

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**Sistema basado en visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales aplicado a la enseñanza socioemocional en una asociación de autismo de Chiclayo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**Jose Luis Piscocoya Tirado**

**ASESOR**

**Edwar Glorimer Lujan Segura**

<https://orcid.org/0000-0003-0663-4189>

**Chiclayo, 2025**

**Sistema basado en visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales aplicado a la enseñanza socioemocional en una asociación de autismo de Chiclayo**

PRESENTADA POR  
**Jose Luis Piscocoya Tirado**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR

William Alfredo Noblecilla Vinces  
PRESIDENTE

Maria Ysabel Aranguri Garcia  
SECRETARIO

Edwar Glorimer Lujan Segura  
VOCAL

## **Dedicatoria**

La presente investigación es dedicada a mis padres que me brindaron su apoyo incondicional en cada aspecto de mi vida, mis familiares que siempre confiaron en mis capacidades, mis amigos con los que compartí momentos de dicha en el transcurso de mi vida universitaria y a un gran sabio que me demostró que la grandeza nace de humildes comienzos.

## **Agradecimientos**

A mi asesor de tesis por brindarme su apoyo, guía y conocimientos fundamentales para el desarrollo de la presente investigación.

A la Asociación Autismo Chiclayo, por darme la oportunidad de trabajar a su lado con el fin de mejorar la calidad de vida de los niños con Trastorno del Espectro Autista.

A los padres y niños que brindaron su apoyo y posibilitaron el desarrollo de la presente investigación.

# SISTEMA BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EXPRESIONES FACIALES APLICADO A LA ENSEÑANZA SOCIOEMOCIONAL EN UNA ASOCIACIÓN DE AUTISMO DE CHICLAYO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[tesis.usat.edu.pe](https://tesis.usat.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

2

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

1%

4

[idus.us.es](https://idus.us.es)

Fuente de Internet

<1%

5

[uvadoc.uva.es](https://uvadoc.uva.es)

Fuente de Internet

<1%

6

[documents.mx](https://documents.mx)

Fuente de Internet

<1%

7

[psicologiaenlaupch.blogspot.com](https://psicologiaenlaupch.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1%

8

[dspace.ucacue.edu.ec](https://dspace.ucacue.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

9

Alex Reyes, Kevin Pazmiño Yáñez, Renato Mauricio Toasa Guachi. "Sistema de Detección de Emociones en Tiempo Real mediante Aplicación Móvil y Algoritmo en Python", Revista Ingeniería e Innovación del Futuro, 2025

Publicación

<1%

10

[www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

<1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>9</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>16</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>21</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>36</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>37</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>38</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>43</b>

## Resumen

Debido las dificultades que enfrentan los niños con Trastorno de Espectro Autista (TEA) para comunicar y reconocer emociones mediante expresiones faciales, el aumento global en la prevalencia del autismo (aproximadamente 1 de cada 100 infantes) y dado que el CONADIS registró 4528 casos a nivel nacional, resaltando que el 82% de casos en la región de Lambayeque corresponden a menores de edad. El objetivo general de esta investigación es crear un sistema basado en visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales aplicado a la enseñanza socioemocional de niños con TEA en una asociación de autismo de Chiclayo. Para ello, se diseñó un modelo de Redes Neuronales Convolucionales bajo la metodología CRISP-DM logrando un tiempo de respuesta de 40 milisegundos con una precisión y exactitud del 82%. Posteriormente, aplicando la metodología Kanban, se desarrolló un sistema de escritorio destinado a entrenar las habilidades de comunicación y reconocimiento emocional, empleando el modelo para clasificar expresiones en tiempo real a través de la cámara con una tasa de 12 fotogramas por segundo. Finalmente, se realizaron pruebas de usabilidad con 20 niños de 6 a 11 años con TEA de alto funcionamiento. La evaluación de aceptación tecnológica reveló que, entre los padres, el 78% y 76% están totalmente de acuerdo con la utilidad y facilidad de uso, respectivamente. Además, de los 6 profesionales de salud mental colaboradores, el 83% está totalmente de acuerdo en que la herramienta es útil, y el 75% la encuentra fácil de usar en las sesiones de enseñanza socioemocional.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, aprendizaje automático, redes neuronales artificiales, reconocimiento de expresiones faciales, Trastorno del Espectro Autista.

