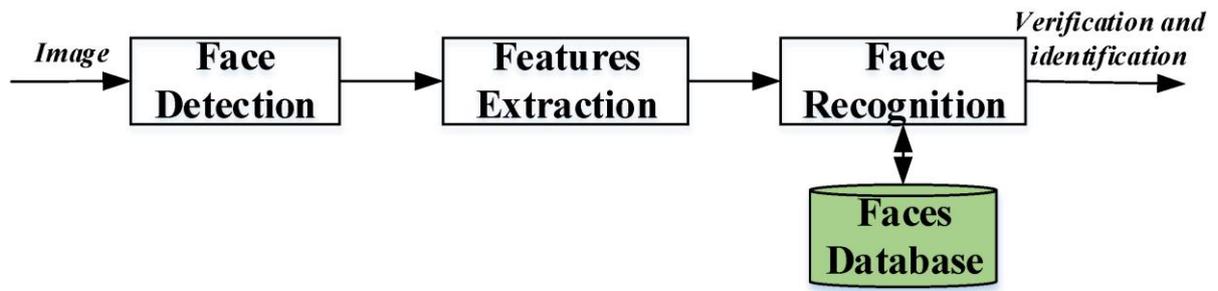
Nota: La Figura muestra un conjunto de datos (ancho y alto) de bounding box. La información ha sido extraída de " WIDER FACE: A Face Detection Benchmark" (https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2016/papers/Yang_WIDER_FACE_A_CVPR_2016_paper.pdf).

Reconocimiento de Rostro

El reconocimiento facial se refiere a un método para confirmar o identificar la identidad de un individuo a través del análisis y comparación de su rostro. (Kaspersky, 2021). Según Sotaquira (2019), los sistemas de reconocimiento facial toman una imagen en 2D o 3D mediante una cámara y realizan el siguiente proceso (visualizar **Figura 5**):

Figura 5

Estructura de Reconocimiento Facial



Nota: La estructura representa el proceso a ejecutarse para el desarrollo de reconocimiento facial. La información ha sido adaptada de la fuente " Face Recognition Systems: A Survey" por MDPI en 2020 (<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/2/342#>)

La tecnología de reconocimiento facial tiene la capacidad de adquirir una imagen a través de una cámara, ya sea en formato bidimensional o tridimensional, dependiendo de las características del dispositivo utilizado. Una vez obtenida la imagen, se inicia un proceso que permite identificar y reconocer al sujeto que aparece en ella. A partir de ahí, se lleva a cabo un proceso de análisis para poder llevar a cabo el reconocimiento facial.

Detección

Es una tarea que se trata de una labor que requiere ubicar uno o más rostros en una imagen o fotograma, lo que se logra mediante la utilización de algoritmos de detección de objetos que procesan la información de manera automatizada. Una vez detectado el rostro, se genera un recuadro que lo delimita, conocido como "bounding box".

Extracción de Características

Se realiza una transformación de la imagen a través de la conversión de datos, con el objetivo de convertir la información analógica en información digital. De esta forma, se puede distinguir entre las caras de diferentes individuos basándose en las variaciones geométricas o fotométricas, gracias a la creación de un vector de características conocido como "embedding". Este vector se obtiene mediante la extracción de características relevantes de la imagen, y se utiliza para comparar y reconocer los rostros de distintas

personas. En definitiva, la conversión de la imagen en datos y la creación del embedding son fundamentales en los sistemas de reconocimiento facial para poder llevar a cabo una identificación precisa y fiable.

Reconocimiento

El proceso reconocimiento consiste en una búsqueda minuciosa de coincidencias al comparar el vector de características obtenido a partir del rostro con los vectores de características almacenados en una base de datos. Si se identifica un vector con similitud alta, se devuelve la identidad correspondiente al rostro en cuestión. En caso contrario, el sistema indica que el rostro es desconocido, lo que significa que no se encontró una correspondencia aceptable en la base de datos. Este proceso es crucial para el funcionamiento de los sistemas de reconocimiento facial y, en consecuencia, requiere una alta precisión y rigurosidad en su implementación.

Verificación

En verificación, se lleva a cabo una tarea de localización de los componentes del rostro y, a través de transformaciones geométricas, se normalizan las imágenes en relación con sus propiedades geométricas y fotométricas, como su tamaño, pose e iluminación. Para lograr esta normalización, se pueden seguir distintas reglas, como la distancia entre las pupilas, la posición de la nariz o la separación entre las comisuras de los labios. También es importante definir el tamaño de las imágenes y la gama de colores a utilizar. Generalmente, para reducir la carga computacional del sistema, se suelen emplear imágenes en escala de grises de tamaño reducido.

Redes Neuronales convolucionales (CNN)

Las CNN, también conocidas como redes neuronales convolucionales, son una clase particular de redes neuronales artificiales que se destacan por su habilidad para aprender a reconocer patrones en un conjunto de datos mediante el uso de operaciones de

convolución. La convolución es un proceso matemático que permite a la red examinar cada píxel o valor en la imagen de entrada y extraer características significativas como bordes, contornos y formas. Asimismo, permiten identificar y extraer características es fundamental para el reconocimiento de objetos en imágenes, ya que les permite distinguir entre objetos y fondos, identificar formas y patrones únicos, y clasificar con precisión los objetos en una imagen. Es por eso que las redes neuronales convolucionales son tan populares en tareas de visión por computadora, como la detección de rostros, la clasificación de objetos en fotografías y la identificación de objetos en videos en tiempo real. (Patterson & Gibson, 2017)

Python

Python es un lenguaje de programación interpretado, interactivo y multiplataforma que se caracteriza por su alto nivel de abstracción y su orientación a objetos. Su creación se remonta a finales de los años 80 por Guido van Rossum, y desde entonces se ha popularizado gracias a su sintaxis clara y concisa, su facilidad de aprendizaje y su gran versatilidad en diferentes áreas de aplicación, incluyendo la ciencia de datos, el desarrollo web, la automatización de tareas, la inteligencia artificial y otros campos. Al ser de código abierto, Python se puede modificar y distribuir libremente, y está disponible de forma gratuita. (Challenger, Díaz, & Becerra, 2014)

Angular

Angular es un marco de desarrollo web de plataforma cruzada y código abierto que fue creado y es mantenido por Google. Es utilizado para la creación de aplicaciones web de una sola página (SPA) y aplicaciones móviles híbridas. Escrito en TypeScript, Angular hace uso de HTML, CSS y JavaScript para la construcción de aplicaciones web. Con su amplia gama de características y herramientas, Angular permite a los desarrolladores crear de manera eficiente y efectiva aplicaciones web complejas y escalables. Basado en una

arquitectura de componentes, las aplicaciones son desglosadas en componentes independientes que son fácilmente reutilizables y mantenibles. (Saks, 2019)

Flask

Flask es un Microframework escrito en Python que ayuda en el desarrollo de Aplicaciones Web. A pesar de su etiqueta de "micro", no se refiere al tamaño del framework, sino a que proporciona sólo las herramientas necesarias para crear una aplicación web básica. En algunos casos, se pueden requerir funcionalidades adicionales, para lo cual Flask tiene una gran cantidad de extensiones que se pueden instalar para agregar esas funcionalidades específicas a la aplicación. (Muñoz, 2017)

Facenet

FaceNet es un modelo de aprendizaje profundo que utiliza una red neuronal convolucional para aprender a generar una representación matemática única (conocida como embedding) para cada imagen de rostro. El objetivo de este modelo es producir embeddings que permitan medir la similitud entre dos rostros y distinguir entre diferentes personas. Dicho modelo se basa en el entrenamiento de red de tal manera que los embeddings de rostros similares estén cerca en el espacio euclidiano, mientras que los embeddings de rostros diferentes estén más separados. Este entrenamiento se logra a través de la minimización de una función de pérdida específica que mide la distancia euclidiana (L2) entre los embeddings. (Schroff, Kalenichenko, & Philbin, 2015)

OpenCV

Es una herramienta poderosa y gratuita que se utiliza para el procesamiento de imágenes, y tiene su origen en la compañía Intel. Esta biblioteca de software está especializada en la visión artificial, lo que significa que se enfoca en la capacidad de las computadoras para "ver" y analizar imágenes digitales, para luego tomar decisiones y realizar tareas en función de la información obtenida. (Mínguez, 2021)

Entre las aplicaciones más comunes de OpenCV se encuentran la detección de movimiento, el reconocimiento de objetos y la creación de modelos 3D a partir de imágenes. Estas aplicaciones son utilizadas en una amplia variedad de campos, incluyendo la industria, la medicina, la seguridad, la robótica y los videojuegos, entre otros. Gracias a su facilidad de uso y a la gran cantidad de herramientas que ofrece, OpenCV se ha convertido en una herramienta imprescindible para cualquier persona que trabaje en el campo de la visión artificial. (Igal & Medrano, 2008)

Capítulo III

En este capítulo, uno de los pasos más importantes para comenzar el desarrollo de la solución propuesta es la definición de los requerimientos. Para ello, se deben organizar y describir de manera clara las especificaciones a partir de las solicitudes del cliente, lo que permitirá crear los modelos de casos de uso. Estos modelos serán utilizados como referencia y registro durante la realización del proyecto.

