

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ingeniería y Ciencias

Implementación de una IA para detectar el estado de ánimo de las personas con el fin de calificar el rendimiento de servicio al cliente de las empresas.

Mateo Andre Ruiz Dávila

Ingeniería en Ciencias de la Computación

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero de Ciencias de la Computación

Quito, 15 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ingeniería y Ciencias

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Implementación de una IA para detectar el estado de ánimo de las personas con el fin de calificar el rendimiento de servicio al cliente de las empresas.

Mateo Andre Ruiz Dávila

Nombre del profesor, Título académico

Daniel Fellig Goldvechmiedt, MSc

Quito, 15 de diciembre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Mateo Andre Ruiz Dávila

Código: 00212195

Cédula de identidad: 1750742007

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Este proyecto se centra en el uso de una inteligencia artificial (IA) diseñada para detectar el estado de ánimo de las personas durante interacciones con empresas y utilizar esta información para evaluar el rendimiento del servicio al cliente. La motivación detrás de este trabajo es mejorar la calidad de las interacciones entre las empresas y sus clientes al identificar y abordar las emociones de los clientes en tiempo real.

Para lograr esto, se emplean técnicas de detección de emociones. Los resultados de este análisis permiten determinar si un cliente está satisfecho, insatisfecho o neutral durante una interacción.

Las implicaciones de este proyecto son significativas, ya que proporciona a las empresas una herramienta valiosa para medir y mejorar la calidad de su servicio al cliente. La detección de estados emocionales en tiempo real puede ayudar a las organizaciones a identificar áreas de mejora y personalizar las interacciones con los clientes según sus necesidades emocionales.

Este proyecto presenta una solución de IA para mejorar el servicio al cliente mediante la detección y evaluación automatizada del estado de ánimo de las personas. Los resultados indican un prometedor enfoque que puede impulsar la excelencia en el servicio al cliente y fortalecer las relaciones entre las empresas y sus clientes.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Estado de ánimo, Servicio al cliente, Detección automatizada.

ABSTRACT

This project focuses on the use of artificial intelligence (AI) designed to detect the mood of individuals during interactions with companies and leverage this information to assess customer service performance. The motivation behind this work is to enhance the quality of interactions between companies and their customers by identifying and addressing customer emotions in real-time.

To achieve this, emotion detection techniques are employed. The results of this analysis help determine whether a customer is satisfied, dissatisfied, or neutral during an interaction. The implications of this project are significant as it provides companies with a valuable tool to measure and improve the quality of their customer service. Real-time emotional state detection can assist organizations in identifying areas for improvement and customizing interactions with customers based on their emotional needs.

This project presents an AI solution to enhance customer service through automated detection and evaluation of individuals' mood. The results indicate a promising approach that can drive excellence in customer service and strengthen relationships between companies and their customers.

Key words: Artificial intelligence, Mood, Customer service, Automated detection.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Objetivos generales	11
Objetivos específicos.....	11
Desarrollo	12
Terminología	12
Estado de ánimo	12
Análisis de sentimientos	13
Satisfacción del cliente	13
Inteligencia Artificial.....	14
Machine y Deep Learning	15
Deep Learning	15
Redes Neuronales Convolucionales (CNN)	16
Página Web.....	19
REST API y REST	19
Framework	20
Flask	21
Usos del Detector de estado de ánimo.....	22
Proyectos similares.....	24
Detector de estado de ánimo	24
Dataset	25
Implementación del modelo.....	25
Pruebas iniciales.....	28
Implementación del aplicativo web	31
Creación e implementación del framework	31
Endpoints	32
Cálculo de la satisfacción del cliente	34
Creación de la página web	35
Casos de Uso.....	35
Diseño de la página	38
Flujo de Interacción.....	39
Resultados.....	40
Conclusiones.....	42
Recomendaciones	43

Trabajo Futuro.....	43
Referencias bibliográficas.....	44
Anexo A: Lista de enlaces relevantes del proyecto	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen característica del dataset.....	25
Figura 2 Arquitectura del modelo CNN.....	27
Figura 3 Prueba con Imagen de Felicidad	28
Figura 4 Prueba con Imagen de Ira	28
Figura 5 Prueba con Imagen propia de Felicidad	29
Figura 6 Prueba con Imagen propia de Tristeza	29
Figura 7 Prueba de estado Felicidad con cámara.....	30
Figura 8 Prueba de estado Ira con cámara.....	30
Figura 9 Grafica de Training and Validation Loss del modelo	31
Figura 10 Representación de la aplicación web basado en el patrón MVC	32
Figura 11 Implementación de la página inicial.....	38
Figura 12 Implementación de la página de demostración	38
Figura 13 Implementación de la página de demostración con cámara	39
Figura 14 Diagrama de secuencia de la cámara.....	40
Figura 15 Resultados de la evaluación (1)	41
Figura 16 Resultados de la evaluación (2)	41

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una tecnología transformadora que permea casi todos los aspectos de nuestra vida cotidiana y los negocios. Uno de los dominios más emocionantes y prometedores en los que la IA está haciendo incursiones significativas es la mejora del servicio al cliente. Este proyecto se centra en la aplicación de la inteligencia artificial para abordar la relación entre las empresas y sus clientes: la detección del estado de ánimo de las personas durante sus interacciones con empresas.

La interacción con el servicio al cliente es un punto crítico en la experiencia de un cliente, y su satisfacción y lealtad a menudo dependen de la calidad de estas interacciones. Sin embargo, tradicionalmente, medir y comprender el estado emocional de los clientes ha sido un desafío difícil de abordar de manera sistemática y en tiempo real.

Este proyecto aborda esta cuestión al aprovechar las capacidades de la inteligencia artificial, específicamente la detección automatizada para evaluar el estado emocional de los clientes durante sus interacciones con empresas. Al analizar las emociones reflejadas en las expresiones faciales de la persona, esta IA puede determinar si un cliente se encuentra satisfecho, insatisfecho o neutral en tiempo real. Esta información puede identificar áreas de mejora y personalizar sus interacciones con los clientes para satisfacer sus necesidades emocionales específicas.

Este proyecto ofrece a las empresas una herramienta poderosa para medir y mejorar la calidad de su servicio al cliente, lo que a su vez puede conducir a una mayor satisfacción del cliente y una retención más sólida. Además, al comprender mejor el estado emocional de los clientes, las empresas pueden adaptar sus estrategias y políticas para ofrecer un servicio más personalizado y efectivo.

Objetivos generales

1. Integrar un modelo de inteligencia artificial que pueda analizar datos relevantes, enfocados principalmente en indicadores para determinar el estado de ánimo de las personas.
2. Desarrollar una aplicación web que sea accesible para cualquier persona natural o empresa que busque medir la satisfacción de sus clientes.
3. Desarrollar métricas y sistemas de calificación basados en el estado de ánimo detectado para evaluar el rendimiento del servicio al cliente de las empresas.

Objetivos específicos

1. Seleccionar y configurar las arquitecturas de modelos de inteligencia artificial adecuadas para la detección del estado de ánimo.
2. Entrenar el modelo utilizando técnicas de aprendizaje supervisado o no supervisado para optimizar los hiperparámetros del modelo y así maximizar su capacidad de detectar el estado de ánimo con precisión.
3. Implementar un sistema accesible y eficiente que sea capaz de detectar el estado de ánimo de las personas en tiempo real
4. Diseñar un sistema de calificación que utilice la información de estado de ánimo para evaluar el servicio al cliente.

DESARROLLO DEL TEMA

Terminología

Estado de ánimo:

Cuando se habla del estado de ánimo, se refiere al humor que tiene una persona frente a diferentes situaciones, ya que, es un conjunto de sentimientos que buscan mantener el equilibrio a mediano plazo, acto que puede facilitar o dificultar la marcha de diferentes comportamientos. Existen varios factores que pueden afectar el estado de ánimo una persona, ya sea el entorno, circunstancias personales, acontecimientos en la vida, sin embargo, cabe destacar que el estado de ánimo depende fundamentalmente de la intensidad y cantidad de situaciones agradables y desagradables a la que se ve expuesta día a día una persona. De este modo, una persona que está expuesta a una gran cantidad de situaciones agradables y menos situaciones desagradables va a tener un buen estado de ánimo, por otro lado, si esta tiene más situaciones desagradables que agradables su estado de ánimo tendera a empeorar, por tal motivo, la frecuencia es importante, ya que una situación desagradable o agradable en realidad solo afecta al estado de ánimo a corto plazo, sin embargo, si estas son repetibles a lo largo de los días, esta puede afectar a mediano y a largo plazo.

¿Por qué es tan importante?