## Abstract

Due to the difficulties that children with Autism Spectrum Disorder (ASD) face in communicating and recognizing emotions through facial expressions, the global increase in the prevalence of autism (approximately 1 in every 100 infants) and given that CONADIS registered 4,528 cases worldwide national, highlighting that 82% of cases in the Lambayeque region correspond to minors. The general objective of this research is to create a system based on artificial vision for the recognition of facial expressions applied to the socio-emotional teaching of children with ASD in an autism association in Chiclayo. To do this, a Convolutional Neural Networks model was designed under the CRISP-DM methodology, achieving a response time of 40 milliseconds with a precision and accuracy of 82%. Subsequently, applying the Kanban methodology, a desktop system was developed to train communication and emotional recognition skills, using the model to classify expressions in real time through the camera with a rate of 12 frames per second. Finally, usability tests were conducted with 20 children ages 6 to 11 with high-functioning ASD. The technological acceptance evaluation revealed that, among parents, 78% and 76% fully agree with the usefulness and ease of use, respectively. Additionally, of the 6 collaborating mental health professionals, 83% fully agree that the tool is useful, and 75% find it easy to use in social-emotional teaching sessions.

**Keywords:** Artificial intelligence, machine learning, artificial neural networks, facial expression recognition, Autism Spectrum Disorder.

## Introducción

El trastorno de espectro autista (TEA), de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], describe un conjunto de desórdenes que originan dificultad para la comunicación e interacción social, así como comportamientos irregulares. Del mismo modo, dicha condición puede generar obstáculos en el desempeño social, como la incapacidad de comprender emociones dentro de las relaciones interpersonales [2].

De acuerdo con J. Zeidan et al. [3], se evidencia un aumento en la prevalencia del autismo a nivel mundial, donde aproximadamente de cada 100 infantes, 1 es diagnosticado con TEA. En contraste al artículo previamente revisado, según el Registro Nacional de la Persona con Discapacidad [4], a nivel nacional se encuentran inscritas un total de 4528 personas diagnosticadas con TEA, y a nivel de la región de Lambayeque, un total de 91 casos de personas inscritas. Como resultado, en la región de Lambayeque, ha surgido la Asociación Autismo Chiclayo, una organización sin fines de lucro que tiene como objetivo informar y ofrecer servicios especializados relacionados con el TEA a la población de la región.

Para entender el contexto de la investigación, se emplearon instrumentos de recolección de datos dirigidos a psicólogos, terapeutas y tutores (Ver Anexo N° 02) con el fin de evaluar la situación actual del proceso de enseñanza socioemocional en la organización. A través de las respuestas, se determinó que el proceso de enseñanza es complejo y presenta dificultades como la falta de interés y desconfianza del niño hacia el material e instrucciones del docente. También, se evidenció la necesidad de herramientas y conocimiento especializado. No obstante, a pesar de ser conscientes de la existencia de herramientas tecnológicas, estas resultan inaccesibles debido a la complejidad y costo excesivo. En consecuencia, el problema para la presente investigación es formulado como ¿de qué manera se puede dar soporte de carácter tecnológico a la enseñanza socioemocional en una asociación de autismo de Chiclayo?

En la actualidad, la innovación ha generado soluciones tecnológicas enfocadas en la mejora de la discapacidad socioemocional en pacientes con TEA. Demostrando los beneficios de aplicar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) tanto en la enseñanza como el aprendizaje [5]. Algunas de estas aplicaciones contemplan el desarrollo de videojuegos didácticos para la práctica de expresiones faciales [6], aplicaciones de celular y computadora para detectar e interpretar las emociones en tiempo real, a través de la cámara del dispositivo [7] y modelos de predicción que aprovechan la naturaleza transitoria de la emoción [8].

Por lo tanto, la presente investigación se justifica mediante el desarrollo de un sistema basado en visión artificial capaz de identificar las expresiones faciales a través de imágenes. Este sistema, permite aprovechar los recursos tecnológicos de la asociación mediante una

herramienta que brinde soporte a la enseñanza socioemocional en las terapias proporcionadas por los profesionales de la salud mental a los niños con TEA que asisten al centro de terapias de la asociación.