Además, en este capítulo se presentan las principales consideraciones y propuestas de solución que se consideraron para diseñar y desarrollar el sistema. Uno de los aspectos más importantes en este proyecto fue el reconocimiento facial con redes neuronales convolucionales (CNN). Se describen detalladamente cada uno de los modelos utilizados y sus características principales, incluyendo la selección de métodos de detección y reconocimiento de rostros, así como las técnicas de alineación de rostros que se implementaron.

Es importante destacar que se tuvieron en cuenta algunos desafíos en mente al desarrollar este proyecto, como la ingeniería de software (SE) aplicada al Machine Learning (ML). Para ello, se realizó una correcta definición de la arquitectura y los módulos propuestos, lo que garantizó la implementación de un sistema eficiente y efectivo.

Selección de Modelo

El proyecto utilizó métodos de detección y reconocimiento facial seleccionados a través de una investigación exhaustiva del estado actual del arte. Los criterios de selección incluyeron la alta precisión en los resultados publicados, la disponibilidad de implementación en el lenguaje de programación Python, licencias que permitan la implementación libre y modelos pre-entrenados para permitir la evaluación de varios en el contexto del proyecto.

Los modelos seleccionados son los siguientes:

- Retina Face es un enfoque de detección de rostros en un solo paso y multinivel, que combina la predicción de cuadros faciales, la localización de puntos de referencia faciales en 2D y la regresión de vértices en 3D para obtener la regresión de puntos en el plano de la imagen. El objetivo principal es localizar los rostros y sus características de manera precisa y eficiente. (Deng, Guo, Verwer, Kotsia, & Zafeiriou, 2020)
- La red neuronal MTCNN, que significa Redes Convolucionales en Cascada Multitarea, es un sistema utilizado para detectar rostros y la ubicación de puntos clave en ellos. Este sistema consta de tres etapas y requiere que la imagen se redimensione a diferentes escalas para construir una pirámide de imágenes. En la primera etapa, se utiliza una red convolucional para detectar las posibles ubicaciones de los rostros. Luego, se aplica otra red neuronal convolucional que descarta muchos candidatos que no contienen rostros. Finalmente, una tercera red convolucional identifica las cualidades de los candidatos donde se encuentra un rostro real y localiza cinco puntos de referencia faciales como: ojo izquierdo, ojo derecho, punta de nariz y las dos comisuras del labio (García del Prado, González Castro, Alegre Gutiérrez, Fidalgo, & others, 2017)

Métodos de reconocimiento de rostros

Los métodos descritos en la **Tabla 4** proporcionan datos sobre la precisión obtenida en las evaluaciones del conjunto de datos LFW, así como información sobre el conjunto de datos y la arquitectura de la CNN utilizada para entrenar los modelos.

Tabla 4

Datos de métodos de reconocimiento facial

Fuente	Método	Dataset de Entrenamiento	Tamaño de entrada	Vector de Salida
(Sandberg, 2018)	FaceNet	VGGFace2	160, 160, 3	128
(Victor Iwantooxoox, 2021)	OpenFace	92,10	96, 96, 3 1	128
(Ghosh, 2019)	DeepFace	97,35	152, 152, 3	4096
(Deepinsight, 2022)	ArcFace	99,83	112, 112, 3	512

Nota: La tabla mostrada, es un punto de referencia para comparar los métodos de reconocimiento facial

Protocolos de Comunicación

En el contexto del reconocimiento facial, es fundamental contar con un protocolo de comunicación que permita una transmisión de datos rápida y eficiente entre el servidor y el cliente. Para lograr esto, se ha optado por utilizar la tecnología de websockets en la solución propuesta. Los websockets son una tecnología que permite establecer una conexión bidireccional entre un servidor y un cliente en la web (Fette & Melnikov, 2011). Esto significa que tanto el servidor como el cliente pueden enviar y recibir datos en tiempo real, lo que resulta ideal para aplicaciones que requieren una comunicación continua y sin interrupciones.

Al utilizar websockets en el reconocimiento facial, se obtienen varias ventajas importantes. En primer lugar, se logra una transmisión de datos mucho más rápida y eficiente que con otros protocolos de comunicación. Esto se debe a que los websockets utilizan una única conexión para la comunicación, lo que reduce la latencia y mejora la velocidad de transmisión de datos.

En segundo lugar, el uso de websockets permite una mayor precisión en el reconocimiento facial en tiempo real. Esto se debe a que los datos se transmiten de manera continua y en tiempo real, lo que permite una actualización constante del modelo de reconocimiento facial utilizado por la solución. De esta manera, se pueden obtener resultados más precisos y confiables en el reconocimiento facial.

Principales consideraciones

En la **Tabla 5** se encuentran las consideraciones principales acerca de la solución propuesta, en base al análisis correspondiente:

Tabla 5

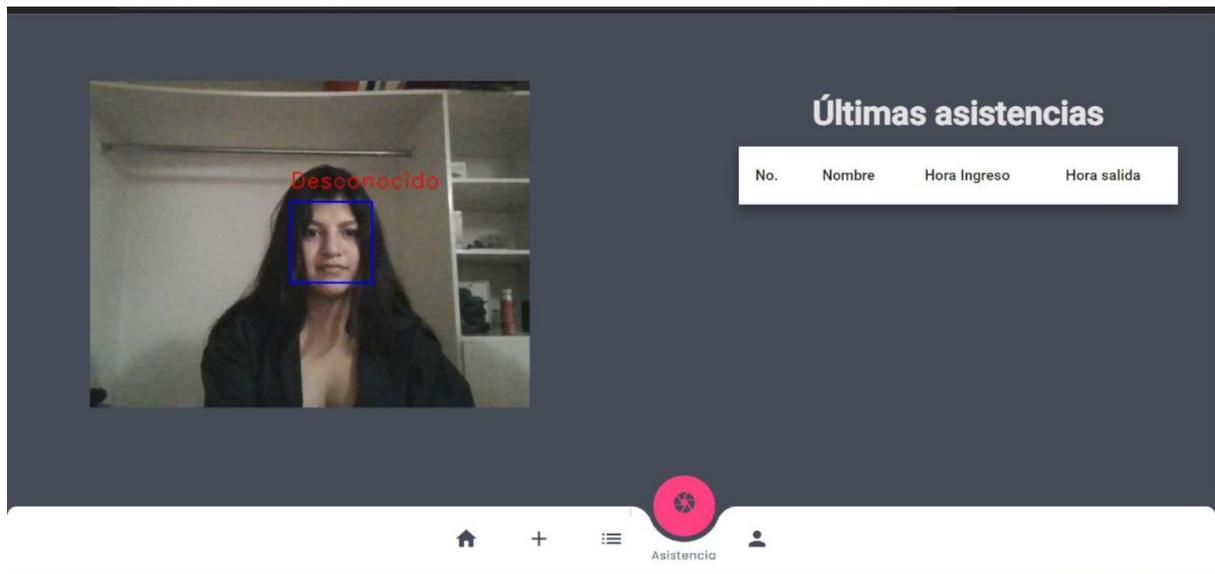
Detalle y solución de las consideraciones

Consideración	Propuesta de Solución
<p>La organización de la información guardada en el sistema se divide en las siguientes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agregar Rostro • Reporte de Asistencia • Asistencia por usuario 	<p>Se creó una aplicación de interfaz de usuario con un diseño similar al de un panel de control que facilita el registro, modificación, eliminación y consulta de toda la información necesaria para llevar un registro de asistencia. La aplicación está construida utilizando una arquitectura API-REST, lo que permite la comunicación con otras aplicaciones o módulos encargados de realizar las tareas de visión por computadora.</p>
<p>El proceso de formación implica capturar imágenes pueden contener más de un rostro, lo</p>	<p>El módulo de detección y reconocimiento de la API-REST ha sido desarrollado con la capacidad de detectar múltiples rostros en una sola imagen,</p>

que representa un desafío para la detección y reconocimiento de múltiples empleados en una sola imagen.	llevar a cabo el preprocesamiento de estos, reconocer su identidad, almacenar la información de asistencia y finalmente, devolver los resultados obtenidos.
Detección de individuos no registrados en la lista de empleados	Durante esta tarea se llevó a cabo una investigación para encontrar modelos de inteligencia artificial que permitan determinar si la imagen del rostro detectado coincide con alguna de las imágenes almacenadas en la base de datos. En la Figura 6 puede visualizar el resultado a la solución propuesta
Asegurar la exactitud en la identificación del aprendiz para el registro de su asistencia.	La tarea fundamental del sistema es lograr la máxima precisión en la identificación de los rostros de los empleados. Para lograrlo, se han implementado varios modelos de detección y reconocimiento de última generación, y se ha definido el umbral que ofrece la mejor precisión para el sistema.
Asegurar el correcto desempeño y la eficiencia del sistema.	El diseño del sistema incluye varios módulos que se empaquetan en contenedores Docker y se orquestan mediante Docker Compose. Esto facilita el despliegue y la escalabilidad de los microservicios en cloud computing para un uso a gran escala