La importancia del estado de ánimo radica en que los humanos son seres sociables y, por tanto, el estado de ánimo aflora al mundo externo a través y de una comunicación no verbal. En sí, esta permite determinar y comprender si una persona se siente bien o mal de forma prolongada de tiempo. En sí, para mantener un estado de ánimo alto es recomendable exponerse a más situaciones agradables en la vida, desde actividades que van desde el ocio hasta el contacto

social. De esta manera la persona podrá ver como su vida mejora considerablemente además de su productividad.

Análisis de Sentimientos

El análisis de sentimiento o sentiment analysis consiste en la evaluación de las actitudes, opiniones y emociones de las personas. Generalmente, las empresas y diversas organizaciones la usan para poder entender y comprender la forma en la que sus clientes reaccionan frente a un respectivo servicio o producto.

¿Cómo funciona?

Usualmente, si los clientes no están satisfechos con el servicio, estos lo expresan mediante comentarios que son registrados en una encuesta de satisfacción del cliente, estas encuestas poseen diferentes tipos de preguntas, ya sean cortas, o de opción múltiple, de Net Promoter Score., sin embargo, la mayoría de investigadores prefieren usar las preguntas abiertas, ya que, en estas los consumidores puede proporcionar varios detalles frente al producto o servicio proporcionado.

Esta herramienta es muy útil ya que no solo permite responder varias preguntas sobre el gusto de los clientes, sino que, también permite enfocarse en los diferentes segmentos de mercado y crear productos o servicios que los atraigan, de igual manera, también permite que la empresa sea capaz de analizar la eficiencia del departamento de servicio o atención al cliente. Por otro lado, también se puede hacer uso de las encuestas a empleados para determinar el estado de ánimo de sus trabajadores, esto con el objetivo de mantener un ambiente laboral saludable y productivo.

Satisfacción del cliente:

La satisfacción del cliente vendría a representar el grado de cumplimiento de las expectativas del cliente frente a un servicio o producto. Este grado se puede calcular como la diferencia entre las expectativas que se tenían antes de recibir el producto y su valor percibido.

Cabe destacar que el valor percibido es netamente subjetivo, por tanto, es importante para la empresa tener un sistema que sea capaz de proyectar y colocar en valor sus diferentes productos y servicios.

Entre los principales beneficios de usar la satisfacción del cliente se encuentran:

Evita la pérdida de clientes: Gracias a su seguimiento permite la mejora continua al servicio y satisfacción al cliente

Indica la intención de compra: Con el grado de satisfacción se puede intuir la experiencia de compra

Genera referencias positivas: Los consumidores satisfechos recomendarán la marca a sus amigos, familia, etc.

Mejora la reputación de la marca: Al ser consciente del servicio ofrecido, la marca siempre mostrará una imagen buena y de calidad hacia el público.

Inteligencia Artificial:

La Inteligencia Artificial es una simulación de la inteligencia humana por parte de las computadoras, esta permite desarrollar algoritmos y modelos avanzados para desarrollar distintas tareas.

Existen dos tipos de inteligencia artificial, la IA débil y la IA fuerte.

Inteligencia débil o también conocida como Inteligencia Artificial estrecha (ANI), es una inteligencia artificial enfocada y entrenada a tareas específicas. Esta IA es la más usada y se la

puede encontrar actualmente en algunas aplicaciones como Alexa de Amazon, Siri de apple, vehículos autónomos, etc.

La Inteligencia artificial robusta o también conocida como Inteligencia artificial general (IAG) es una forma teórica de a la IA ya que básicamente esta consiste en una máquina que sea capaz de tener una inteligencia igual a la de un humano, autoconsciente y con capacidad de resolver problemas. Por otro lado, tenemos a la superinteligencia artificial (SIA), la cual igual de forma teórica, sería capaz de superar la inteligencia y capacidad del cerebro humano.

Machine learning y Deep Learning:

El Machine learning y el Deep learning son subcampos de la inteligencia artificial, pero se considera que el Deep learning en realidad es un subcampo del machine learning. La diferencia entre ambos se encuentra en su forma de como aprende cada algoritmo.

En el caso del Deep Learning se automatiza gran parte de la fase de extracción de características del proceso, gracias a esto, la intervención humana es nula y permite usar conjunto de datos grandes, por este motivo se dice que es escalable.

En el caso del Non-deep machine learning, si se requiere la intervención humana para aprender, puesto que así determinan la jerarquía de características que permiten comprender las diferencias entre todas las entradas de datos. Ahora el deep machine learning, por otro lado, puede utilizar conjuntos de datos etiquetados, al igual que puede ingerir datos no estructurados en su estado original como las imágenes, y así determinar la jerarquía de características de forma automática

Deep Learning:

Los algoritmos de deep learning se caracterizan por realizar repeticiones de una tarea que ayudan a mejorar gradualmente el resultado por medio de las “deep layers”, permitiendo que

la maquina tenga un aprendizaje progresivo, por lo que estas se encuentran basadas en redes neuronales

Actualmente el deep learning es usado en varios aspectos cotidianos, sin embargo, hay 4 aplicaciones que destacan sobre el resto:

Reconocimiento del habla: Es el más usado por las empresas y se lo puede encontrar en empresas como Apple, con Siri, Google con Alexa y entre otros. Su tecnología de aprendizaje le ha permitido reconocer el habla de las personas al igual que los patrones en la voz humana.

Reconocimiento de imágenes: Usado por investigadores policiacos para la detección de actividades ilícitas, en el campo de la medicina se lo usa para detectar emociones, tumores, etc.

Procesamiento del lenguaje natural: Usa las redes neuronales para procesar y analizar textos para poder descubrir patrones en las recetas médicas, queja de clientes, reportes informativos, etc.

Sistemas de recomendación: El deep learning permite mejorar las recomendaciones dentro de entornos complejos respecto a los intereses de las personas, esto se puede ver en páginas como Amazon, Netflix, Youtube, etc.

Redes Neuronales convoluciones (CNN):

Las redes neuronales, también conocidas como redes neuronales simuladas (SNN) o redes neuronales artificiales (ANN) constituyen la base de los algoritmos del deep learning. Como su nombre lo dice, estas imitan la forma en que las neuronas biológicas se comunican entre sí.

Estas redes se encuentran formadas por capas de nodos, las cuales contienen una capa de entrada y una de salida, y varias capas ocultas. Al ser una red, cada nodo se conecta a otro, por lo que poseen un umbral y peso asociados.

Estas redes se basan en el entrenamiento de datos, permitiendo así que la maquina aprenda y mejore su precisión con el tiempo.

Las redes convolucionales vendrían a ser el núcleo de los algoritmos del Deep learning, puesto que estas están compuestas por capas de nodos, que poseen una capa de entrada, una de salida, y varias capas ocultas. En este caso, cada nodo está conectado a otro nodo, por lo que tienen un umbral y peso asociados, de modo que, si la salida de un nodo se encuentra por encima del valor del umbral establecido, aquel nodo envía los datos a la siguiente capa, caso contrario no pasa ningún dato a la siguiente capa de la red. Generalmente las redes neuronales son usadas para el reconocimiento de voz y procesamiento de lenguaje natural (NLP), mientras que, las redes neuronales convolucionales se usan para la clasificación y la computer vision.

Estas redes se componen en tres tipos principales de capas:

Capa Convolutiva: Este vendría a ser el bloque principal de la CNN, ya que es aquí donde se realizan la mayoría de cálculos. Esta requiere de la entrada, filtro y el mapa de características. Dentro de esta capa también se encuentran los kernels o filtros, los cuales son pequeñas matrices 2D que se encargan de detectar características, como los bordes, patrones en la imagen, etc. De este modo, el filtro se desliza por el área de la imagen y calcula el producto escalar entre el filtro u los pixeles de entrada. Este producto es introducido en una matriz de salida, y a continuación, el filtro se desplaza un poco y repite el proceso hasta que el kernel haya recorrido toda la imagen. El resultado es conocido como mapa de características o característica convulsionada. Después de este proceso, se aplica el ReLU (Rectifier Linear Unit) al mapa de características, la cual introduce no linealidad en el modelo. Esto significa que todos los valores negativos se establecen en 0, mientras se conservan los positivos. Cabe destacar que en una capa se aplican varios filtros en paralelo para la captura de características, permitiendo que la red sea capaz de aprender varias características en una sola capa

Capa de agrupación: También conocida como submuestreo, reduce el tamaño espacial de los mapas de características formados en las capas convolucionales. En esta capa se realiza la operación de agrupación, la cual toma el valor máximo o promedio de un grupo de valores en una región local de la imagen de entrada., esto lo hace en diferentes regiones de la imagen, reduciendo así su tamaño., Actualmente existen dos tipos de agrupación:

La Agrupación máxima: La cual a medida que el filtro recorre la entrada, esta selecciona el pixel que contenga el valor más alto para enviarlo a la matriz de salida. Este se usa para preservar las características clave

La agrupación media: A medida que el filtro recorre la entrada, se calcula el valor promedio dentro del campo para enviarlo a la matriz de salida. Este se usa para reducir el ruido de los mapas de características

Dentro de esta capa se pierde mucha información, sin embargo, esta ayuda a reducir la complejidad, además de mejorar la eficiencia y limitar el riesgo de sobreajuste.