Finalmente, con el fin de dar respuesta a la problemática planteada, se estableció como objetivo general, el crear un sistema basado en visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales aplicado en la enseñanza socioemocional en niños con trastorno del espectro autista. Asimismo, para lograr el objetivo general, fue necesario definir los objetivos específicos para la investigación. Por consiguiente, se planteó el diseñar un modelo de visión artificial con un tiempo de respuesta y precisión aceptable para la detección de emociones en las expresiones faciales a través de imágenes. Además, se buscó alcanzar un alto grado de exactitud del modelo para evidenciar su fiabilidad con respecto a la clasificación de las emociones a través de las expresiones faciales. A su vez, se planteó obtener un alto puntaje con respecto a la utilidad y facilidad de uso entre los usuarios de la solución para validar su aceptación tecnológica. Por último, se estableció lograr una alta tasa de fotogramas por segundo para conseguir una mayor fluidez y calidad de imagen en tiempo real para la detección a través de la cámara de los dispositivos

## **Revisión de literatura**

### **Antecedentes internacionales**

J. R. Hou Lee y A. Wong [8], hacen hincapié en el desafío de las personas con TEA para inferir emociones a partir de las expresiones faciales, y cómo este deterioro afecta sus interacciones sociales, aumentando así el riesgo de soledad y depresión. Motivados por esta necesidad social, desarrollaron un modelo de Red Neuronal Convolutiva (CNN) para el reconocimiento de expresiones a través de video en tiempo real, con un equilibrio entre latencia y exactitud para su implementación en sistemas de visión artificial. Este modelo inteligente permite analizar secuencias de videos que capturan la transición completa de la expresión facial. Además, introdujeron un nuevo conjunto de datos de video denominado BigFaceX, con 68363 registros de siete emociones, diseñado para el aprendizaje en ventanas de tiempo. Los autores concluyeron que el modelo resultante puede ser empleado en un sistema de reconocimiento de emociones en tiempo real. Esta investigación se tomó en cuenta, para establecer el requisito de baja latencia para una interacción fluida, conocer acerca del proceso de desarrollo de modelos de este tipo y los factores que afectan su desempeño.

S. Pulido-Castro et al. [6], enfatiza el deterioro del reconocimiento de emociones por el TEA que genera una afección en la interacción social y comunicación durante toda la vida del individuo. Teniendo en cuenta esa deficiencia, se desarrolla un algoritmo de reconocimiento

emocional en tiempo real a través de las expresiones faciales. Asimismo, para la prueba del algoritmo, se creó una herramienta similar a un videojuego para estimular la imitación y reconocimiento de las expresiones faciales en niños con TEA de entre 6 y 8 años. El aporte de la investigación se basa en el desarrollo de un conjunto de modelos de aprendizaje automático que dividen a las emociones en conjuntos para mejorar la exactitud del reconocimiento y reducir el tiempo de ejecución. Finalmente, los autores concluyeron que la clasificación de expresiones faciales mediante conjuntos de modelos puede mejorar tanto la sensibilidad individual como la exactitud en general en comparación con los métodos de clasificación tradicional. Esta investigación fue considerada, dado que permitió identificar los diversos métodos y técnicas para el desarrollo de soluciones de este tipo y su capacidad para ser empleadas en herramientas computacionales para niños con TEA.

H. Wang et al. [7], toman en cuenta la dificultad de las personas con TEA en el empleo de las habilidades socioemocionales para expresar sus emociones dentro de las relaciones interpersonales. De acuerdo con lo anterior, los autores desarrollan un sistema de reconocimiento de expresiones faciales empleado a través de una aplicación móvil. Esta aplicación cuenta con la capacidad de detectar múltiples rostros a través de la cámara y clasificar sus expresiones de acuerdo con la emoción que representan. El valor agregado de la investigación abarca en la propuesta del sistema multiusuario basado en Android que emplea un modelo de CNN para la clasificación de expresiones en tiempo real y sin conexión, junto con la introducción de un nuevo conjunto de datos de expresiones faciales denominado MCFER, con registros recopilados de escenarios reales y bajo condiciones complejas. Finalmente, los autores concluyen que la aplicación resultante es funcional en un teléfono inteligente, siendo potencialmente útil para médicos y padres de personas con autismo. Sin embargo, recomiendan simplificar el modelo para mejorar su rendimiento, considerando las limitaciones de los dispositivos móviles. Esta investigación se eligió como antecedente porque proporciona información sobre las diversas plataformas compatibles y como estas afectarían en el rendimiento de la solución.

