

Emotional state of the classroom through artificial intelligence to improve the teaching-learning process in a university

Edward Flores, Dr¹, Justo-Pastor Solis-Fonseca, Dr¹, Cesar-Raul Cuba-Aguilar, Dr¹, Jose-Hilarion Rosales Fernandez, Mg¹, Yeremi-Gracia Barahona-Altamirano¹

¹Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, eflores@unfv.edu.pe, jsolis@unfv.edu.pe, ccubaa@unfv.edu.pe, jrosales@unfv.edu.pe, 2018001932@unfv.edu.pe

Abstract–.

The objective of this research was to develop an application that allowed facial recognition using artificial intelligence to identify the emotional state of students and thus improve the teaching-learning process within the virtual classroom at a university. The methodology used was a data science model based on convolutional neural networks that collected information from the students through facial biometric analysis using an application developed in Python where the different emotional states of the students were determined in real time during the sessions. virtual class. The results obtained show that through facial recognition it was possible to perceive various emotional states during the class session of the students who are with the camera on, even if they have a low-resolution camera in their image quality, these results are shown to the teacher globally for each emotional state to determine the situation in their classroom and thus can improve their teaching-learning strategies. It is concluded that when the teacher identifies the emotional state of his students, he can improve his classes by motivating them and this allows him to fulfill the competencies of the course, in the same way, it is concluded that the security of the information is maintained by destroying the images in real time of the participants once they have been processed and evaluated even before being shown in the final consolidated to the teacher.

Keywords: *Neural networks, facial recognition, Sentiment analysis, Virtual classroom.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Estado emocional del aula a través de inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en una Universidad

Edward Flores, Dr¹, Justo-Pastor Solis-Fonseca, Dr¹, Cesar-Raul Cuba-Aguilar, Dr¹, Jose-Hilarion Rosales Fernandez, Mg¹, Yeremi-Gracia Barahona-Altamirano¹
¹Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, eflores@unfv.edu.pe, jsolis@unfv.edu.pe, ccubaa@unfv.edu.pe, jrosales@unfv.edu.pe, 2018001932@unfv.edu.pe

Resumen-

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar una aplicación que permitió realizar reconocimiento facial utilizando inteligencia artificial para identificar el estado emocional de los estudiantes y así mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje dentro del salón de clases virtual en una universidad. La metodología utilizada fue un modelo de ciencia de datos basado en redes neuronales convolucionales que recopiló información de los estudiantes a través de un análisis biométrico facial mediante una aplicación desarrollada en Python donde se determinó los diferentes estados emocionales de los estudiantes en tiempo real durante las sesiones de clase virtual. Los resultados obtenidos demuestran que a través del reconocimiento facial se pudieron percibir diversos estados emocionales durante la sesión de clase de los estudiantes que se encuentran con cámara encendida, así cuentan con una cámara de baja resolución en su calidad de imagen, estos resultados son mostrados al docente en forma global por cada estado emocional para que determine la situación en su aula de clase y de esta manera pueda mejorar sus estrategias de enseñanza-aprendizaje. Se concluye que al identificar el docente el estado emocional de sus estudiantes puede mejorar sus clases motivándolos y esto le permite cumplir las competencias del curso, del mismo modo, se concluye que se mantiene la seguridad de la información al destruirse las imágenes en tiempo real de los participantes una vez que han sido procesadas y evaluadas incluso antes de ser mostradas en el consolidado final al docente.

Palabras claves: Redes neuronales, reconocimiento facial, Análisis de sentimientos, Aula virtual.

I. INTRODUCCIÓN

La optimización de procesos y funciones en el lado del software o en el lado del hardware ha permanecido constantemente bajo consideración de la investigación. La optimización puede disminuir el tiempo promedio que tarda un elemento funcional en completar una tarea en particular. Se ha determinado la complejidad espacio-temporal de varios algoritmos los cuales son ampliamente utilizados en los sistemas de tiempo real. Uno de los algoritmos desarrollados es el algoritmo de reconocimiento facial [1]. Un subcampo muy disputado de la visión por computadora es la detección de rostros, debido a su uso versátil en muchos campos, como la

seguridad, el diagnóstico médico, el entretenimiento y las aplicaciones militares. A medida que se desarrolla la tecnología su objetivo es ejecutarse más rápido y con mayor precisión en dispositivos móviles y computadoras remotas [2]. Los subcampos de la inteligencia artificial (IA), como el aprendizaje automático, los sistemas basados en el conocimiento, la visión por computadora, la robótica y la optimización, se han aplicado con éxito en otras industrias para lograr una mayor rentabilidad, eficiencia, seguridad y protección [3], el aprendizaje remoto se ha convertido en una opción viable, dependiendo del aprendizaje automático para lograr sus objetivos [4].