Capa totalmente conectada: También conocida como capa densa, se encarga de la realizar la regresión final en función de las características obtenidas en las capas convolucionales y de agrupación. Para empezar, antes de que esta capa comience con su función, cada uno de los mapas de características se aplanan en un vector unidimensional formando así un único vector por cada mapa. Estos vectores se conectan completamente a una capa de neuronas densamente interconectadas, donde cada neurona de la capa se conecta a cada elemento del vector resultante, y a continuación, se aplica la activación ReLu para introducir la no linealidad a la red, produciendo así la salida final de la red. Generalmente, esta capa usa la función de activación softmax para convertir las salidas en probabilidades de cada clase.

Páginas web:

Una página web es un conjunto de información que se encuentra dentro de una dirección específica de Internet, mientras que un Sitio web es el conjunto de varias páginas web dentro de un mismo dominio. Actualmente, existen varios tipos de páginas web como las institucionales, noticias, blogs, ecommerce, foros, etc.

Estas páginas se encuentran desarrolladas por diferentes lenguajes de marca como HTML, los cuales pueden ser interpretados por los distintos navegadores, de esta forma se pueden presentar fotos, videos, información, etc.

REST API y REST

REST API es una interfaz de programación de aplicaciones (API web) que se ajusta a la arquitectura REST, permitiendo así la interacción con los servicios web de RESTful. Cabe destacar que REST fue creada por el informático Roy Fielding.

API es un conjunto de protocolos y definiciones usados para el diseño e integración de software de las aplicaciones, viéndolo de otra forma, es el contrato entre un proveedor de información y el usuario.

REST (Transferencia de Estado representacional) es un conjunto de límites de arquitectura, una interfaz que permite conectar varios sistemas basados en el protocolo HTTP, donde los desarrolladores de API pueden implementarlo de diferentes maneras.

Cuando se realiza una solicitud por medio de la API de RESTful, esta transfiere una representación del estado del recurso requerido a quien lo haya solicitado. Esta información se entrega mediante HTTP en cualquiera de estos formatos: JSON, XML, Python, PHP, HTML, etc. Cabe recalcar que el mas usado es JSON, puesto que, es el formato más ligero y legible.

Debido a que REST se apoya en HTTP, este usa los mismos verbos:

POST: Se utiliza para crear nuevos recursos

PUT: Se utiliza para actualizar un recurso existente

GET: Se utiliza para recuperar datos de un recurso

DELETE: Se utiliza para eliminar un recurso en específico

PATCH: Se utiliza para actualizar un recurso existente, pero en lugar de reemplazarlo como el GET, solo actualiza partes específicas

OPTIONS: Se utiliza para obtener información de los métodos y opciones admitidos por un recurso en un servidor

Framework

Un Framework es un marco de trabajo que ofrece una estructura base para la elaboración de un proyecto con objetivos específicos, como si se tratase de una plantilla. Estos son principalmente usados por desarrolladores para la creación de sistemas de software o aplicaciones

Entre las principales ventajas de usar frameworks se encuentran:

Abstracción: Los frameworks permiten ocultar la complejidad de una tarea o proceso, permitiendo a los desarrolladores centrarse en una lógica específica.

Reutilización: Los componentes y módulos del framework permiten la reutilización de código.

Eficiencia: Generalmente los frameworks están en constante optimización.

Consistencia: Los frameworks permiten mantener una estructura y estilo coherente en el proyecto

En sí, los frameworks pueden ser utilizados en una infinidad de contextos, como en el desarrollo web, desarrollo de aplicaciones móviles, desarrollo de videojuegos, etc.

Flask

Actualmente, existen varias opciones para el diseño de páginas web, ya que hay diversos lenguajes de programación, cada uno de los cuales cuenta con su respectivo framework para el desarrollo de aplicaciones web, como, por ejemplo: Django para Python, Laravel para PHP, Express.js para Node.js, entre otros.

Flask es un micro Framework escrito en Python que facilita el desarrollo de aplicaciones web bajo el patron MVC. La razón por la cual es considerada “micro” es porque, a pesar de tener todas las herramientas necesarias para el desarrollo de aplicaciones web, requiere de extensiones o plugins para realizar algunas funcionalidades en específico, sin embargo, esto no representa ningún problema, puesto que su lista de plugins es extensa y fácil de instalar.

Ventajas de usar Flask:

- Flask al ser un “micro” framework, permite desarrollar apps webs de manera agila, rápida y eficiente.
- Su curva de aprendizaje no es tan elevada, por tanto, es mucho mas amigable que otros frameworks como Django.
- Incluye un servidor web de desarrollo.
- Tiene depurador y soporte integrado.
- Es compatible con Python 3 y el protocolo Wsig.
- Soporta de forma nativa el uso de cookies.
- Sirve para la construcción de servicios web como API REST.
- Es Open Source.

Usos del Detector de estado de ánimo.

La tecnología de reconocimiento de emociones permite que los programas sean capaces de inspeccionar y procesar las expresiones faciales de una persona. Este software aprovecha el procesamiento de las imágenes y actúa como un cerebro humano para la detección de emociones.

Para empezar, existen varios casos de uso para el reconocimiento de emociones, en los cuales se encuentran los siguientes:

Vehículos autónomos: En la actualidad con los avances tecnológicos, los autos poseen diferentes micrófonos y cámaras las cuales permiten monitorear y analizar en tiempo real las condiciones de sus pasajeros y personas externas. Generalmente, se usa el detector de emociones para poder advertir al conductor si es que se encuentra en un estado somnoliento, con rabia, etc.

Diagnostico medico: En la actualidad se usa el reconocimiento emocional para detectar micro expresiones que permitirían identificar síntomas de depresión y demencia.

Asistentes virtuales: Actualmente grandes empresas como Apple se encuentran trabajando en mejorar a su asistente virtual “Siri” con el fin de que sea capaz de comunicarse con sus usuarios conforme a como estos se sientan, mejorando así su servicio.

Educación personalizada: Con la pandemia, empezaron a aparecer prototipos dedicados a la educación de niños, programas que sean capaces de responder a sus emociones para poder mejorar su experiencia de aprendizaje.

Comercio inteligente: Las empresas pueden usar el detector de emociones para poder medir la reacción y el estado de animo de los compradores y así recopilar información demográfica.

Anteriormente el reconocimiento de emociones se llevaba a cabo con algoritmos como Maxum Entropy, Support Vector Machine (SVM) y Naive Bayes, sin embargo, actualmente solo se

usan las redes neuronales convoluciones (CNN), debido a la facilidad que tienen de detectar patrones en las imágenes, reduciéndolas a 48 x 48 píxeles y ejecutándolas a través de dos capas de agrupación convolucional.

Este reconocimiento se basa en el estudio de un psicólogo llamado Paul Ekman, quien, por medio de un estudio sobre el comportamiento no verbal, fue capaz de determinar que existen seis emociones básicas, las cuales son: Felicidad, Tristeza, miedo, sorpresa, disgusto y ira., aunque algunos investigadores también optan por añadir una nueva emoción conocida como neutra, la cual vendría a ser la tan conocida “Poker face”

En la actualidad, existen varias empresas se encuentran usando tecnología que permite la detección de emociones humanas con el fin de mejorar el servicio al cliente, esto implica en decidir a que candidatos entrevistar y optimizar el impacto emocional causado por la publicidad. Este fenómeno empezó en el 2019, donde la industria de tecnología de detección de emociones tenía una valoración de 21.600 millones de dólares, sin embargo, se especula que su valor llegue a 56 mil millones de dólares para el 2024.

Sin embargo, a pesar de tener bastante potencial existen varias dudas respecto a este tema, de modo que también se busca aplicar leyes que restrinja o limite su uso, ya que varias investigaciones hechas por la Universidad de Nueva York indicarían que este campo solo construye cimientos marcadamente inestables, puesto que los seres humanos pueden tener actitudes volátiles, creando así una paradoja, donde esta puede funcionar muy bien o puede funcionar mal.

Actualmente, en Latinoamérica no existe como tal una empresa grande que use este tipo de tecnología, puesto que este fenómeno es relativamente nuevo, sin embargo, dado a los eventos de la pandemia, existen varios papers dedicados a la implementación de detectores de

emociones para estudiantes en sus clases virtuales, esto con el objetivo de velar por su salud mental y saber si están realmente presentes en sus clases.