#### **Antecedentes nacionales**

R. J. Guzman Condor y A. M. Huayna Dueñas [9], destacan la problemática de que los infantes con TEA cuentan con la necesidad de terapias y herramientas que fomenten el desarrollo de sus habilidades, pero en muchos casos, estas no se encuentran disponibles debido a limitaciones socioeconómicas. En base a lo mencionado anteriormente, los autores desarrollan una aplicación móvil, lo que genera un incremento en el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación en niños con TEA, al mismo tiempo que se genera una reducción de costos

económicos al estar disponible de manera gratuita para las familias. Finalmente, concluyen que la metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación móvil posibilita la creación de un ambiente de aprendizaje ergonómico para niños con TEA, proporcionando beneficios notables. Además, se considera que para futuras investigaciones se podría aprovechar la inteligencia artificial para mejorar la interacción de infantes con este trastorno. Este antecedente fue seleccionado, debido a que evidencia los beneficios de las herramientas tecnológicas en el desarrollo de las habilidades sociales en niños con TEA y el impacto económico para sus familias. En adición, esta investigación abre la puerta a la posibilidad de emplear la inteligencia artificial para mejorar este tipo de herramientas.

V. B Pedreschi et al [10], ponen énfasis en la dificultad de los niños con TEA de alto funcionamiento para el reconocimiento y expresión de emociones. Ante esta problemática, se desarrolló una plataforma de juegos serios para dispositivos móviles, con una arquitectura de alta operatividad basada en la nube. Asimismo, esta plataforma ha sido validada como una herramienta eficaz para el tratamiento de niños con TEA de edades desde los 3 a 10 años, que presentan dificultades para reconocer emociones y el estado mental de los demás. Finalmente, los autores concluyen que el soporte que brinda la herramienta para el manejo de la información es importante para la toma de decisiones acerca del tratamiento de los niños con TEA. Además, se evidenció una mejora de casi el 30% en la capacidad de reconocimiento de emociones después de dos semanas de recibir tratamiento personalizado con la aplicación. Los terapeutas también encontraron que la herramienta es de fácil uso y permite diseñar estrategias personalizadas, lo que posibilita la reducción de costos de las terapias para familias de bajos ingresos y facilitar la realización de sesiones de terapia de manera remota. Esta investigación fue considerada como antecedente porque evidencia un beneficio en la capacidad de reconocer y expresar emociones en niños con TEA de alta funcionalidad. Asimismo, comunica la aceptación por parte de terapeutas hacia herramientas tecnológicas de este tipo y posibles beneficios adicionales para familias con bajos recursos. Para finalizar, esta investigación permite tener una base de conocimiento sobre las características y la edad de los niños hacia los que van dirigidos estas soluciones tecnológicas.

#### **Antecedentes locales**

S. Benel Ramirez [11], pone énfasis en la exposición de los estudiantes universitarios a factores que repercuten en su estado emocional, haciéndolos susceptibles a sufrir enfermedades mentales. En base a lo anterior, el autor emplea las metodologías Scrum y Machine Learning Project Checklist, para la construcción de una aplicación móvil escolar que facilita el control del estado anímico y es capaz de identificar emociones en base a respuestas a preguntas simples.

El aporte de esta investigación se basa en el desarrollo de un modelo inteligente de redes neuronales de tipo Transformer con capacidad de clasificar un texto en seis emociones diferentes. Además, se creó una aplicación móvil dirigida a estudiantes para el uso del modelo, y una plataforma de administración web con el registro de las emociones. El autor llega a la conclusión de que el modelo inteligente desarrollado con la técnica empleada obtuvo un rendimiento óptimo en términos de exactitud. En adición, se destaca el éxito en la validación del funcionamiento del despliegue a través de una aplicación móvil. El presente antecedente fue seleccionado dado a que permite reconocer el óptimo rendimiento de modelos inteligentes a la hora de reconocer emociones. De la misma manera, permite establecer una base para la concepción de las arquitecturas compatibles con este tipo de solución.