Figura 6

Detección de individuos no registrados

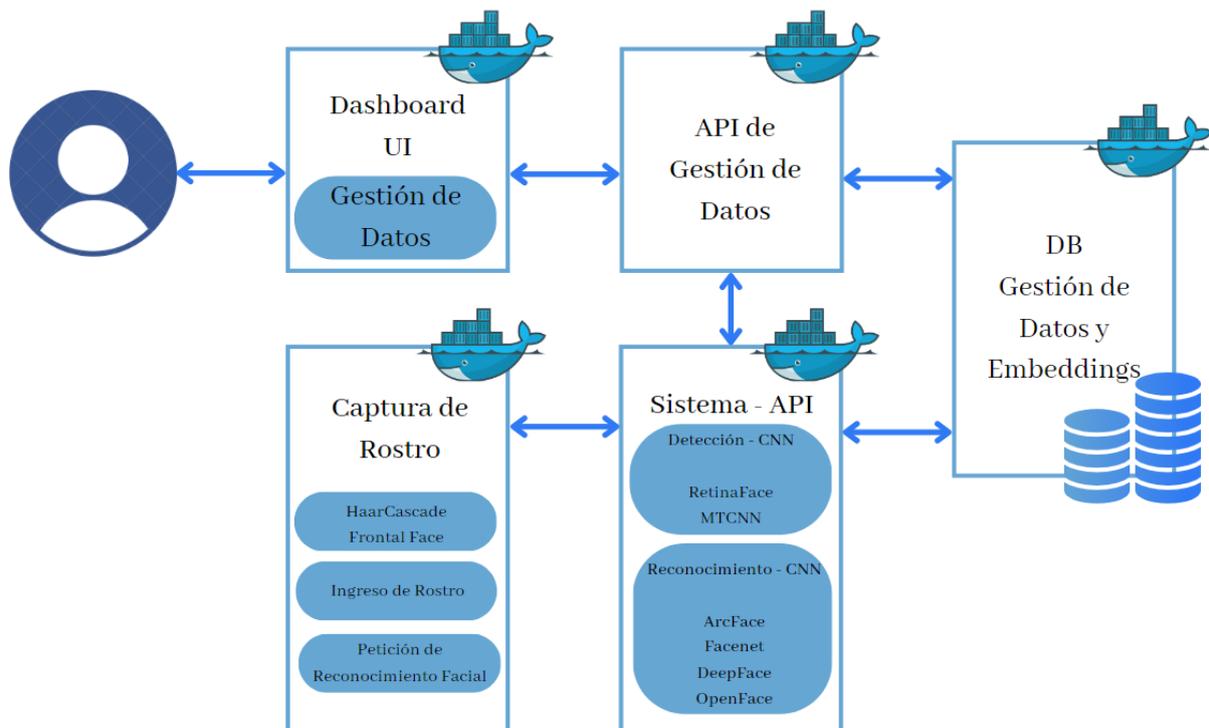


Arquitectura de la Solución

A partir de las necesidades específicas de Imprenta Mariscal y las consideraciones para implementar un sistema de control de asistencia más eficiente y seguro, se ha desarrollado una arquitectura tecnológica (ver **Figura 7**).

Figura 7

Arquitectura del sistema



Esta arquitectura se compone de varios módulos, cada uno con una tarea específica, que se describen a continuación:

Dashboard UI: Durante esta etapa se lleva a cabo la configuración del panel de control con el objetivo de agilizar el acceso a la información correspondiente al componente de gestión de datos y el proceso de ingreso de rostros. Es fundamental contar con un panel de control intuitivo y fácil de usar que permita al usuario visualizar y modificar los datos de manera sencilla y eficiente. Además, resulta fundamental que este panel incluya opciones de seguridad que permitan el acceso solo a aquellos usuarios autorizados, de manera que se garantice la protección de la información sensible. Una vez configurado el panel de control, se logra mejorar la calidad de los procesos de gestión de datos y de identificación de rostros, permitiendo un mayor control y precisión en el trabajo realizado.

API de gestión de de datos: La interfaz de usuario del panel de control (Dashboard UI) ofrece al usuario la posibilidad de interactuar con el servidor a través del uso de la

transferencia de estado representacional (REST) y la base de datos de gestión de usuarios, lo que le permite administrar el flujo de información asociado a los datos de los usuarios. Con esta herramienta, el cliente puede gestionar de forma eficiente y efectiva la información de sus usuarios, asegurando una experiencia de usuario satisfactoria y un alto nivel de seguridad en el manejo de la información. Además, la interfaz intuitiva del panel de control permite una navegación sencilla y una visualización clara de los datos, lo que facilita la toma de decisiones y la gestión de la información del usuario. En resumen, la interfaz de usuario del panel de control es una herramienta valiosa para cualquier negocio o entidad que busque administrar de manera efectiva y segura la información de sus usuarios.

DB gestión de datos y embedding: El propósito principal del contenedor es almacenar la información necesaria para administrar los usuarios. Este contenedor también tiene un papel importante en la tecnología de reconocimiento facial, ya que guarda los vectores que representan las características clave de los rostros de los usuarios, conocidos como "embeddings". Estos vectores se utilizan en el proceso de comparación para calcular la similitud entre los rostros. En resumen, el contenedor es esencial para el almacenamiento y acceso eficiente de la información necesaria para administrar a los usuarios y para el funcionamiento correcto del proceso de reconocimiento facial.

API del sistema de detección y reconocimiento de rostros: El módulo principal se enfoca en la detección y reconocimiento de rostros, y cuenta con diversos modelos especializados para ello. Además, dentro de este módulo se encuentran los servicios necesarios para recibir, pre-procesar y analizar las imágenes, detectando los rostros y extrayendo las características necesarias para el reconocimiento. Una vez obtenidas estas características, se almacenan en una base de datos para su uso posterior.

Captura de Rostro: Este módulo se encarga de la configuración y captura de imágenes mediante la cámara seleccionada e instalada por la empresa. Incluye una red

neuronal convolucional (CNN) de detección liviana que se utiliza para filtrar las imágenes antes de enviarlas al Sistema-API, donde se lleva a cabo el proceso de reconocimiento facial y registro de asistencia.

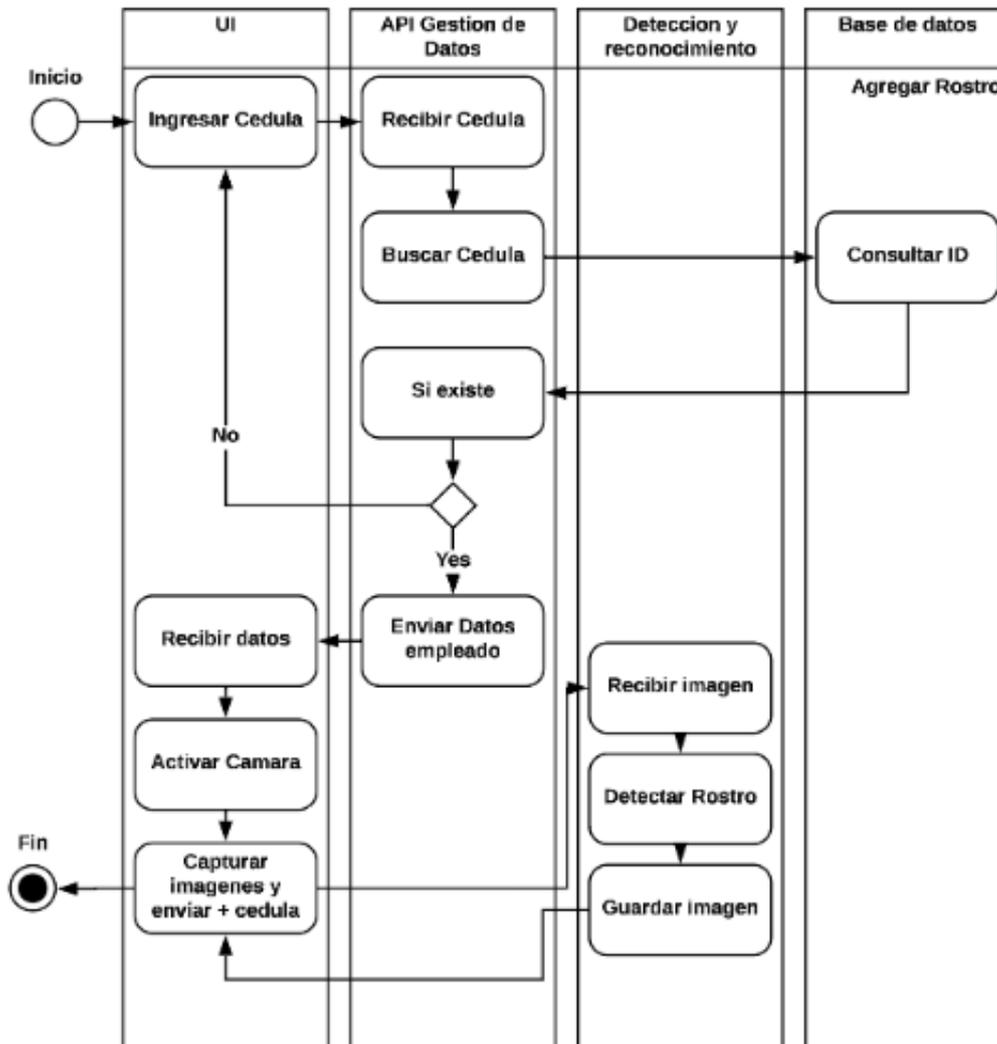
Diseño

Proceso de incorporación de imágenes faciales en el sistema.