Un desafío importante en la integración de la tecnología educativa es involucrar a los estudiantes con diferentes características afectivas. Además, todavía falta saber cómo la tecnología moldea la actitud y el comportamiento de aprendizaje [5]. En estos escenarios, los datos deben procesarse tan rápido como se generan para comprender la psicología humana, y se puede lograr mediante el análisis de sentimientos [6]. Si el docente es consciente de la importancia de crear un ambiente o un entorno de aprendizaje emocional y se interesa por el aspecto emocional, entonces promoverá una mejor interacción entre todos los participantes, lo que beneficiará el proceso de aprendizaje y sus resultados [7]. Las características individuales de una persona, así como la amplia gama de posibles cambios en sus bioparámetros bajo condiciones externas que cambian rápidamente, se identifican como los principales factores que impiden el reconocimiento y clasificación del estado psicoemocional. Se justifica la conveniencia de utilizar la tecnología de redes neuronales para el reconocimiento y la clasificación [8]. Los nuevos métodos de educación se centran en la ética, los valores, la resolución de problemas y las actividades diarias. Se debe abordar el material de aprendizaje de los estudiantes, para determinar cómo se pueden lograr habilidades críticas y los cambios educativos en el futuro.

En este entorno, las universidades deben crear nuevas habilidades digitales utilizando inteligencia artificial, aprendizaje automático, entre otros [9], por lo cual, surge la preocupación sobre el tema indicado y se planteó la pregunta: ¿cómo el uso de inteligencia artificial puede identificar el estado emocional de los estudiantes para mejorar en tiempo

real el proceso de enseñanza aprendizaje? y como objetivo para la presente investigación: implementar una aplicación que permita realizar reconocimiento facial a través de inteligencia artificial para identificar el estado emocional de los estudiantes y así mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje durante la clase en entornos virtuales en una universidad.

II. MÉTODO

La información que se evaluó en el presente estudio corresponde a las sensaciones percibidas de los estudiantes durante sus sesiones de clases virtuales, la información fue recolectada a través de análisis biométrico de reconocimiento facial utilizando una aplicación desarrollada en lenguaje de programación Python.

Posteriormente se clasificó y determinó el estado emocional de los estudiantes a través del uso de redes neuronales convolucionales multicapas bajo inteligencia artificial, permitiendo registrar los estados emocionales identificados y generar una estadística a nivel global de clase.

Toda esta información se trabajó en tiempo real para el tratamiento de la información correspondiente para identificar el estado emocional de los estudiantes.

Para el análisis de datos se utilizó un enfoque basado en datos, un enfoque muy utilizado dentro de inteligencia artificial. Dentro del procedimiento a desarrollar se utilizó el diseño no experimental, de tipo transeccional descriptivo que tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más veces, se desarrolló una solución en inteligencia artificial con redes neuronales convolucionales utilizando el lenguaje de programación Python, la solución permitió realizar reconocimiento facial a través de la cámara web de cada estudiante, utilizando análisis biométrico, se recogió las emociones tales como enojo, miedo, normal, triste, disgustado, feliz y sorprendido, esto se pudo realizar con gran precisión a través de los modelos de reconocimiento facial tales como ArcFace, Facenet, DeepID, OpenFace, Dlib, VGG-Face y Deepface, los cuales han tenido los porcentajes de precisión de éxito siguientes: Deepface y DeepID en base a experimentos, Dlib obtuvo el 99,38% de éxito en reconocimiento; ArcFace obtuvo el 99,41%; DeepID obtuvo 97,05; FaceNet / w 128d obtuvo un 99,2%; VGG-Face, FaceNet, , ArcFace y dlib superior a Openface, VGG-Face con 98,78% de éxito; Como apoyo, FaceNet/ w 512d obtuvo un 99,65%; OpenFace tuvo 93,80% de precisión, mientras que el ser humano solo tiene un 97,53% de precisión sobre reconocimiento facial [8].