Proyectos similares

Un proyecto similar y relevante en el ámbito de la detección de emociones es la "Aplicación web para el análisis de emociones y atención de estudiantes", desarrollado por un grupo de estudiantes del Instituto Tecnológico Metropolitano en Colombia. Este proyecto se centra en la creación de una plataforma web que utiliza técnicas de análisis de emociones para evaluar la atención y el estado emocional de los estudiantes durante sesiones de aprendizaje.

La aplicación web integra tecnologías similares, como la visión por computadora y el procesamiento de imágenes, para capturar y analizar las expresiones faciales de los estudiantes. Además, es posible que utilice algoritmos de aprendizaje automático para interpretar y clasificar las emociones detectadas. Este enfoque proporciona una herramienta valiosa para evaluar el compromiso y la respuesta emocional de los estudiantes durante el proceso educativo, además de también detectar si el estudiante se encuentra presente o no durante las clases virtuales.

Detector de estado de animo

Inicialmente, se empezó con la investigación del tema, en este caso, dado a que la detección del estado de ánimo de las personas no es un tema nuevo hoy en día, se decidió buscar un modelo pre entrenado para evitar la programación del modelo de machine learning desde cero, además de optar el uso de un dataset que ya se encuentra establecido. Para esto se optó el uso de la plataforma Kraggle.

Dataset

El dataset utilizado en este proyecto se llama “Face expression recognition” y sus principales características es que contiene dos diferentes carpetas, una dedicada al entrenamiento, mientras que la otra se encuentra dedicada a la prueba. Cada carpeta contiene 7 diferentes carpetas, una por cada emoción principal y que a su vez contienen miles de imágenes de la emoción. El dataset contiene 35.887 archivos.

Cada imagen del dataset se encuentra en blanco y negro, sus dimensiones son de 48x48 píxeles y solo enfocan la expresión de la persona.

A continuación, se presenta un ejemplo:



Figura 1. Imagen característica del dataset

Implementación del modelo.

El modelo de machine learning que utilizamos para la detección de emociones se fundamenta en una implementación desarrollada por Vivek Kumar, accesible a través de su repositorio en GitHub. Este modelo se construyó con la biblioteca Keras sobre el framework TensorFlow y sigue una arquitectura de red neuronal convolucional (CNN) diseñada específicamente para procesar imágenes en escala de grises de 48x48 píxeles.

Durante el proceso de adaptación y mejora de este modelo, se realizaron ajustes significativos en la implementación original de Kumar para optimizar su rendimiento en nuestro contexto particular. Una de las modificaciones fue la introducción de la normalización por lotes (Batch Normalization) después de las capas convolucionales. Esta técnica se empleó con el propósito de acelerar el entrenamiento y mejorar la estabilidad del modelo al normalizar las activaciones en cada lote de datos.

Adicionalmente, implementamos la técnica de aumento de datos (Data Augmentation) utilizando la clase `ImageDataGenerator` de Keras. Esta estrategia consiste en generar variaciones en las imágenes de entrada, lo que enriquece el conjunto de datos y fortalece la capacidad del modelo para generalizar a diversas situaciones y expresiones faciales. También se incorporaron capas adicionales de Dropout después de las capas de agrupación máxima y la última capa totalmente conectada para mitigar el sobreajuste.

Después del entrenamiento, guardamos la arquitectura del modelo en formato JSON, mientras que los pesos se almacenaron en un archivo HDF5, para poder utilizarlos.

Es imperativo expresar nuestro reconocimiento y agradecimiento a Vivek Kumar por su valiosa contribución con el modelo. Su trabajo sirvió como una base esencial para nuestro proyecto de detección de emociones, y las mejoras realizadas respetaron y enriquecieron significativamente esa base.

A continuación, se presenta la arquitectura del modelo utilizado:

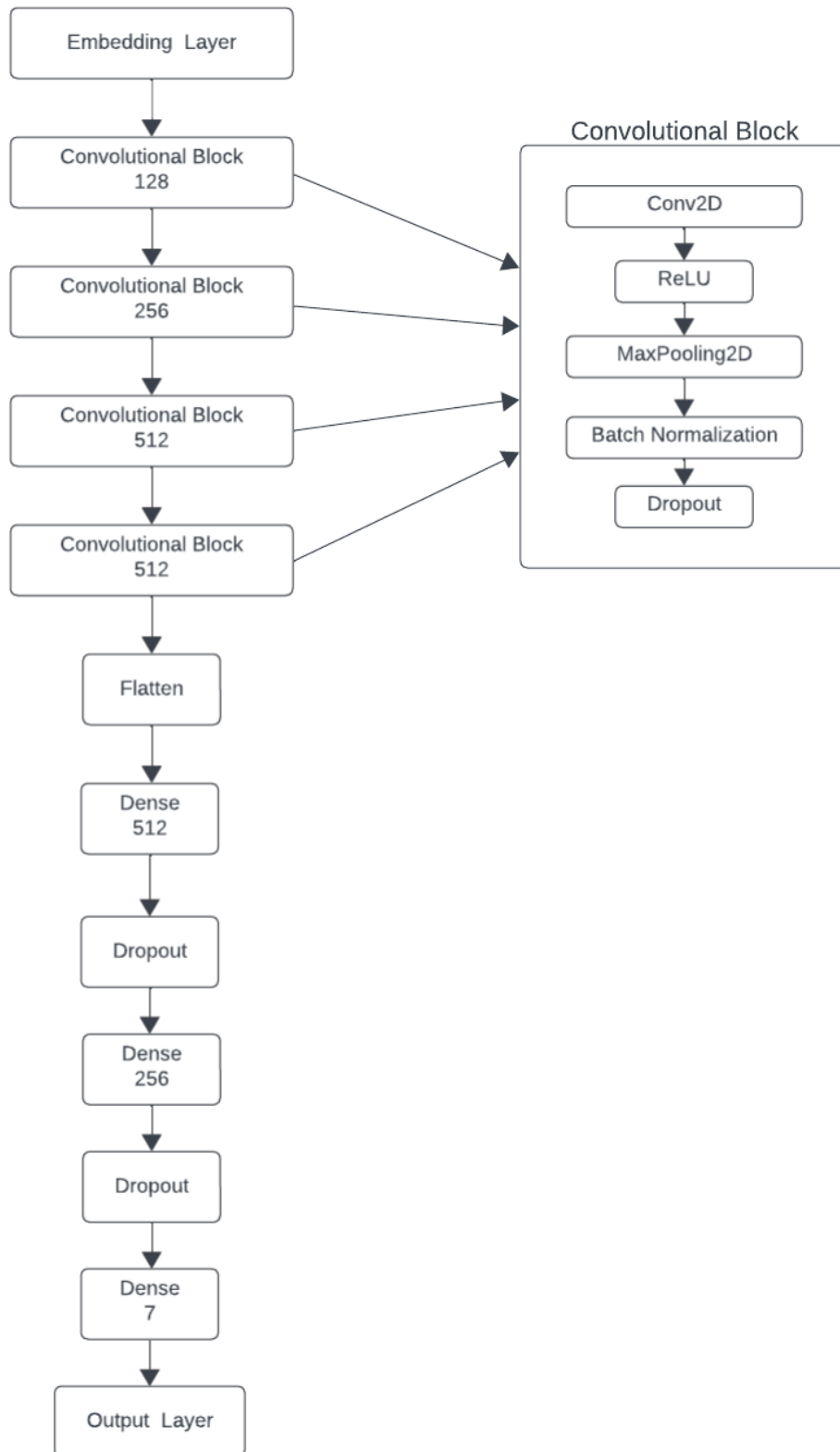


Figura 2. Arquitectura del modelo CNN

Pruebas Iniciales:

Para realizar las pruebas iniciales del modelo, se emplearon las bibliotecas Keras y Matplotlib.

El objetivo de estas pruebas es evaluar la capacidad del modelo de detección de emociones en imágenes específicas, para esto, usamos como fuente las imágenes de prueba del dataset.

Para empezar con las pruebas, se cargó la arquitectura de modelo desde el archivo JSON y los pesos almacenados. De esta manera, definimos una función llamada “extract_features” para preprocesar las imágenes y convertirlas en las características adecuadas para el modelo.

A continuación, se muestran algunas pruebas realizadas:



Figura 3. Prueba con Imagen de Felicidad



Figura 4. Prueba con Imagen de Ira

Es importante destacar que, si bien el modelo ha demostrado una capacidad prometedora para detectar emociones en las imágenes de prueba, existen ciertas limitaciones en su precisión. Las

predicciones pueden verse influenciadas por varios factores, como la variabilidad en las expresiones faciales, condiciones de iluminación y otros elementos ambientales.