La incorporación de imágenes de rostros debe ser realizada en el momento en que se incorpora nuevo personal, siendo un procedimiento único por cada programa de formación. Para llevar a cabo este procedimiento, se establece un esquema que se encuentra detallado en la **Figura 8**. El proceso comienza por ingreso de cédula del empleado, donde el sistema mediante el módulo de API de gestión de datos verifica la información y, si no se tiene acceso autorizado, el sistema obtiene los datos correspondientes al empleado. A continuación, se procede a capturar las fotografías del rostro del aprendiz utilizando un dispositivo de captura de imágenes, enviándolas posteriormente al módulo de Api de detección y reconocimiento. En dicho módulo, se usan redes neuronales de detección y reconocimiento de rostros para obtener las características más importantes del rostro, almacenando los vectores resultantes. Este proceso permite una identificación rápida y precisa de los empleados de Imprenta Mariscal.

Figura 8

Diagrama de flujo para agregar rostro



Reconocimiento de Rostros

En este proceso, el sistema se encarga de dos tareas esenciales para llevar a cabo el registro de la asistencia a través del reconocimiento facial. En primer lugar, el sistema detecta los rostros de los empleados presentes en el ambiente a partir de las imágenes capturadas por el dispositivo de captura de imágenes. Una vez que se han detectado los rostros, el siguiente paso es realizar el reconocimiento facial de los trabajadores a partir de los rostros detectados. El sistema compara las características principales de cada rostro en un vector y los compara con los datos previamente almacenados para identificar a los presentes.

Para mantener un seguimiento preciso y eficiente de la asistencia de los empleados, se sigue un proceso automatizado que comienza en el módulo de UI. En este módulo, se encarga de capturar la imagen de los trabajadores presentes y recibir los datos necesarios para su registro. Estos datos son evaluados en el módulo de detección y reconocimiento, donde se extraen las características de los rostros mediante un vector y se comparan utilizando un proceso que se detalla en la Figura 8.

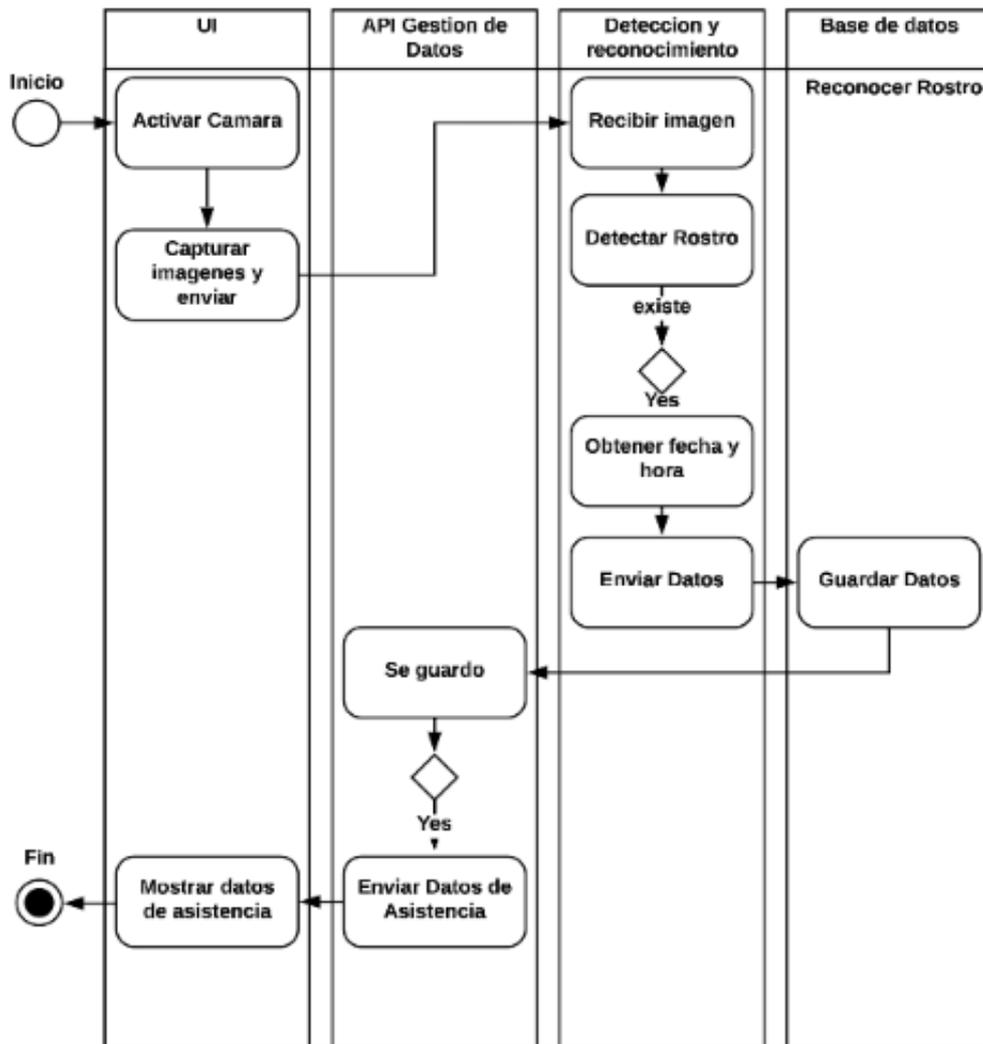
Este proceso de registro de asistencia se repite varias veces durante la jornada laboral, con el sistema configurado para enviar periódicamente fotos que contengan rostros. De esta manera, se aumenta la probabilidad de reconocer a todos los trabajadores presentes y se asegura un control eficiente de la asistencia.

Una vez que se han obtenido los datos necesarios para el registro de asistencia, se almacenan en una base de datos centralizada. Posteriormente, se exponen de manera automática en el dashboard de UI, siguiendo un flujo de datos que se presenta en la **Figura 9**.

Es importante destacar que este proceso automatizado de registro de asistencia requiere poco esfuerzo por parte de los empleados y evita errores humanos. Además, la precisión y sistematicidad en la gestión de recursos humanos permite una mayor eficiencia en la organización y planificación del personal.

Figura 9

Diagrama de flujo para reconocer rostro



Capitulo IV

En capítulos previos se ha establecido la arquitectura óptima y se han descrito con detalle las funciones de cada componente necesarias para asegurar que el sistema de control de asistencia de la empresa Imprenta Mariscal cumpla con los requisitos exigidos. En este capítulo se ha llevado a cabo la implementación del prototipo diseñado y se presentan los resultados obtenidos para que puedan ser analizados cuidadosamente y así tomar una decisión acerca de su posible implementación en el entorno de producción en el futuro.

Es importante destacar que la implementación del prototipo se ha realizado de manera rigurosa y siguiendo los procedimientos establecidos previamente para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos. Además, se han llevado a cabo diversas pruebas y validaciones para asegurarse de que el sistema cumple con los requisitos exigidos.

Es crucial señalar que los resultados obtenidos de la implementación del prototipo son de gran importancia, ya que brindan información valiosa para la toma de decisiones futuras. La revisión detallada de los resultados permitirá evaluar la efectividad y la viabilidad del sistema de control de asistencia, lo que posibilitará realizar ajustes necesarios y adoptar medidas adecuadas para garantizar su correcto funcionamiento.

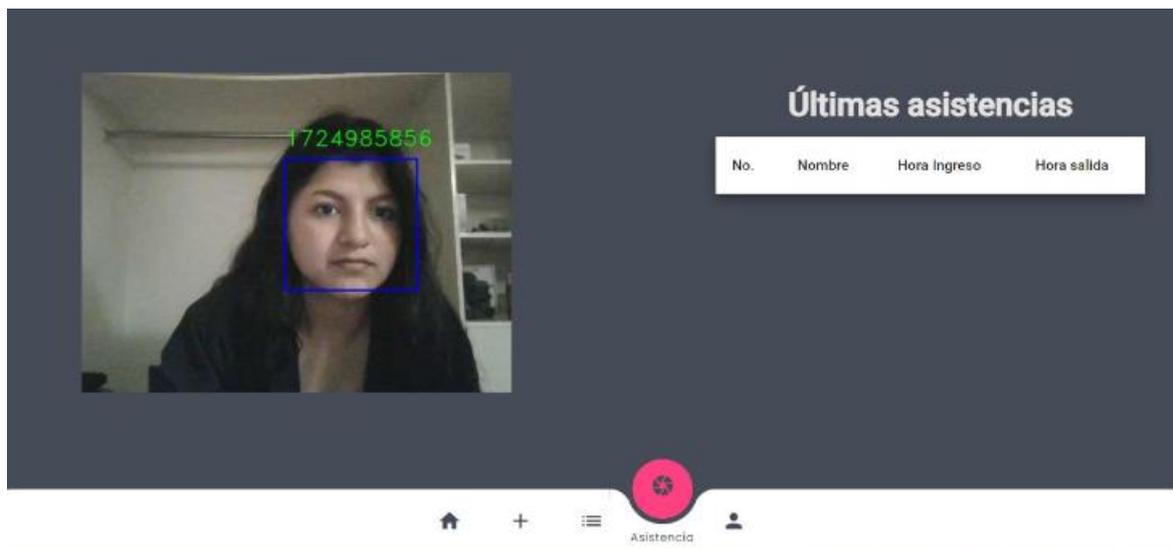
Resultados

Resultado de reconocimiento de rostro

Antes de la implementación del sistema, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas del modelo utilizado en la solución de este proyecto de investigación. El resultado del modelo cumple con las principales consideraciones señaladas en la **Tabla 5**. A continuación, en la **Figura 10** se presentan de manera visual el resultado.