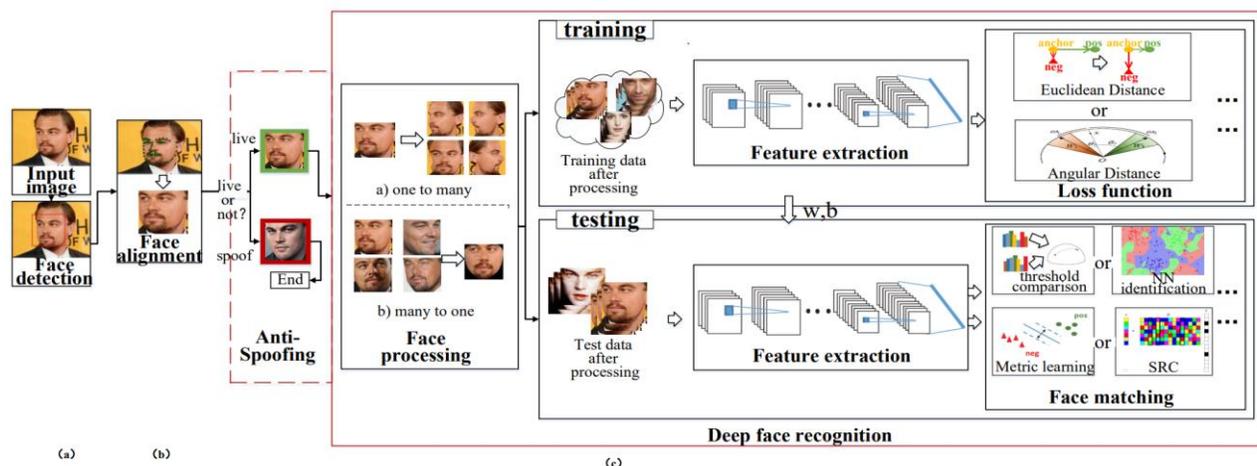


Fig. 1 Modelo de reconocimiento facial DeepFace [10]

En la figura 1, se describe el procedimiento realizado de reconocimiento facial por Deepface, el sistema identifica el rostro y luego trabaja el rostro con alineación, luego detecta que el rostro sea humano para que ingrese al proceso, dentro de esta fase valida si es de uno a muchos o de muchos a uno similares, esto se utiliza para manejar variaciones antes del entrenamiento y pruebas, posteriormente se utilizan diferentes arquitecturas y funciones de pérdida para extraer características profundas discriminativas, todo esto se desarrolla en tiempo real durante la sesión de clases.

La solución de software desarrollado requiere que los participantes estén con sus cámaras encendidas durante la sesión de clases que se realiza, de tal forma, que el sistema

pueda recoger los estados emocionales de cada estudiante en tiempo real y puedan ser enviadas al docente en todo momento. El docente por su parte se encontrará desarrollando el tema de clase que le corresponde, sin embargo, tendrá una ventana adicional dentro de la pantalla que le permita identificar cuál es el estado emocional de los estudiantes. La aplicación desarrollada en lenguaje Python permite utilizar las librerías descritas anteriormente dentro de este lenguaje, y de esta forma reconocer los estados emocionales del estudiante. El resultado del proceso para un solo estudiante es mostrar todos los estados emocionales que se pueden percibir a través del reconocimiento facial, con sus respectivas evaluaciones porcentuales de cada uno, permitiendo identificar en cual de

los estados se encuentra un mayor porcentaje de incidencia y de esta forma determinar el estado emocional del mismo, para que luego estos resultados se puedan acumular dentro de la aplicación y así el docente pueda visualizar los estados emocionales del grupo de estudio dentro de su aula virtual como un solo resultado y determinar las mejores estrategias para el proceso de enseñanza-aprendizaje que se encuentra desarrollando en ese momento.