A continuación, se muestran ejemplos donde la predicción no ha sido precisa:



Figura 5. Prueba con Imagen propia de Felicidad



Figura 6. Prueba con Imagen propia de Tristeza

Para evaluar la capacidad del modelo en un entorno dinámico, se incorporó un detector de emociones en tiempo real mediante OpenCV. Este componente, integrado con la cámara, captura video en vivo y aplica el modelo de detección de emociones a cada cuadro. Las caras detectadas son resaltadas con rectángulos, y sobre ellas se superponen etiquetas que representan las emociones predichas. Este enfoque proporciona una representación práctica de cómo el modelo se desempeña en situaciones dinámicas, donde las expresiones faciales pueden cambiar rápidamente.

A continuación, se presentan imágenes de su respectivo funcionamiento:

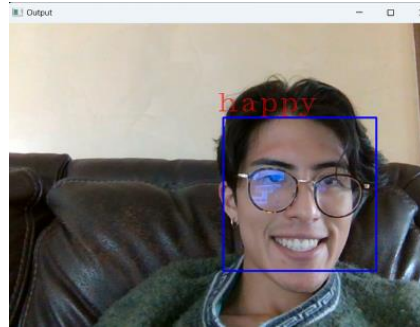


Figura 7. Prueba de estado Felicidad con cámara

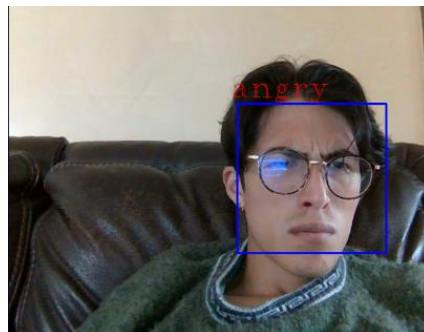


Figura 8. Prueba de estado Ira con cámara

Durante el proceso de mejora del modelo de detección de emociones, se realizaron ajustes para aumentar el accuracy del mismo. Inicialmente, la red neuronal pre-entrenada mostraba un nivel de accuracy del 62%, y mediante modificaciones a las capas convolucionales se logró incrementar este valor hasta un máximo del 81%. Este aumento en la precisión inicialmente puede interpretarse como una mejora positiva en la capacidad del modelo para reconocer patrones en las imágenes de entrenamiento.

Sin embargo, se observó un fenómeno interesante al alcanzar niveles de accuracy más altos. A medida que el modelo se volvía más exacto, su capacidad para detectar emociones en tiempo real utilizando la cámara se veía comprometida. Esto se debía, en parte, a la especialización excesiva del modelo en las características específicas de las imágenes de entrenamiento, lo que dificultaba la generalización a nuevas situaciones y expresiones faciales, perdiendo la capacidad de adaptarse a variaciones sutiles y expresiones en tiempo real.

Dadas las dificultades mencionadas anteriormente, se tomó la decisión de usar el modelo entrenado con las mejoras implementadas, obteniendo así un nivel de accuracy del 65%. Ya que, de esta manera evitamos el sobre-entrenamiento de la misma y el comprometer la capacidad del modelo para realizar detecciones en tiempo real.

A continuación, se presenta una gráfica del aprendizaje:

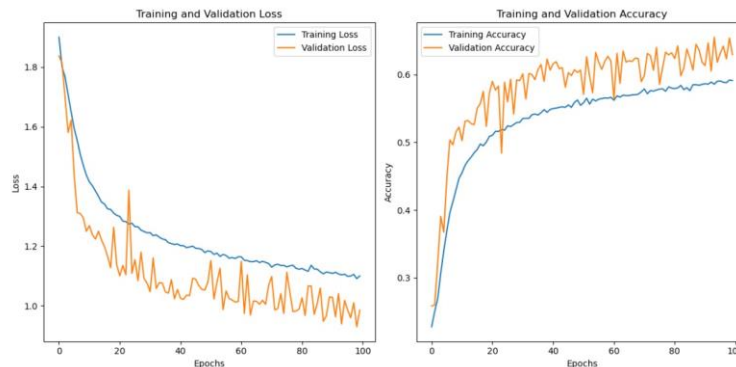


Figura 9. Grafica de Training and Validation Loss del modelo

Implementación del aplicativo web

Creación e implementación del framework

Dada la certeza en las capacidades de nuestro modelo previamente entrenado, se inició la fase de implementación de un framework utilizando Flask para convertir nuestro modelo de Red Neuronal Convolutiva (CNN) en una REST API accesible desde una página web. La elección de Flask en lugar de Django se basó en su menor curva de aprendizaje y en su capacidad para adaptarse e instalar solo las funcionalidades necesarias, cual resulta esencial al construir la aplicación web junto con el modelo de machine learning.

La implementación y desarrollo de la página web que integra nuestro modelo entrenado se llevó a cabo siguiendo la arquitectura de programación MVC (Model View Controller). Este enfoque proporciona una estructura organizativa clara, separando la lógica de la aplicación en

los tres componentes principales., Ofreciendo una experiencia de usuario fluida y asegurando la fácil integración de futuras mejoras o expansiones en la funcionalidad de la aplicación.

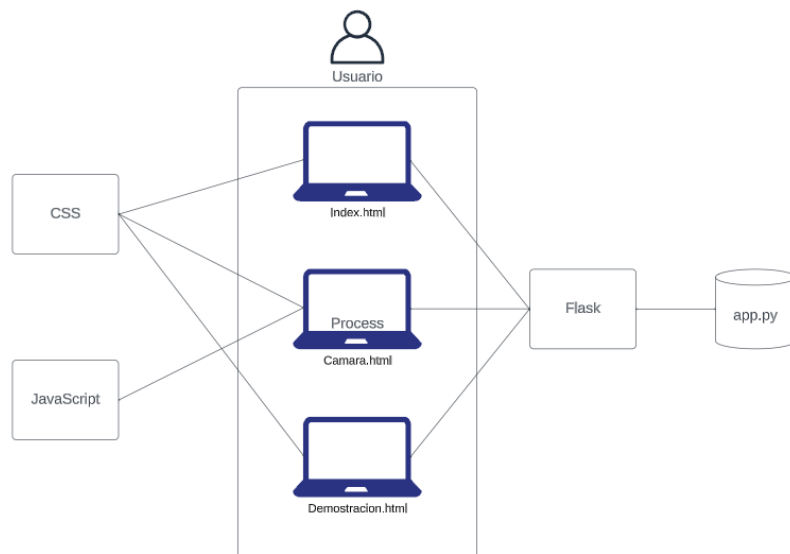


Figura 10. Representación de la aplicación web basado en el patrón MVC

Con la base de Flask establecida, se procedió a la implementación de la REST API que permitiría la interacción entre la aplicación web y el modelo de detección de emociones. Para esto, primero cargamos los resultados obtenidos durante el entrenamiento y después se definieron endpoints específicos para las diferentes funciones de la aplicación, tales como la evaluación de estado de ánimo, habilitar o deshabilitar la escritura de resultados en un archivo, entre otros. Cada endpoint corresponde una función en específica de la aplicación, permitiendo una interacción precisa con el modelo y la obtención de resultados esperados.

A continuación, se presentan todos los endpoints implementados junto a los verbos HTTP usados:

Endpoint de Habilitar Escritura en Archivo:

Ruta: /enable_write_to_file

Verbo HTTP: POST

Descripción: Este endpoint es accesible mediante una solicitud POST y activa la funcionalidad de escritura en archivo. La función `enable_write_to_file` se invoca, estableciendo la variable global `write_to_file_enabled` en `True`. Esto permite que los resultados de las evaluaciones se escriban en un archivo.

Endpoint de Deshabilitar Escritura en Archivo:

Ruta: `/disable_write_to_file`

Verbo HTTP: POST

Descripción: Similar al endpoint anterior, este es accesible mediante una solicitud POST y desactiva la funcionalidad de escritura en archivo. La función `disable_write_to_file` se invoca, estableciendo la variable global `write_to_file_enabled` en `False`.

Endpoint de Evaluación de Estado de Ánimo (Video Feed):

Ruta: `/video_feed`

Verbo HTTP: GET

Descripción: Este endpoint es utilizado para obtener un flujo continuo de video en tiempo real desde la cámara. La función `generate_frames` se utiliza para procesar los cuadros de video y generar una respuesta `multipart/x-mixed-replace` que se transmite al cliente.

Endpoint de Evaluación de Estado de Ánimo desde Imagen:

Ruta: `/`

Verbo HTTP: POST

Descripción: Este endpoint maneja las solicitudes POST para la evaluación de estado de ánimo a partir de una imagen proporcionada por el usuario. La función `predict_emotion` procesa la imagen y devuelve el resultado de la evaluación.