Figura 10

Detección del individuo



Asimismo, en el resultado se notaron las diferencias entre los métodos probados que se exhiben en la **Tabla 6**, donde los métodos destacados son DeepFace y OpenFace debido que tienen un nivel de precisión (accuracy) por debajo de 0.60 lo que indica que no son muy efectivos a comparación de FaceNet y ArcFace que aproximan su nivel de precisión a 1.000 en relación con los modelos de RetinaFace y MTCNN.

Tabla 6

Datos de accuracy de los métodos de recognition

Modelo	N°	Método	Accuracy	Tiempo total	Promedio por imagen
RetinaFace	1	FaceNet	0.958	158.32	0.95
	2	OpenFace	0.571	150.44	0.91
	3	DeepFace	0.589	165.15	0.98
	4	ArcFace	0.976	159.87	0.96
MTCNN	5	FaceNet	0.904	89.86	0.51
	6	OpenFace	0.625	84.98	0.52

7	DeepFace	0.667	103.01	0.62
8	ArcFace	0.971	159.87	0.94

Nota: La tabla mostrada, refleja el valor de precisión con relación al tiempo ejecutado en el proceso y asimismo señala el promedio de tiempo en búsqueda por imagen.

Resultados de evaluación del rendimiento del sistema

Una vez implementado el sistema de reconocimiento facial elaborada en el anterior capítulo, es necesario contar con una evaluación del modelo para lo cual se hizo una encuesta a 50 personas pertenecientes a Imprenta Mariscal, las cuales se seleccionaron de forma aleatoria para conocer los beneficios del sistema de reconocimiento facial dentro del proceso de control de asistencia.

¿Piensa usted que el reconocimiento facial es un aspecto relevante?

Tabla 7

Importancia del Reconocimiento Facial

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	44	88%
No	6	12%
Total	50	100%

Figura 11

Importancia del Reconocimiento Facial



En la **Figura 11** y en la **Tabla 7** se exponen los resultados de la encuesta realizada, en donde se observa que la mayoría de los encuestados (un 88%) considera que el reconocimiento facial es un aspecto relevante en la implementación de un sistema de control de asistencia automatizado. Esto sugiere que la incorporación de esta tecnología en el nuevo sistema de control de asistencia de la empresa Imprenta Mariscal podría ser bien recibida por la mayoría de los empleados. El reconocimiento facial es una característica avanzada que permite una mayor precisión y eficiencia en la identificación de los empleados. Además, su uso en la empresa podría generar un mayor nivel de seguridad en los procesos de control de asistencia, ya que sería mucho más difícil de falsificar que los métodos manuales y basados en códigos de barras. En general, estos resultados sugieren que el reconocimiento facial es un aspecto importante para considerar en la implementación del nuevo sistema de control de asistencia de la empresa Imprenta Mariscal.

¿Está satisfecho con la eficiencia del nuevo sistema de control de asistencia implementado en la empresa?

Tabla 8*Eficiencia del nuevo sistema de control de asistencia*

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	45	90%
No	5	10%
Total	50	100%

Figura 12*Eficiencia del nuevo sistema de control de asistencia*

De acuerdo con los resultados de la encuesta realizada a un total de 50 empleados de la empresa Imprenta Mariscal, se puede concluir que la implementación del nuevo sistema de control de asistencia ha sido bien recibida por la mayoría de los empleados. En la **Tabla 8** y en la **Figura 12** se visualiza que un total de 45 empleados afirmaron estar satisfechos con la eficiencia del nuevo sistema, mientras que solo 5 empleados indicaron estar insatisfechos. Estos resultados reflejan una gran mejora en la percepción de los empleados con respecto al control de asistencia en la empresa, lo que demuestra que el

nuevo sistema automatizado ha sido capaz de cumplir con las expectativas de los empleados en términos de eficiencia y seguridad. Con la implementación de este sistema, la empresa ha logrado optimizar sus procesos, lo que ha generado una mayor satisfacción entre sus empleados y ha mejorado la productividad en general.

¿Ha experimentado algún problema en el registro de su asistencia desde la implementación del nuevo sistema?

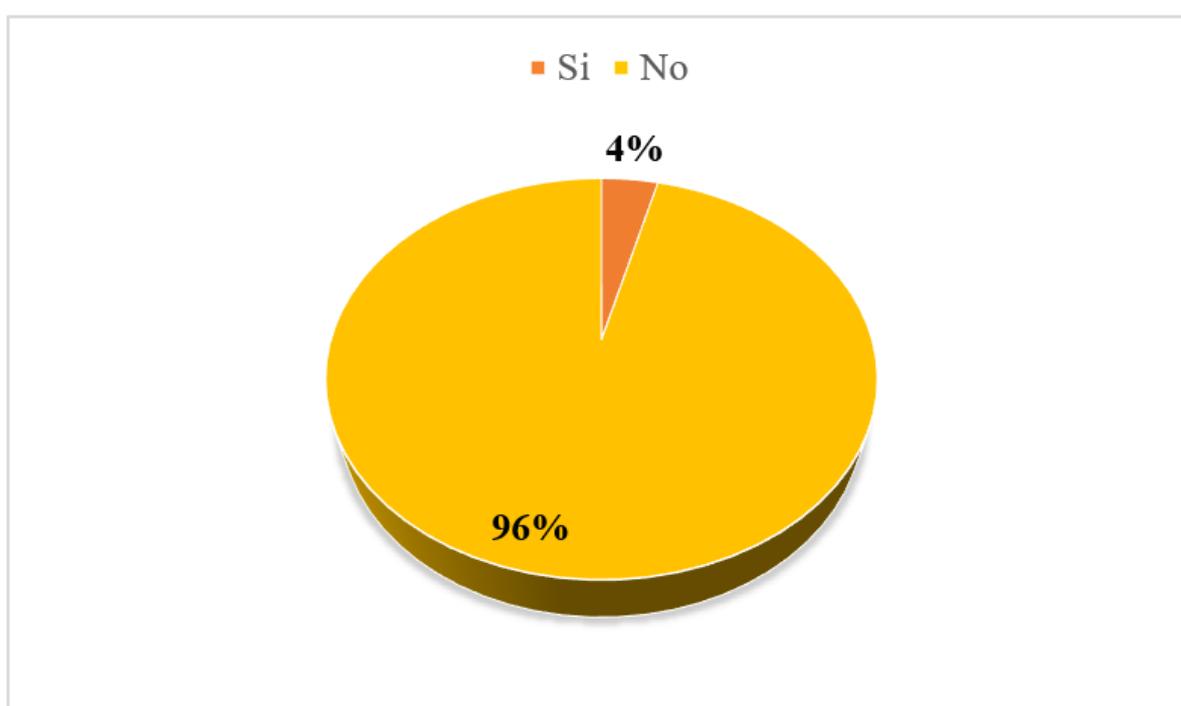
Tabla 9

Problemas en el registro de asistencia

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	2	4%
No	48	96%
Total	50	100%

Figura 13

Problemas en el registro de asistencia



La encuesta realizada reveló que la gran mayoría de los empleados encuestados (el 96%) no ha experimentado problemas en el registro de su asistencia desde la implementación del nuevo sistema automatizado. Por medio de la **Tabla 9** y **Figura 13** se puede observar que solo el 4% de los encuestados informaron haber experimentado algún problema. Estos resultados sugieren que el nuevo sistema de control de asistencia ha sido efectivo en mejorar la eficiencia y seguridad del proceso de registro de asistencia de los empleados. La implementación del sistema automatizado ha permitido una mayor precisión y rapidez en el registro de la asistencia, lo que ha evitado retrasos y ha permitido a los empleados encargados de esta tarea enfocarse en otras tareas importantes para la empresa. En general, la implementación del nuevo sistema de control de asistencia ha sido bien recibida por los empleados encuestados y ha sido efectivo en mejorar la eficiencia y seguridad del proceso de registro de asistencia.

¿Cree que el nuevo sistema de control de asistencia ha mejorado la precisión en el registro de sus horas de trabajo?

Tabla 10

Precisión en el registro de horas de trabajo

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	50	100%
No	0	0%
Total	50	100%

Figura 14

Precisión en el registro de horas de trabajo



En la **Tabla 10** y **Figura 14** se puede visualizar como la encuesta realizada arrojó un resultado sorprendente y positivo. El 100% de los encuestados afirmó que el nuevo sistema de control de asistencia ha mejorado la precisión en el registro de sus horas de trabajo. Este resultado indica que la implementación de un sistema de control de asistencia automatizado ha tenido un impacto significativo en la eficiencia y precisión de los procesos de registro de la empresa. Además, la implementación de este nuevo sistema ha permitido liberar a los empleados encargados del control de asistencia para que puedan enfocarse en otras tareas importantes y ha contribuido a la mejora del bienestar de los empleados y la formación integral de la organización. En general, los resultados de la encuesta confirman que la implementación de un sistema de control de asistencia automatizado ha sido una decisión acertada y ha tenido un impacto positivo en la empresa Imprenta Mariscal.

¿Considera que el nuevo sistema de control de asistencia ha mejorado el bienestar de los empleados?