III. RESULTADOS

En la figura 2 se puede apreciar un ejemplo de selección de los diferentes estados en los cuales un estudiante puede estar prestando atención dentro del aula virtual, dependiendo del desarrollo de la clase, el estudiante puede estar mostrando un cambio de apariencia dependiendo del avance de la clase.



Fig. 2 Diversos rostros identificados dentro de una sesión de clases.

La figura 3 nos muestra la identificación del cuadrante de evaluación del rostro en su etapa inicial, identificando los puntos correspondientes a los ojos, la nariz y el inicio y final de la boca, dependiendo de sus distancias determina la confianza de que la imagen es un rostro humano el cual podrá considerar válido para el procesamiento y tratamiento dentro del modelo.

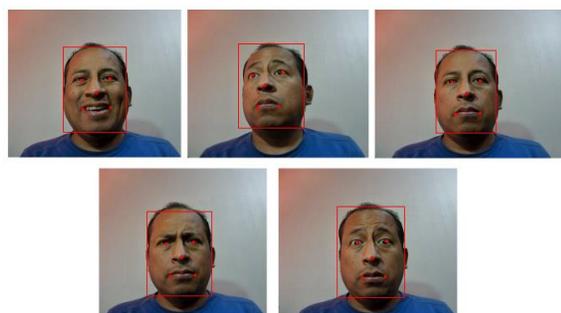


Fig. 3 Identificación de los puntos dentro de la región para identificar los rostros del proceso.

La figura 4 nos muestra los resultados de los diversos estados emocionales de un estudiante, que se identificaron a través de una toma instantánea durante su ejecución, esto se puede realizar sin necesidad que el estudiante se encuentre identificado dentro de la base de datos de la aplicación, esto es

viable gracias a que el modelo fue probado con librerías de miles de fotografías dentro del lenguaje de programación.

Los procesos indicados en la figura 2, 3 y 4 son realizados de forma interna, en ningún momento la aplicación muestra los rostros ni los participantes al docente.



Fig. 4 Estados emocionales identificados del estudiante.

Cada imagen capturada y procesada dentro de la aplicación, da como resultado un arreglo de tipo diccionario en lenguaje Python con los siete estados emocionales (enojado, miedo, neutral, triste, disgustado, feliz, sorprendido), junto a cada uno de ellos, la probabilidad de ocurrencia del mismo, en donde, se puede visualizar la tendencia de la persona de aquel estado que tenga mayores probabilidades de ocurrencia en un momento dado, cuál es el que tiene mayor predominación.

En el siguiente código de salida se determina cuál es el estado emocional del estudiante con mayor predominación ('dominant_emotion': 'happy'), considerando la evaluación de todos los estados, e identificando aquel que tiene mayor correspondencia (porcentaje) con el modelo utilizado, del mismo modo, se pudo apreciar la zona o región que permitió detectar los puntos de identificación dentro de la imagen capturada para una persona.

```
{'emotion':
{'angry': 2.1099094301462173,
'disgust': 2.2665576082658845e-07,
'fear': 0.000263903666564147,
'happy': 91.11956357955933,
'sad': 0.19544803071767092,
'surprise': 0.03243174287490547,
'neutral': 6.542389094829559},
'dominant_emotion': 'happy',
'region': {'x': 117, 'y': 81, 'w': 123, 'h': 173}}
```

Para conocer con mayor precisión sobre la velocidad de procesamiento entre la captura de la imagen y la respuesta de los modelos descritos anteriormente en la metodología, se utilizaron 300 imágenes relacionadas en diversos ángulos y estados emocionales para determinar los mejores tiempos de respuesta, y del mismo modo, el mejor grado de acierto entre los resultados y el estado real, identificándose diferencias en

función de: a mayor precisión, mayor tiempo de respuesta, y a menor tiempo de respuesta, menor precisión; obteniéndose valores significativos aceptables entre todos los modelos probados, determinándose para el presente estudio el uso de Deepface.

Deepface permite configurar el backend de la detección de rostros con las configuraciones adicionales de mtcnn, ssd, dlib y retinaface, encontrándose una diferencia de tiempos significativos con retinaface y mtcnn por tener altos tiempos de respuesta, mientras que con opencv y ssd los tiempos fueron bastante cortos. Una vez definido el modelo a ser utilizado con aquellos backend de mejores tiempos de respuesta, se procedió a implementar la aplicación que permitió realizar las capturas de imágenes durante las sesiones de clase.