Endpoint de Contar las emociones obtenidas:

Ruta: /get_emotion_counts

Verbo HTTP: GET

Descripción: Este endpoint maneja las solicitudes GET para obtener las cuentas de emociones desde el archivo de resultados. La función `get_emotion_counts` procesa la información y devuelve un objeto JSON que contiene las cuentas de cada emoción.

Endpoint para Obtener Resultados de Escala de Emociones:

Ruta: /get_results

Verbo HTTP: GET

Descripción: Este endpoint maneja las solicitudes GET para obtener los resultados de la escala de emociones y las cuentas de emociones desde el archivo de resultados. La función `get_results` procesa la información y la devuelve en un texto hacia el usuario

Cálculo de la satisfacción del cliente

Para calcular la satisfacción del cliente, se optó por guardar los sentimientos capturados por la cámara en un fichero, de esta forma, se creó una función que nos ayuda a contabilizar cada una de estas emociones, para posteriormente ser usados por otra función que permite definir el sistema de calificación. En este caso, dado a que es un valor subjetivo, se decidió usar las calificaciones por letras, de modo que, al solamente tener 7 diferentes emociones se ha colocado la calificación de la siguiente manera:

El resultado será “A” si la mayoría de emociones son de felicidad o sorpresa

El resultado será “B” si la mayoría de emociones son neutrales

El resultado será “C” si la mayoría de emociones son de tristeza

El resultado será “D” si la mayoría de emociones son de miedo o disgusto

El resultado será “F” si la mayoría de emociones son de enojo, dado a que este es el peor de los casos.

De esta forma, el usuario podrá observar el resultado por medio de un sistema de calificación universal y reconocer si el servicio brindado ha sido el adecuado.

Creación de la página web.

Mientras se realizaba la implementación del framework, adicionalmente se inició con el diseño de la página. Al principio, al ser un servicio que se busca ofrecer a las empresas, se pensaba en hacer una página simplista, que denote seriedad y confianza a sus usuarios. Sin embargo, antes de empezar con el diseño también se pensó en la usabilidad de la misma, por lo tanto, se especificaron y detallaron los casos de uso que esta tendría:

A continuación, se presentan los casos de uso de la página:

Casos de uso por actor

Usuario cliente:

Descripción:

El usuario cliente es la persona que utiliza la aplicación web para evaluar su estado de ánimo a través de la cámara. Puede iniciar sesión, realizar evaluaciones, ver resultados anteriores y acceder a estadísticas personales sobre su estado de ánimo.

Evaluación de estado de ánimo:

El usuario cliente, después de iniciar sesión en la aplicación web, accede a la sección de evaluación de estado de ánimo. En esta sección, el cliente realiza una nueva evaluación al

interactuar con la cámara o proporcionando imágenes. El sistema de detección de estado de ánimo procesa las imágenes y devuelve los resultados de la evaluación

Ver resultados:

El usuario cliente, después de iniciar sesión, accede a la sección de visualización de resultados. Aquí puede ver los resultados de evaluación anteriores realizadas a lo largo del tiempo. En este mismo apartado puede descargar dichos informes.

Sistema de detección de estado de ánimo:

Descripción:

Este sistema es una parte clave de la aplicación y está encargado de procesar las imágenes de la cámara para detectar el estado de ánimo de la persona. A través de una API REST, recibe imágenes y devuelve los resultados de la evaluación al usuario cliente.

Recibir imágenes de la cámara a través de la REST API:

El sistema de detección de estado de ánimo recibe imágenes de la cámara enviadas por el usuario cliente a través de la API REST. Estas imágenes se utilizan como entrada para la evaluación del estado de ánimo.

Procesar imágenes para detectar el estado de ánimo:

El sistema procesa las imágenes recibidas a través de la API REST. Utiliza algoritmos de machine learning para detectar el estado de ánimo de la persona en las imágenes.

Devolver resultados de la evaluación al usuario cliente:

Una vez que el sistema de detección de estado de ánimo ha procesado las imágenes y realizado la evaluación a través de la API REST al usuario cliente que solicitó la evaluación.

Sistema de almacenamiento de datos:

Descripción:

El sistema de almacenamiento de datos es responsable de guardar los resultados de las evaluaciones de los usuarios cliente. También proporciona datos históricos para su visualización, lo que permite a los usuarios acceder a informes sobre su estado de ánimo a lo largo del tiempo.

Almacenar resultados de las evaluaciones:

El sistema de almacenamiento de datos guarda los resultados de las evaluaciones realizadas por los usuarios clientes. Estos resultados se almacenan en una base de datos para su posterior acceso y visualización.

Proporcionar datos históricos para visualización:

El sistema de almacenamiento de datos proporciona datos históricos de evaluaciones a los usuarios clientes. Estos datos permiten a los usuarios visualizar informes y estadísticas sobre su estado de ánimo a lo largo del tiempo.

Sistema de modelos de Machine Learning:**Descripción:**

Este sistema se encarga de entrenar y mantener actualizado el modelo de machine learning que realiza la detección del estado de ánimo. Puede requerir entrenamiento constante con nuevos datos para mejorar su precisión en la detección.

Entrenar y actualizar el modelo de machine learning:

El sistema de modelos de machine learning es responsable de entrenar y actualizar el modelo que se utiliza para la detección del estado de ánimo. Esto implica la adquisición de nuevos datos y ajustes periódicos del modelo.

Diseño de la pagina

Después de una larga indagación y retro inspección del tema, se optó por buscar un diseño mucho más sofisticado para poder presentar el servicio, puesto que el objetivo del mismo es que en un futuro pueda ser vendido hacia alguna empresa, por lo que la imagen es importante. En la actualidad, el concepto de arte se va más por el lado minimalista y estético de las cosas, bajo este concepto se diseñó la siguiente página:

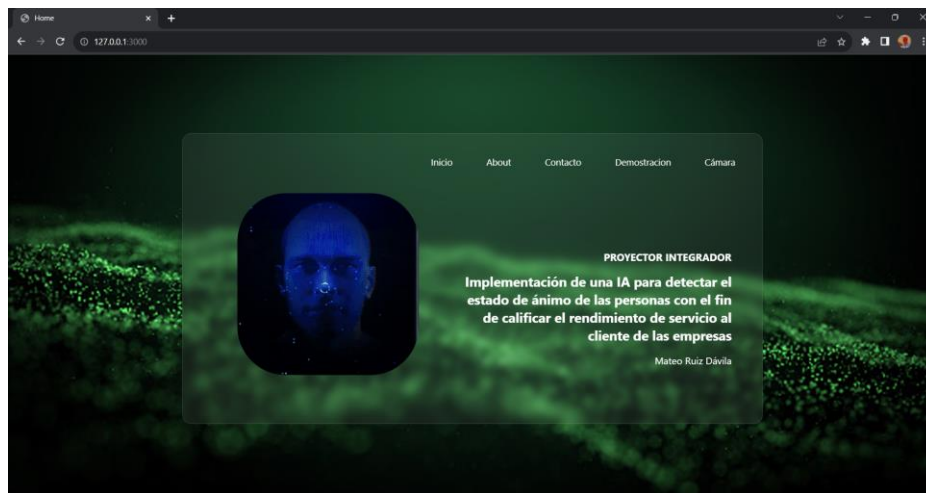


Figura 11. Implementación de la página inicial

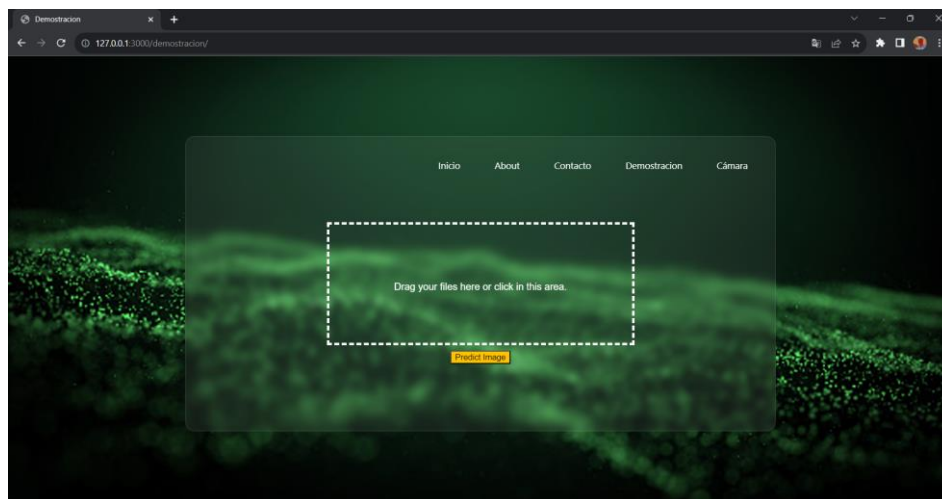


Figura 12. Implementación de la página de demostración

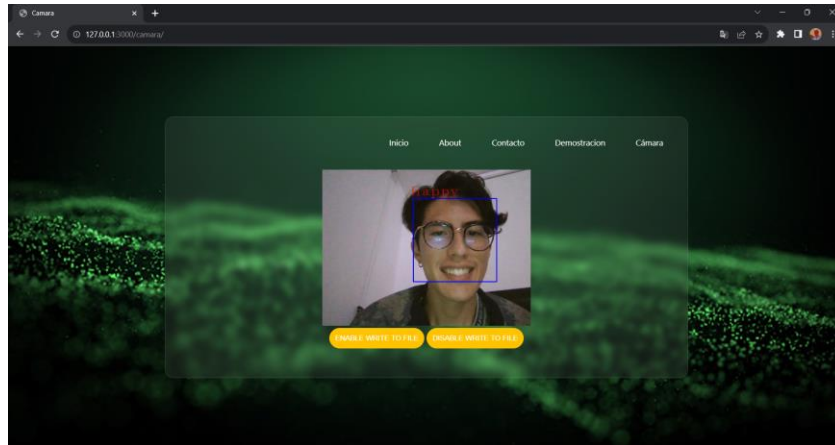


Figura 13. Implementación de la página de demostración con cámara

Flujo de interacción:

La interacción clave entre el usuario cliente y la aplicación ocurre durante la evaluación del estado de ánimo. Normalmente, esta interacción se inicia desde la aplicación web del usuario cuando decide realizar una nueva evaluación. Cuando el usuario inicia este proceso, la aplicación realiza una solicitud HTTP POST a través de la API REST, enviando las imágenes capturadas por la cámara al sistema de detección de estado de ánimo.

Esta solicitud POST se dirige a la ruta designada para la evaluación de estado de ánimo y lleva consigo un cuerpo de solicitud (Request Body) en formato application/json. En este cuerpo de solicitud se incluyen los datos necesarios para la evaluación, que consisten en las imágenes procesadas por la cámara.

Una vez que el sistema de detección de estado de ánimo recibe estas imágenes a través de la API REST, procede a procesarlas utilizando algoritmos de machine learning. Posteriormente, devuelve los resultados de la evaluación al usuario cliente a través de la misma API REST. Esta interacción fluida permite a los usuarios obtener información sobre su estado de ánimo en tiempo real, proporcionando una experiencia integral dentro de la aplicación web.

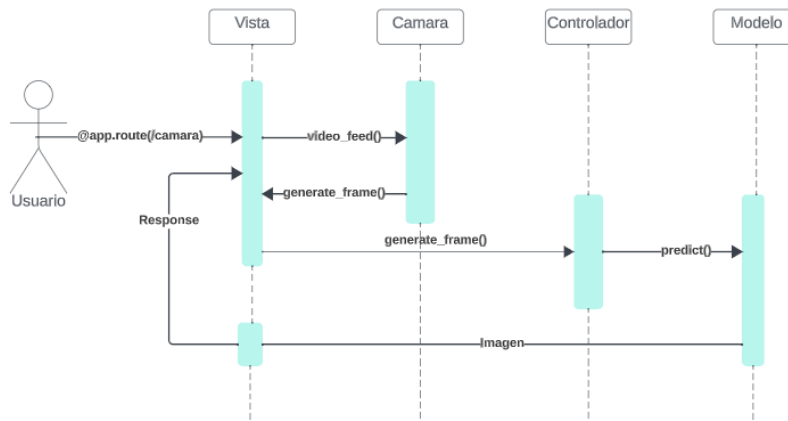


Figura 14. Diagrama de secuencia de la cámara

El diagrama de secuencia revela la dinámica intrínseca de la aplicación al capturar y procesar imágenes con la cámara. Los objetos centrales, que incluyen la Vista (representada por la página web), el Controlador (implementación en Flask) y el Modelo (red neuronal para detección de emociones), interactúan de manera coordinada para proporcionar una experiencia fluida al usuario. La secuencia se inicia con la solicitud del usuario al acceder a la vista de la cámara, desencadenando un proceso que involucra la transmisión de mensajes entre la vista, el controlador y el modelo. La demostración se procesa eficientemente, y los resultados se devuelven al controlador, que a su vez los presenta en la vista, culminando así la interacción. Este enfoque garantiza una ejecución coherente y eficaz del flujo de trabajo, ofreciendo una experiencia integral durante la demostración en tiempo real de la detección de emociones.

Resultados

Gracias al trabajo de todas las funciones y endpoints implementados, junto a la creación de la página web. El aplicativo web es capaz de lanzar resultados reales de la evaluación hacia el cliente, demostrando la efectividad del sistema para calcular la satisfacción del cliente.

A continuación, se muestran capturas sobre evaluaciones realizadas, donde se puede reflejar el funcionamiento del sistema.

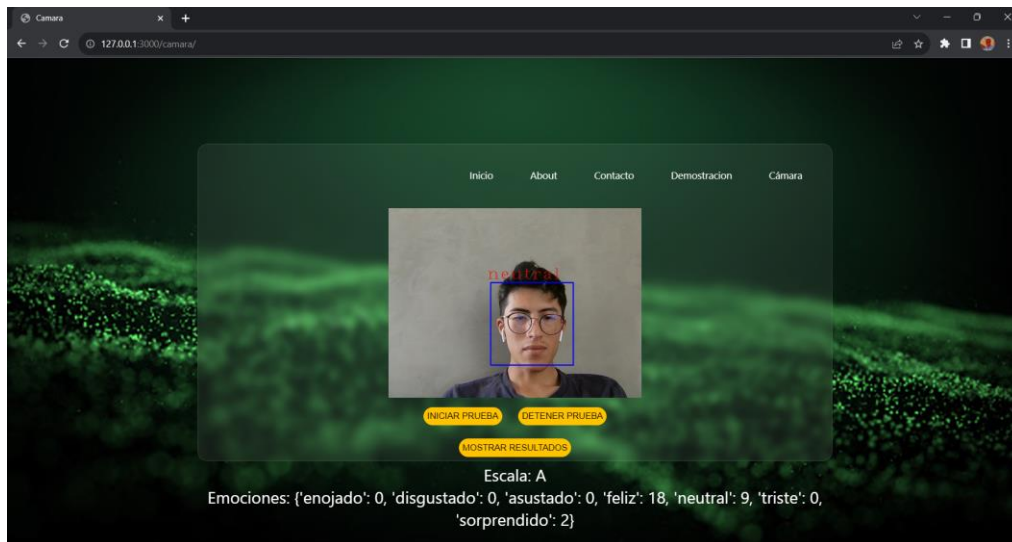


Figura 15. Resultados de la evaluación (1)

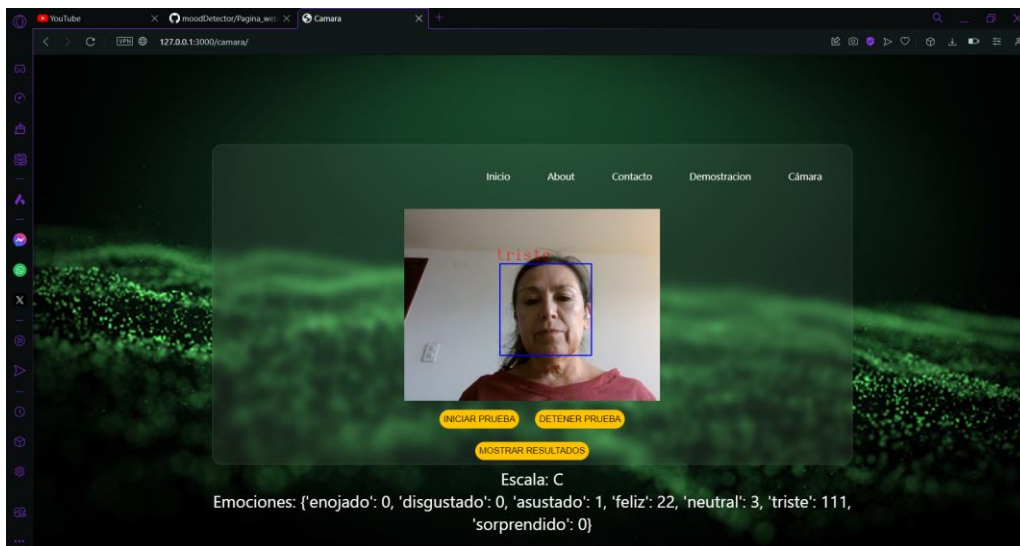


Figura 16. Resultados de la evaluación (2)

CONCLUSIONES

En base al trabajo realizado a lo largo de este periodo, podemos determinar que este es un proyecto que podría ser de mucho interés para cualquier tipo de persona natural o empresa, ya que, en la actualidad, los detectores de estado de ánimo no son más que un secreto a voces de las grandes corporaciones para medir sus métricas y el desempeño de sus productos, mientras que, para el público en general son solo vistos como una tecnología de recreación para observar las habilidades de la inteligencia artificial. Por este motivo, este proyecto se ha realizado cumpliendo con todos los objetivos propuestos, siendo una tecnología capaz de cambiar la perspectiva existente sobre la relación cliente-empresa.