E. A. Coronel Caján [12], expresa que el reconocimiento de expresiones faciales es un tema novedoso y aplicable para la mejora en diversos campos como el entrenamiento y la salud. No obstante, el problema radica en la complejidad del rostro humano y variables como la iluminación y calidad que pueden afectar el rendimiento del reconocimiento. En base a lo anterior, el autor realiza una previa búsqueda de algoritmos de aprendizaje profundo, selecciona y configura una CNN para la identificación de las expresiones de tristeza de rostros humanos priorizando la eficiencia y el tiempo de entrenamiento. El distintivo de la investigación se basa en el empleo de un modelo de reconocimiento facial desplegado a través de un navegador web, el cual evidenció un buen rendimiento a costa de un considerable impacto en el consumo de recursos. Finalmente, el autor concluye que, dado los resultados, es posible abarcar en el reconocimiento a otras expresiones faciales adicionales a la tristeza. El presente antecedente fue seleccionado ya que permite identificar el desempeño de las CNN para el reconocimiento de emociones en un ambiente poco controlado y en rostros con características fisionómicas de la región.

### **Bases teóricas**

#### **Inteligencia artificial (IA)**

De acuerdo con Oracle [13], la inteligencia artificial es la capacidad de las computadoras o sistemas de realizar tareas con la destreza propia del ser humano. Además de tener la característica de mejorar continuamente de acuerdo con la información que recopilan. Las ventajas competitivas que ofrece han originado su aplicación dentro de asistentes de chat para la comprensión rápida de problemas, motores de recomendación automatizadas y el análisis para extraer valor de grandes conjuntos de datos. En el marco de la presente investigación, se consideró la IA como concepto fundamental para el diseño de la solución tecnológica, debido

a su capacidad de mejora continua y resultados notables dentro de la clasificación de expresiones faciales, tal como se ha demostrado en los antecedentes internacionales presentados.

### **Aprendizaje automático**

El aprendizaje automático o Machine Learning (ML), es un subcampo de la IA que otorga la capacidad a las máquinas, de cumplir tareas de manera automática y sin ser previamente programado por una persona, a través de la generación de aprendizaje y el cumplimiento de reglas [14]. Con respecto a la presente investigación, la solución basada en IA es enfocada específicamente en este subcampo, lo que permite otorgarle la capacidad de clasificar expresiones faciales de manera automática mediante la generación de conocimiento a partir de un conjunto de datos considerable.

### **Tipos de Aprendizaje Automático**

J. Bobadilla [15], clasifica al aprendizaje automático en 4 tipos, aprendizaje supervisado, no supervisado, semi-supervisado y por refuerzo. Tomando enfoque en el aprendizaje supervisado, este abarca soluciones donde se incluyen una variable deseada, denominada etiqueta, presente en el conjunto de datos usado para el entrenamiento. Además, se centra en la adquisición de un modelo que, una vez entrenado por un número determinado de épocas, tenga la capacidad de predecir la etiqueta proveniente de un valor de entrada nunca visto, mediante técnicas como regresión y clasificación. Para el desarrollo del modelo clasificador de expresiones faciales de la presente investigación, se empleó este tipo de aprendizaje para la generación de conocimiento mediante imágenes y etiquetas correspondientes a las emociones que representan.

### **Aprendizaje Profundo**

L. Rouhiainen [16] concibe al aprendizaje profundo o Deep Learning (DL), como un subcampo del ML, enfocado en la resolución de problemas complejos relacionados con grandes cúmulos de datos. Además, para la aplicación del DL, se hace uso de las RNA, como un algoritmo organizado en diferentes capas, con la capacidad de procesar e identificar relaciones y patrones dentro de los conjuntos de datos. Dentro del marco de la solución tecnológica, se utilizó el DL para la concepción de un algoritmo destinado a detectar patrones significativos en el conjunto de datos complejo, que consta de imágenes de expresiones faciales y las etiquetas de la emoción que representan.