En la figura 5, se muestran imágenes de las evaluaciones realizadas durante el desarrollo de clases en un aula virtual, a través de la plataforma Microsoft Teams de la universidad de estudio. Los nombres de los participantes han sido omitidos por temas de seguridad de la información.

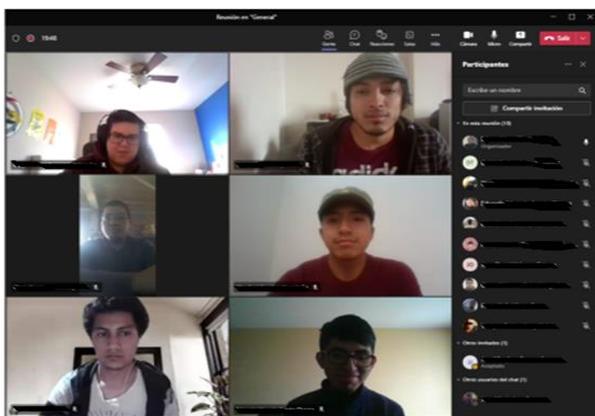


Fig. 5 Desarrollo de clases dentro del aula.

Una vez identificados a los participantes que se encontraban con cámara activa durante la sesión de clase, se puede apreciar en la figura 6 como el software desarrollado puede identificar los rostros, la región de identificación de comparación de la cara de cada uno de los participantes, los cuales serán enviadas al modelo para determinar el estado emocional de los estudiantes en un instante de la clase.

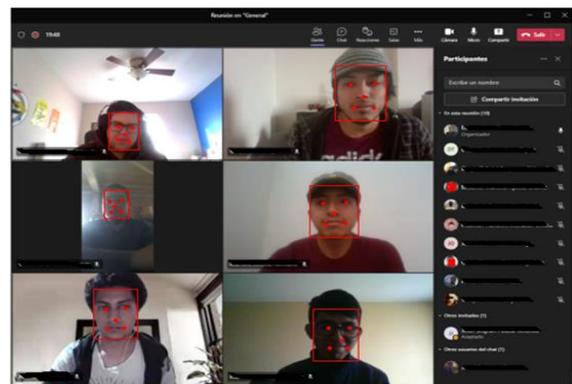


Fig. 6 Identificación biométrica del estado emocional de los estudiantes dentro del aula.

Luego, los rostros son extrapolados y alineados para validar si son correctos, y luego se procede a confirmarlos como rostros humanos. En la figura 7 se identifican los rostros en forma individual y estas imágenes son analizadas para determinar el estado emocional de los estudiantes.



Fig. 7 Rostros que ingresan al proceso de identificación del estado emocional.

Una vez validados los rostros en forma individual, inicia el proceso de reconocimiento facial con la base de datos ya cargada y el modelo en funcionamiento, ingresa un rostro y determina su estado emocional conforme a lo indicado en la probabilidad descrita anteriormente, donde la aplicación desarrollada para el presente proyecto determinará todos los estados emocionales identificados por cada participante, los cuales ingresarán a un contador, y luego se determinará el estado emocional en conjunto de toda la clase por cada estado encontrado.

Los resultados por cada estado emocional se muestran visualmente en una ventana que permite al docente identificar en un momento dado de la clase que realiza el estado emocional de toda la clase, esta muestra de información no tiene en cuenta el nombre de los participantes, puesto que a mayor número de estudiantes sería más complicado identificar uno por uno quién está en cada determinado estado. Por otro lado, se ha considerado que sea en forma general para que el docente no priorice o juzgue a ningún estudiante en particular y de esta forma pueda ver el estado global de su clase. En la figura 8 se puede apreciar el consolidado de estados emocionales dentro del aula por el total de estudiantes de la figura 6, que participan en la sesión, al lado derecho se

muestra una imagen que identifica el estado emocional mayor dentro del aula, la imagen varía en función de los diversos estados que se encuentren como los descritos anteriormente, permitiendo que el docente pueda ver las estadísticas a la izquierda o se familiarice con la imagen al lado derecho.