Tabla 11*Bienestar de los empleados bajo el nuevo sistema*

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	49	98%
No	1	2%
Total	50	100%

Figura 15*Bienestar de los empleados bajo el nuevo sistema*

De acuerdo con los resultados de la encuesta realizada y reflejada en la **Tabla 11** y **Figura 15**, se puede observar que la gran mayoría de los encuestados, el 98%, considera que la implementación del nuevo sistema de control de asistencia ha tenido un impacto positivo en el bienestar de los empleados de Imprenta Mariscal. Solo una persona, representando el 2% de los encuestados, respondió negativamente a esta pregunta. Estos resultados sugieren que el nuevo sistema de control de asistencia ha logrado mejorar la eficiencia y seguridad de los procesos de la empresa, lo que ha permitido a los empleados

encargados del control de asistencia enfocarse en otras tareas importantes. Además, la automatización del registro de la entrada y salida de los empleados ha permitido a la empresa obtener información valiosa que podría ser utilizada para mejorar tanto el bienestar de los empleados como los procesos de formación integral de la organización

¿Ha recibido alguna formación o capacitación sobre cómo utilizar el nuevo sistema de control de asistencia?

Tabla 12

Capacitación para el uso del nuevo sistema

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	50	100%
No	0	0%
Total	50	100%

Figura 16

Capacitación para el uso del nuevo sistema



Según los resultados de la encuesta realizada y expuesta en la **Tabla 12** y **Figura 16**, el 100% de los encuestados han recibido formación o capacitación sobre cómo utilizar el nuevo sistema de control de asistencia implementado por la empresa Imprenta Mariscal. Esta cifra refleja el compromiso de la empresa por garantizar que sus empleados estén debidamente capacitados para utilizar la nueva herramienta, lo que les permite aprovechar al máximo sus beneficios y contribuir al éxito de la organización. Es importante destacar que la capacitación es fundamental para la adopción exitosa de cualquier nuevo sistema en una empresa, y los resultados de esta encuesta demuestran que la empresa ha tomado medidas efectivas para garantizar que sus empleados estén preparados para utilizar el sistema de control de asistencia de manera adecuada.

¿Cree que el nuevo sistema de control de asistencia ha facilitado la tarea de los empleados encargados de su administración?

Tabla 13

Percepción de efectividad del nuevo sistema

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	47	94%
No	3	6%
Total	50	100%

Figura 17

Percepción de efectividad del nuevo sistema



Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los encuestados, es decir, el 94% de ellos, están satisfechos con el nuevo sistema de control de asistencia automatizado. De los 50 encuestados, 47 consideran que el nuevo sistema ha facilitado la tarea de los empleados encargados de su administración, mientras que solo 3 respondieron que no ha sido así. Estos resultados demuestran que la implementación del nuevo sistema ha tenido un impacto positivo en la eficiencia y seguridad de los procesos de la empresa, al mismo tiempo que ha mejorado la productividad y el bienestar de los empleados encargados del control de asistencia. Además, la automatización del registro de entrada y salida ha permitido a los empleados encargados del control de asistencia enfocarse en otras tareas importantes y obtener información valiosa para mejorar los procesos de formación integral de la organización.

¿Cómo ha sido su experiencia utilizando el nuevo sistema de control de asistencia?

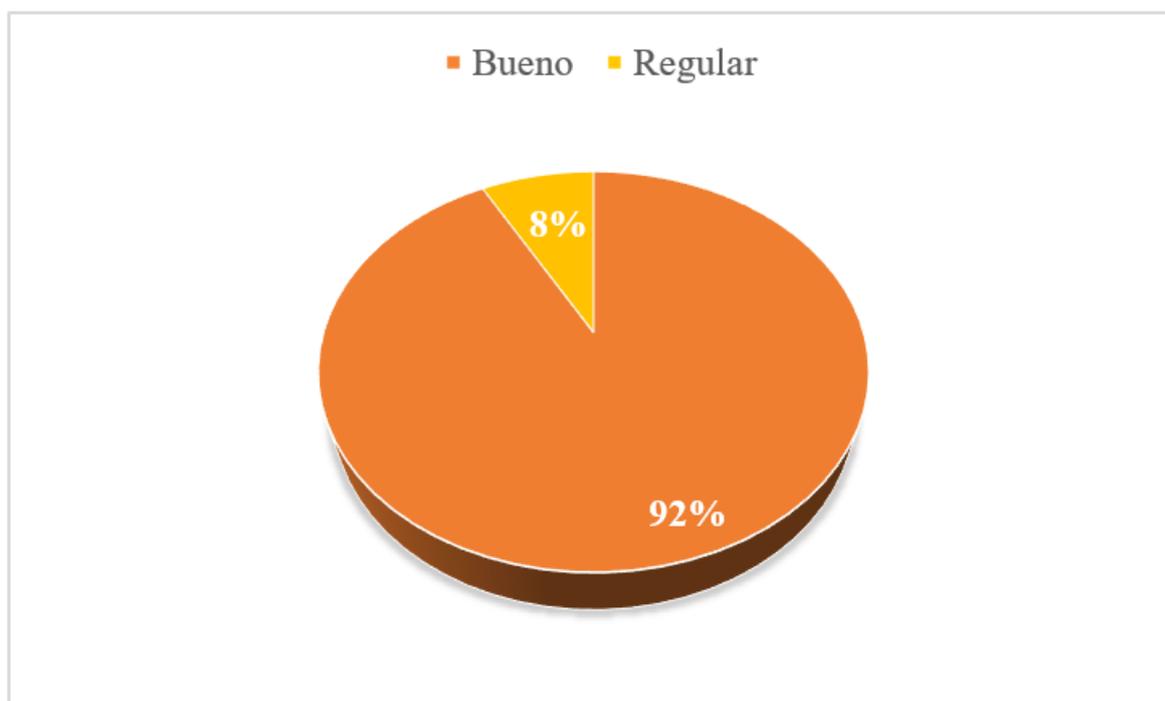
Tabla 14

Experiencia utilizando el nuevo sistema

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Buena	46	
Regular	4	
Mala	0	
Total	50	100%

Figura 18

Experiencia utilizando el nuevo sistema



Los resultados de la encuesta muestran que la gran mayoría de los empleados de Imprenta Mariscal ha tenido una buena experiencia utilizando el nuevo sistema de control de asistencia. Un total de 46 empleados calificaron su experiencia como buena, mientras que solo 4 empleados la calificaron como regular. Es importante destacar que ningún empleado calificó su experiencia como mala. Estos resultados indican que la implementación del nuevo sistema ha sido bien recibida por los empleados de la empresa y que ha contribuido a mejorar la eficiencia y la seguridad de los procesos de control de asistencia. La **Figura 18** y **Tabla 14** proporcionan una visualización más detallada de los resultados de la encuesta. En general, estos resultados respaldan la necesidad de

implementar sistemas automatizados para mejorar la gestión de recursos humanos y aumentar la productividad empresarial.

¿Recomendaría la implementación de este sistema a otras empresas que enfrenten problemas similares de control de asistencia?

Tabla 15

Recomendación del sistema de control de asistencia

Alternativas	Respuestas	Porcentaje
Si	50	100%
No	0	0%
Total	50	100%

Figura 19

Recomendación del sistema de control de asistencia



Los resultados de la encuesta muestran que el 100% de los encuestados recomendaría la implementación del sistema de control de asistencia automatizado a otras empresas que enfrenten problemas similares. Este alto nivel de recomendación refleja la satisfacción de los encuestados con el nuevo sistema, y sugiere que la implementación de una solución automatizada es efectiva para mejorar la eficiencia y seguridad de los procesos de control de asistencia en las empresas. Estos resultados respaldan la idea de que la implementación de un sistema automatizado no solo puede reflejar el control de la tarea de registro de asistencia, sino que también puede proporcionar información valiosa que contribuya a mejorar tanto el bienestar de los empleados como los procesos de formación integral de la empresa. En general, los resultados de la encuesta sugieren que la implementación de un sistema de control de asistencia automatizado es una solución efectiva y recomendada para abordar los desafíos relacionados con el control de asistencia en las empresas.

Producto Final

Se ha desarrollado e implementado el producto final, mismo que es un sistema automatizado de registro de asistencia, que utiliza técnicas de detección y reconocimiento facial basadas en modelos de aprendizaje profundo. Este sistema ha sido diseñado específicamente para la Imprenta Mariscal y consta de cinco módulos integrados que trabajan juntos para lograr los objetivos propuestos. Estos módulos son:

- Dashboard UI, como aplicación web
- API de gestión de Datos, como api rest dentro de Docker
- DB de gestión de datos y embeddings, como base de datos filemaker
- Sistema-API, como api rest con modelo de detección y reconocimiento dentro de Docker
- Captura de Rostro, como aplicativo web

Interfaz gráfica para gestión de datos

El módulo Dashboard UI trabaja en conjunto con el módulo API de Gestión de Datos para gestionar los datos de manera sincronizada. En la **Figura 20** se puede observar el módulo y la interfaz gráfica de inicio del sistema, asimismo la **Figura 21** muestra la interfaz permite llevar a cabo tareas de formación y consultar registros de asistencia.