En este caso, el uso de un modelo de machine learning que detecte el estado de ánimo de las personas también abre paso hacia una nueva era digital, en el cual, las empresas tendrán una conexión mucha más íntima con sus clientes y que, gracias a su accesibilidad, también fomentara a aquellas pequeñas empresas a unirse a la nueva ola digital de la inteligencia artificial. Asimismo, la introducción de un sistema de calificación mediante letras simplifica la interpretación de los resultados, permitiendo que cualquier persona en el mundo sea capaz de reconocer el nivel de satisfacción percibido y que también pueda ser llevado a diferentes campos o ambientes laborales.

No obstante, la aplicación web a pesar de ser completamente funcional y mostrar el servicio ofrecido, aún se encuentra en etapa de desarrollo, ya que aún su uso es limitado y no se ha decidido de manera clara como este podría entrar en producción.

Recomendaciones

A partir de toda la información recopilada y experiencia obtenida al desarrollar el proyecto se consideraron las siguientes recomendaciones:

1. Al empezar un proyecto de esta magnitud, es importante considerar las capacidades logísticas del proyecto, en este caso el usar un modelo CNN requiere de una computadora considerablemente fuerte, ya que el entrenamiento además de llevar al borde a la CPU/GPU, su entrenamiento también puede prolongarse por varias horas e incluso días, por este motivo también es importante escoger un dataset que sea viable y útil. Estos problemas han sido resueltos gracias a que justamente, se decidió usar un dataset que a pesar de ser “limitado” frente a otros, es muy completo. Permitiendo que el proyecto se desarrolle sin ningún tipo de complicaciones.
2. La utilización de nuevas herramientas puede facilitar considerablemente la implementación de los sistemas. En este caso el uso de Flask hizo mucho más ágil y creativa la implementación del aplicativo web.

Trabajo futuro

Tomando en cuenta todos los resultados obtenidos en el proyecto, se describen todas las tareas que vendrían a mejorar considerablemente el aplicativo web.

1. Para obtener mejores resultados, se considera usar datasets mucho más complejos como “AffectNet” o “Semaine”, que además de poseer más tipos de emociones, también juega con los ambientes, iluminación, colores, etc.
2. La implementación de un sistema de autenticación y de notificación.
3. Diseñar una estructura correcta de ficheros, para que el aplicativo web sea capaz de recopilar la información y guardarla junto a la información del cliente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Domingo, J. (2017). Qué es Flask. *OpenWebinars*. Obtenido el 30 de octubre de 2023 de <https://openwebinars.net/blog/que-es-flask/>
- El Viaje del cliente. (S/f). Satisfacción del cliente ¿Qué es y cómo medirla? *El viaje del cliente*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://elviajedelcliente.com/satisfaccion-del-cliente/>
- Geseme. (2018). Estado de ánimo y productividad ¿Cómo están relacionados? *Geseme*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://geseme.com/estado-animo-productividad-estan-relacionados/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20entre%20estado%20de,alcanzar%20niveles%20%C3%B3ptimos%20de%20productividad.>
- Gifford, C. (2020). The problem with emotion-detection technology. *The New Economy*. Obtenido el 21 de noviembre de 2023 de <https://www.theneweconomy.com/technology/the-problem-with-emotion-detection-technology>
- IBM. (S/f). ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? *IBM*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>
- IBM. (S/f). What is Deep Learning? *IBM*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://www.ibm.com/topics/deep-learning>
- Software de Analítica & Soluciones. (S/f). Deep Learning. *Software de Analítica & Soluciones*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de https://www.sas.com/es_ar/insights/analytics/deep-learning.html#:~:text=El%20deep%20learning%20es%20un,de%20im%C3%A1genes%20o%20hacer%20predicciones.

- IBM. (S/f). ¿Qué son las redes neuronales convolucionales? *IBM*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://www.ibm.com/es-es/topics/convolutional-neural-networks>
- IBM. (S/f). ¿Qué son las redes neuronales? *IBM*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://www.ibm.com/es-es/topics/neural-networks>
- Isla, G (2023). ¿Qué es el “estado de ánimo” y de qué depende?. *Libertia psicología*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://www.libertiapsicologia.com/blog/que-es-el-estado-de-animo-y-de-que-depende>
- Neuraxpharm España. (2021). Estado de ánimo. *Neuraxpharm España*. Obtenido el 25 de octubre 2023 de <https://www.neuraxpharm.com/es/salud/estado-animo>
- Parra, A. (S/f). Análisis de sentimiento. Qué es y cómo realizarlo. *Question Pro*. Obtenido el 25 de octubre de 2023 de <https://www.questionpro.com/blog/es/herramienta-de-analisis-de-sentimientos/>
- Pérez, J. (2021). Página web - Qué es. *Definición*. Obtenido el 30 de octubre de 2023 de <https://definicion.de/pagina-web/>
- Piedrahíta, A., Rodríguez, P., Terraza, D., Amaya, M., Duque, L., Martínez, J. (2021). Aplicación web para el análisis de emociones y atención de estudiantes. Obtenido el 21 de noviembre de 2023 de <https://doi.org/10.22430/22565337.1821>
- Raydiant. (2019). 3 Ways companies are using Emotion Detection technology. *Raydiant*. Obtenido el de 21 noviembre de 2023 de <https://www.raydiant.com/blog/3-ways-companies-are-using-emotion-detection-technology>
- Red Hat. (2023). ¿Qué es REST API? *Red Hat*. Obtenido el 30 de octubre de 2023 de <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-is-a-rest-api>
- Rodríguez, H. (2023). Así interpreta la inteligencia artificial nuestros estados de ánimo. *National Geographic*. Obtenido el 21 de noviembre de 2023 de

https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-interpreta-la-inteligencia-artificial-nuestros-estados-de-animo-_16304

Rosa, J. (2018). Qué es REST: Conoce su potencia. *OpenWebinars*. Obtenido el 30 de octubre de 2023 de <https://openwebinars.net/blog/que-es-rest-conoce-su-potencia/#:~:text=REST%20es%20una%20interfaz%20para,específicos%2C%20com%20XML%20y%20JSON>.

Sawal, V., Rana, A. (2023). Emotion Detection and Recognition Market. *AI Market Report*. Obtenido el 21 de noviembre de 2023 de https://www.aimarketreport.com/downloadSample/PostId/458?utm_source=6&utm_medium=Pulse

Universidad Europea. (2023). ¿Qué es el lenguaje de marca o lenguaje de marcado? *Universidad Europea*. Obtenido el 30 de octubre de 2023 de <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-lenguaje-marca/#:~:text=en%20este%20artículo.-,Lenguaje%20de%20marca%2C%20¿qué%20es%20exactamente%3F,marcas%20que%20contienen%20información%20adicional>.

Universidad Internacional de la Rioja en Ecuador. (2022). Framework: qué es, para qué sirve y algunos ejemplos. *Universidad Internacional de la Rioja en Ecuador*. Obtenido el 30 de octubre de 2023 <https://unirfp.unir.net/revista/ingenieria-y-tecnologia/framework/>

Zuk, O. (2023). Emotion Recognition: the Basics and 6 Datasets to Get Started. *Datagen*. Obtenido el 21 de noviembre de 2023 de <https://datagen.tech/guides/face-recognition/emotion-recognition/#>

ANEXO A: ENLACES RELEVANTES DEL PROYECTO

A continuación, se presentan todos los enlaces del proyecto:

- Repositorio principal

<https://github.com/Spidyqda/moodDetector>

- Implementación de la página web

https://github.com/Spidyqda/moodDetector/tree/7b5d7df8d1697677436a9010a4e8f60c0882ea87/Pagina_web

- Modelo entrenado

<https://github.com/Spidyqda/moodDetector/tree/7b5d7df8d1697677436a9010a4e8f60c0882ea87/ModeloML>

- Diseño de la página web en Figma

<https://www.figma.com/file/pkhAin0OjibmniIh8qgFiK/ML-Camera-web?type=design&node-id=0%3A1&mode=design>