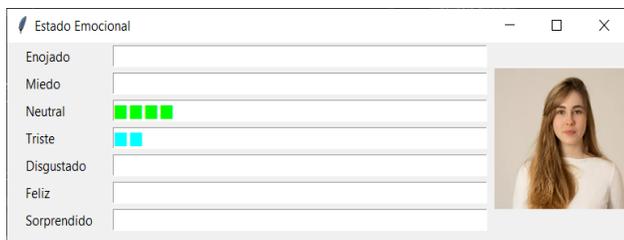


Fig. 8 Estado emocional de toda la clase.

En la figura 9, se puede ilustrar que el docente dentro de su monitor puede visualizar el estado resultante de los estados emocionales dentro de su clase, en forma global de todo el grupo de sus estudiantes, a partir de esto podrá determinar las mejores estrategias del proceso enseñanza-aprendizaje orientadas a su curso, para mantener motivados a todos los estudiantes durante su clase y de esta forma pueda maximizar el logro de las competencias requeridas para el curso.



Fig. 9 Ilustración simulada de revisión de estados emocionales dentro del aula en tiempo real durante las clases virtuales.

Es a partir de este momento es que el docente con su experiencia dentro del curso determina si su salón de clase requiere cambiar la estrategia actual del proceso enseñanza-aprendizaje, si todo va bien, el docente puede continuar con la metodología planteada inicialmente.

Como es una aplicación que trabaja en tiempo real, se ha determinado no salvaguardar la información de los participantes, debido a que si bien es cierto se les toma una captura de imagen para su procesamiento, esta imagen es eliminada una vez determinado su estado emocional, el cual se agrupará con los resultados de los demás estudiantes y estos posteriormente se enviarán en forma global al docente. Del mismo modo, el tiempo de captura de imágenes se realiza de forma permanente, a razón de más de una imagen por segundo, esto es posible debido a que no es necesario una imagen de alta definición, sino que el reconocimiento facial

pudo trabajar de forma eficiente con imágenes de baja resolución, por lo cual, el docente en cualquier instante puede ver el estado emocional de sus estudiantes el cual se encontrará variando y cambiando en tiempo real. Como propuesta de seguridad y de salvaguardar la información de las imágenes de los participantes, el sistema propuesto evaluará el repositorio permanentemente para que no exista acumulación de imágenes, de esta forma se garantiza que si el programa culmina o se cierra, no se encuentren archivos de imágenes al momento de su finalización, del mismo modo, cada vez que inicie la aplicación deberá validar la existencia de que no existen archivos previos de tratamiento de imágenes.

IV. DISCUSIÓN

Adusumalli [11] nos dice en su proyecto que propone un método empleando TensorFlow y OpenCV para detectar máscaras faciales en las personas. Un cuadro delimitador dibujado sobre la cara de la persona describe si la persona está usando una mascarilla o no. Si se almacena el rostro de una persona en la base de datos se detecta el nombre de la persona que no lleva mascarilla y se le envía un correo electrónico advirtiéndole a esta que no lleva mascarilla para que tome precauciones. Esta investigación presenta una importante relevancia con la investigación realizada en cuanto que determina un procedimiento para identificar un estado de la persona utilizando reconocimiento facial identificando no solo a la persona, sino también a la situación en la que se encuentra, lo cual se identifica con la aplicación desarrollada al identificar un estado emocional una vez que ha sido identificado el estudiante,