Figura 20

Interfaz gráfica del dashboard

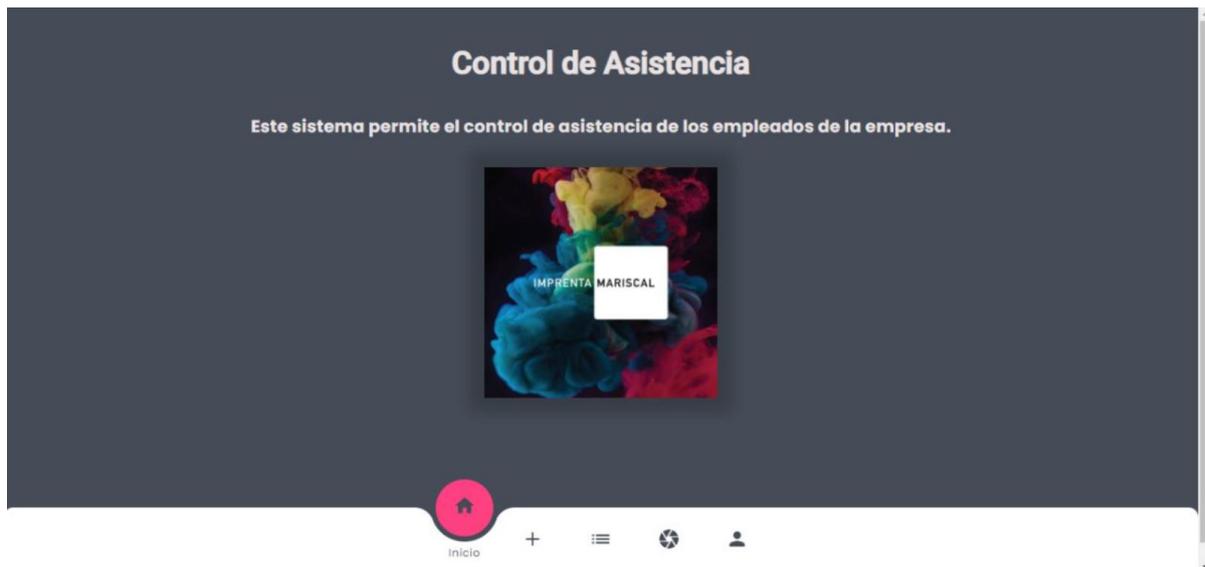
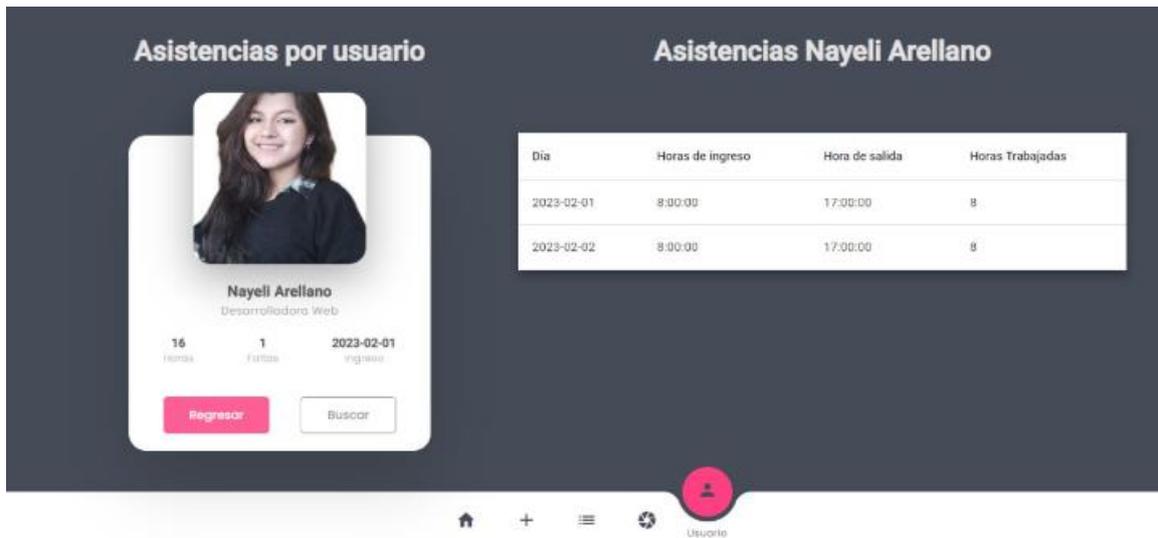


Figura 21

Interfaz de sección de asistencia del empleado

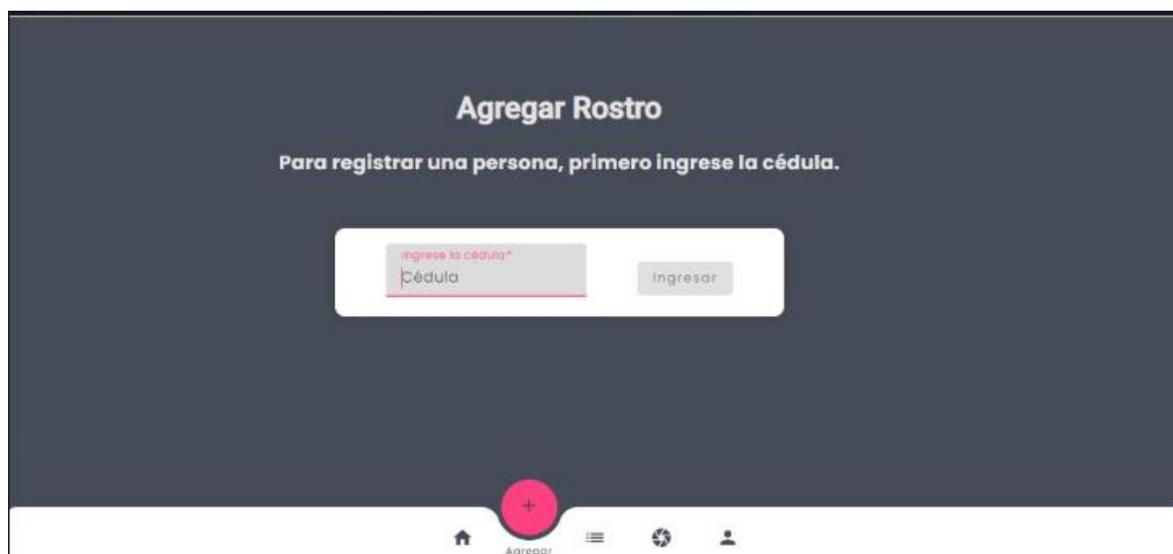


Interfaz gráfica para ingreso de rostros

La **Figura 22** ilustra la interfaz que permite a los usuarios autorizados ingresar rostros al sistema, lo cual se hace solamente una vez para cada empleado que ingresa a la empresa. Para llevar a cabo esta tarea, se debe ingresar el número de cédula en la interfaz. Después, se de forma automática se capturan varias imágenes del rostro del empleado y hacer clic en "ingresar", lo que permite al sistema almacenar el vector de características principales del rostro etiquetado.

Figura 22

Interfaz gráfica de registro de rostro

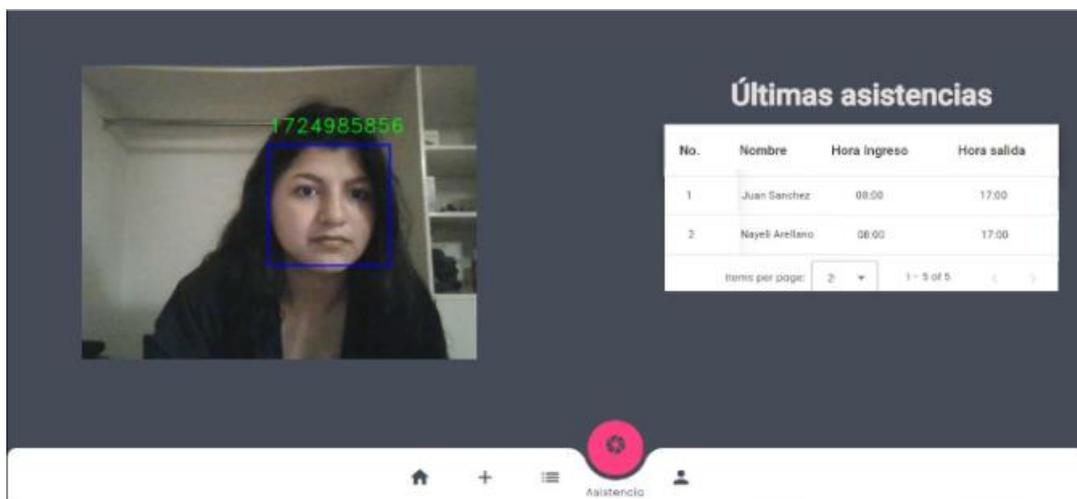


Interfaz gráfica de captura de registros

Para activar el proceso de captura de rostros, es necesario dirigirse al apartado de asistencia tal como la **Figura 23** muestra. Una vez que se encuentre en el apartado, comienza el proceso de captura de rostros para el registro automático de asistencia, como se muestra en la **Figura 23**. Este módulo utiliza el detector de rostros, el cual solo envía imágenes cuando detecta un rostro, que es marcado con un cuadrado de color azul. En la interfaz, también se puede observar una lista de las últimas asistencias.

Figura 23

Registro de asistencia por medio de captura del rostro



Capitulo V

Este capítulo tiene como objetivo presentar las conclusiones obtenidas a partir de la investigación realizada, así como los trabajos que pueden desarrollarse a partir del sistema propuesto en el proyecto de tesis. En primer lugar, se presentan las conclusiones generales, destacando los principales resultados obtenidos y su relevancia en el ámbito de estudio y seguido, se presenta una propuesta de desarrollo futuro del sistema, en la que se identifican las principales áreas de mejora y los posibles trabajos que pueden realizarse para optimizar el sistema y ampliar sus funcionalidades.

Conclusiones

En conclusión, el registro de la asistencia de los empleados es un aspecto crucial en cualquier empresa y debe cumplir con la legislación vigente en cuanto a la seguridad y protección de los trabajadores. Sin embargo, los métodos tradicionales de registro pueden ser ineficientes y poco seguros, especialmente en empresas con un gran número de empleados. La implementación de sistemas automatizados de control de asistencia, como el reconocimiento facial, puede mejorar significativamente la eficiencia y seguridad del proceso, y también proporcionar información valiosa para mejorar la formación integral y el bienestar de los empleados.

En particular, el caso de la empresa Imprenta Mariscal ilustra claramente los desafíos que pueden surgir en el registro manual de la asistencia y la necesidad de una solución tecnológica. La implementación de un sistema de reconocimiento facial permitirá a la empresa mejorar significativamente su proceso de registro de asistencia y liberar a los empleados encargados de esta tarea para centrarse en otras tareas importantes. Además, permitirá obtener datos detallados y consolidados que podrían utilizarse para mejorar la formación y el desarrollo profesional de los empleados.

Aunque el reconocimiento facial presenta algunos desafíos técnicos, la tecnología ha avanzado significativamente en los últimos años y se ha utilizado con éxito en diferentes contextos laborales para resolver problemas similares. Por lo tanto, es una solución viable y prometedora para la empresa Imprenta Mariscal y para cualquier empresa que enfrente desafíos similares en el registro de la asistencia de los empleados.

En conclusión, la evaluación del sistema demostró que es posible obtener una gran exactitud en el reconocimiento de identidad, incluso en entornos reales de producción. La implementación de algoritmos convolucionales en estos entornos representa un desafío

importante a nivel de ingeniería, pero gracias al uso de diversas herramientas y estrategias, se logró obtener un excelente desempeño del sistema. Los indicadores comunes, fueron fundamentales en la evaluación del sistema, permitiendo configurar el sistema de manera que se redujeron los errores. En definitiva, los resultados obtenidos son prometedores para el futuro desarrollo de sistemas de reconocimiento de identidad en diferentes aplicaciones, lo que abrirá nuevas posibilidades para mejorar la seguridad y la eficiencia en una amplia variedad de contextos.

Trabajos Futuros

Una vez desarrollado y probado el sistema de control de asistencia automatizado basado en tecnología de reconocimiento facial, se puede trabajar en la implementación de una plataforma de análisis de datos que permita una exploración más profunda de la información recopilada. Esta plataforma podría incluir herramientas de minería de datos y análisis de datos, así como modelos de aprendizaje automático que permitan la identificación de patrones y áreas de mejora en el rendimiento de los empleados. Además, la plataforma podría permitir la identificación de tendencias a largo plazo y la toma de decisiones informadas sobre la formación y el desarrollo profesional de los empleados. En resumen, la implementación de una plataforma de análisis de datos podría contribuir significativamente a la mejora de la eficiencia y el rendimiento de la empresa.

Otro trabajo futuro podría estar enfocado en la integración de tecnología de reconocimiento de voz y procesamiento de lenguaje natural en el sistema de control de asistencia automatizado. Esta integración podría permitir la identificación de empleados que requieran apoyo en habilidades lingüísticas y comunicativas, así como la identificación de patrones en las interacciones entre empleados y supervisores. Además, la tecnología de reconocimiento de voz podría permitir la identificación de empleados que necesiten asistencia adicional en el cumplimiento de tareas específicas y la realización de tareas de seguimiento de manera más efectiva. En resumen, la integración de tecnología de

reconocimiento de voz y procesamiento de lenguaje natural en el sistema de control de asistencia automatizado podría contribuir significativamente a la mejora del bienestar de los empleados y la eficiencia de los procesos de la empresa.

Bibliografía

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 2, 433-459. doi:10.1002/wics.101
- Ahmed, T., Das, P., Ali, M. F., & Mahmud, M. F. (2020). A Comparative Study on Convolutional Neural Network Based Face Recognition. In *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-5). doi:10.1109/ICCCNT49239.2020.9225688
- Budgen, D., Kitchenham, B., Charters, S., Turner, M., Brereton, P., & Linkman, S. (2007). Preliminary results of a study of the completeness and clarity of structured abstracts. In *11th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 11* (pp. 1--9). doi:10.14236/ewic/EASE2007.7
- Challenger, I., Díaz, Y., & Becerra, R. (2014). El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*, 20, 1-13. Retrieved Enero 12, 2023, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181531232001>
- Chaudhuri, A. (2020). Deep Learning Models for Face Recognition: A Comparative Analysis. (R. Jiang, C.-T. Li, D. Crookes, W. Meng, & C. Rosenberger, Eds.) *Deep biometrics*, 99-140. doi:10.1007/978-3-030-32583-1_6
- de Justicia Laboral, L. (2015). *Ley Orgánica para al Justicia Laboral y el Reconocimiento del Trabajo en el Hogar en el Ecuador*. Quito: El pleno de la Asamblea Nacional.
- del Trabajo, C. a. (2002). Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. *Decreto Ejec*, 2393.
- Deng, J., Guo, J., Ververas, E., Kotsia, I., & Zafeiriou, S. (2020). Retinaface: Single-shot multi-level face localisation in the wild. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 5203-5212).
- Fette, I., & Melnikov, A. (2011). *The websocket protocol*.
- Fonseca, E. (2020, Abril 17). *Preliminary Literature Review Theory - Video 1 [video]*. Retrieved Septiembre 29, 2022, from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=3zcY87cV0YQ>

- Fuad, M. T., Fime, A. A., Sikder, D., Iftee, M. A., Rabbi, J., Al-Rakhami, M. S., . . . Islam, M. N. (2021). Recent advances in deep learning techniques for face recognition. (IEEE, Ed.) *IEEE Access*, 9, 99112--99142. doi:10.1109/ACCESS.2021.3096136
- Galán, M. (2009, Octubre 23). *¿QUE ES UNA REVISIÓN DE LITERATURA EN UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN?* Retrieved Noviembre 5, 2022, from METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN:
<https://manuelgalan.blogspot.com/2009/10/que-es-una-revision-de-literatura-en-un.html>
- García del Prado, N., González Castro, V., Alegre Gutiérrez, E., Fidalgo, E., & others. (2017). Comparación de métodos de detección de rostros en imágenes digitales. *Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática*.
- Garrell, A., & Guilera, L. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital*. Marge books.
Retrieved septiembre 28, 2022
- IBM Cloud. (2020). *What is artificial intelligence (AI)?* Retrieved Noviembre 29, 2022, from IBM: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence>
- Igual, R., & Medrano, C. (2008). Tutorial de OpenCV. *Laboratorio de visión por computadora*.
- Loncomilla, P. (2016). Deep learning: Redes convolucionales. Retrieved Noviembre 14, 2022, from <https://ccc.inaoep.mx/~pgomez/deep/presentations/2016Loncomilla.pdf>
- Mínguez, T. (2021). *Visión artificial: aplicaciones prácticas con OpenCV-Python*. Marcombo.
- Muñoz, J. (2017, Noviembre 17). ¿Qué es Flask? Obtenido de OpenWebinars. Retrieved from <https://openwebinars.net/blog/que-es-flask/>
- Ordieres-Meré, J., Limas, M., Ascacibar, F. J., Alba-Elías, F., González-Marcos, A., Pernía-Espinoza, A., & Vergara, E. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial* *Recurso electrónico - En línea*. Retrieved septiembre 28, 2022
- Patil, P., & Shinde, S. (2020). Comparative analysis of facial recognition models using video for real time attendance monitoring system. In *2020 4th International Conference on*

Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA) (pp. 850-855).

doi:10.1109/ICECA49313.2020.9297374

Patterson, J., & Gibson, A. (2017). *Deep learning: A practitioner's approach*. O'Reilly Media, Inc. Retrieved enero 10, 2023

Pramerdorfer, C. a. (2016). Facial expression recognition using convolutional neural networks: state of the art. (arXiv, Ed.) *arXiv preprint arXiv:1612.02903*.

doi:10.48550/ARXIV.1612.02903

Saks, E. (2019). JavaScript Frameworks: Angular vs React vs Vue.

Schroer, A. (2022, Septiembre 19). *What Is Artificial Intelligence (AI)? How Does AI Work?*

Retrieved November 28, 2022, from builtin: <https://builtin.com/artificial-intelligence>

Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.

Selinger, E., & Leong, B. (2021, Enero 21). The ethics of facial recognition technology.

Forthcoming in The Oxford Handbook of Digital Ethics ed. Carissa Véliz.

doi:10.2139/ssrn.3762185

Sotaquirá, M. (2020, Junio 15). *Detección de Rostros con Machine Learning*. Retrieved from codificandobits: <https://www.codificandobits.com/blog/deteccion-de-rostros-machine-learning/>

Teigens, V., Skalfist, P., & Mikelsten, D. (2020). *Inteligencia artificial: la cuarta revolución industrial*. Cambridge Stanford Books. Retrieved septiembre 29, 2022

vom Brocke, J., Hevner, A., & Maedche, A. (2020, Septiembre 24). Introduction to design science research. *Design science research. Cases*, 1-13. doi:10.1007/978-3-030-46781-4_1

What is Docker? (n.d.). Retrieved Noviembre 8, 2022, from Microsoft.com:

<https://learn.microsoft.com/en-us/training/modules/intro-to-docker-containers/2-what-is-docker>