Shrestha y Furqan [12] nos dicen que cuando se usa el Internet de las cosas (IoT), se hace uso de varios sensores y dispositivos existentes en conjunto con diversos algoritmos que permiten desarrollar una experiencia de aprendizaje que puede ser más inteligente y eficiente, tanto para docentes como también para estudiantes. Basado en su investigación realizada, ellos sugieren reconocer momentos en los cuales los estudiantes se van distraiendo de la clase y se comunica a los asesores, o se envía una alerta a través de aplicaciones inteligentes para los mismos estudiantes. El sistema inteligente se encarga de consultar a los estudiantes sobre la materia y si se equivocan, se avisa a los asesores para que puedan brindar mejoras en su experiencia de aprendizaje, lo que también para el presente estudio nos muestra la preocupación existente durante la sesión de clases, en la cual se hizo uso de aplicaciones en inteligencia artificial de forma similar al estudio realizado, con el objetivo de mejorar en tiempo real el proceso enseñanza-aprendizaje.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto en la presente investigación, se concluye que se puede implementar una aplicación para realizar reconocimiento facial a través de inteligencia artificial permitiendo identificar los estados emocionales de los estudiantes dentro del aula y en base a esto, el docente dependiendo del estado emocional en que se encuentren sus estudiantes, pueda determinar las mejores estrategias para cumplir con las competencias del curso durante las sesiones de clase. Esto permitirá mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje que se desarrolla dentro del aula virtual.

La aplicación desarrollada ha utilizado un amplio modelo de datos, por lo que no se requiere la identificación de los estudiantes, lo cual permite capturar las imágenes y eliminarlas en tiempo real mientras se desarrolla la sesión de clase, salvaguardando la información por temas de seguridad de la información.

REFERENCIAS

- [1] S. Patidar, U. Singh, A. Patidar, R. A. Munsoori, y J. Patidar, «Comparative Study on Face Detection by GPU, CPU and OpenCV», *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 44, pp. 686-696, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-37051-0_77.
- [2] A. Yamout, A. Abdelmawgood, E. Sadick, y M. Naguib, «Comparative Evaluation of Face Detection Algorithms», *16th International Computer Engineering Conference, ICENCO 2020*, pp. 64-71, 2020, doi: 10.1109/ICENCO49778.2020.9357386.
- [3] S. O. Abioye *et al.*, «Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges», *Journal of Building Engineering*, vol. 44, p. undefined-undefined, 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2021.103299.
- [4] A. Ara Shaikh, A. Kumar, K. Jani, S. Mitra, D. A. García-Tadeo, y A. Devarajan, «The Role of Machine Learning and Artificial Intelligence for making a Digital Classroom and its sustainable Impact on Education during Covid-19», *Materials Today: Proceedings*, vol. 56, pp. 3211-3215, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.368.
- [5] N. Nazari, M. S. Shabbir, y R. Setiawan, «Application of Artificial Intelligence powered digital writing assistant in higher education: randomized controlled trial», *Heliyon*, vol. 7, n.º 5, p. e07014, may 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07014.
- [6] P. Nandwani y R. Verma, «A review on sentiment analysis and emotion detection from text», *Soc. Netw. Anal. Min.*, vol. 11, n.º 1, p. 81, ago. 2021, doi: 10.1007/s13278-021-00776-6.
- [7] E. J. Flores Masias, J. H. Livia Segovia, A. García Casique, y M. E. Dávila Díaz, «Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual», *publicaciones*, vol. 53, n.º 2, pp. 185-216, ene. 2023, doi: 10.30827/publicaciones.v53i2.26825.
- [8] M. Alyushin y V. Alyushin, «The classification technology of possible psycho-emotional states of a group of people based on algorithms, implemented in neuro-LSI Ni1000», *Procedia Computer Science*, vol. 169, pp. 845-850, ene. 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.02.153.
- [9] R. Bucea-Manea-Țoniș *et al.*, «Artificial Intelligence Potential in Higher Education Institutions Enhanced Learning Environment in Romania and Serbia», *Sustainability*, vol. 14, n.º 10, p. 5842, may 2022, doi: 10.3390/su14105842.
- [10] M. Wang y W. Deng, «Deep Face Recognition: A Survey», *Neurocomputing*, vol. 429, pp. 215-244, mar. 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2020.10.081.
- [11] H. Adusumalli, D. Kalyani, R. K. Sri, M. Pratapteja, y P. V. R. D. P. Rao, «Face Mask Detection Using OpenCV», *Proceedings of the 3rd*

International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks, ICICV 2021, pp. 1304-1309, 2021, doi: 10.1109/ICICV50876.2021.9388375.

- [12] S. K. Shrestha y F. Furqan, «IoT for Smart Learning/Education», en *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*, nov. 2020, pp. 1-7. doi: 10.1109/CITISIA50690.2020.9371774.