### **Redes Neuronales Artificiales (RNA)**

De acuerdo con X. Basogaian Olabe [17], se conciben a las RNA como un sistema de procesamiento que toma como modelo a las redes neuronales biológicas del sistema nervioso humano, contando con la capacidad de aprender, generalizar y abstraer. Es decir, estas estructuras con inspiración biológica tienen la competencia suficiente para adquirir

conocimiento y adaptarse a través de un entrenamiento propuesto, proporcionar respuestas nuevas en base a ejemplos previos y considerar por separado cada una de las cualidades del tipo de objeto de entrada a analizar. Con respecto al producto de la investigación, se empleó este tipo de sistema de procesamiento dada su capacidad de generar respuestas nuevas y adaptarlas a través de los ejemplos mostrados durante el entrenamiento del algoritmo.

### **Visión Artificial**

T. Domínguez Mínguez [18] define a la visión artificial como la capacidad de las máquinas para adquirir información de las imágenes y comprenderla. Esta técnica es desarrollada con el objetivo de extraer información de utilidad para alcanzar un fin propuesto. Debido a la versatilidad con la que cuenta la visión artificial, su aplicación ha sido llevada a diferentes campos como la medicina, agricultura, educación, comercio, conducción automatizada y videojuegos; apoyándose en los tres pilares, comprendidos por la adquisición, procesamiento y análisis de las imágenes provenientes de la realidad. El desarrollo de los modelos de visión artificial se da a través de una gran variedad de algoritmos, cada uno con su peculiaridad, por ejemplo, las redes neuronales convolucionales. Se seleccionó esta técnica para la presente investigación con el propósito de extraer la información necesaria de la realidad de manera automatizada, evitando métodos manuales de gran dificultad.

### **Metodología CRISP-DM**

CRISP-DM, de acuerdo con International Business Machine (IBM) [19], es una metodología orientadora del proceso de minería de datos para la ejecución de proyectos enfocados en obtener conocimiento a partir de una gran cantidad de datos. En el proceso de la investigación, se empleó CRISP-DM para el desarrollo ordenado del modelo de visión artificial destinado al reconocimiento de expresiones faciales. Las distintas fases y tareas necesarias se describen con detalle en la sección de resultados.

### **Metodología Kanban**

Como expresa J. Edge [20], Kanban pertenece al conjunto de metodologías ágiles aplicadas en proyectos con diferentes enfoques. Al aplicarse la metodología Kanban dentro del desarrollo de software, se tiene conciencia y apoyo de la capacidad de producción y decisiones que influyen en el éxito del proyecto, debido a que el trabajo es realizado de acuerdo con la capacidad del equipo, mas no es forzado con excesos de tareas, asimismo, permite realizar cambios rápidos y con el menor consumo de tiempo, a diferencia de las metodologías de desarrollo tradicionales. Durante la investigación, la metodología Kanban fue empleada para el desarrollo del sistema de escritorio, aprovechando sus herramientas visuales como el tablero Kanban para la gestión de las actividades.

### **Trastorno del espectro autista (TEA)**

De acuerdo con la OMS [1], el trastorno del espectro autista es una agrupación de diversas patologías que afectan la comunicación e interacción social, a través de comportamientos y conductas anómalas. Por las características del trastorno, es posible su detección a una corta edad, permitiendo la ejecución de intervenciones tempranas que permitan el óptimo desarrollo y bienestar de las personas con TEA. A causa de las necesidades de atención, existe una gran variedad de intervenciones para este tipo de discapacidad del desarrollo, con el requisito de ser ajustadas de acuerdo con el caso particular de la persona a quien se le aplicará. Asimismo, los tratamientos son complejos y demandan un conocimiento especializado, además de la necesidad de servicios de atención integrados dentro del sector de salud. Por otra parte, las características que presentan el TEA pueden influir en la vida de la persona quien lo padece, como en la educación, vida social y desempeño laboral, llegando en ocasiones a ser objeto de abusos y discriminación, como la privación del acceso a la educación, salud y oportunidades al igual que los otros miembros de la sociedad. La presente investigación parte de las necesidades de atención evidenciadas en esta discapacidad del desarrollo, las cuales afectan la comunicación e interacción social, y utiliza esta base como punto de partida para la concepción de la solución.

### **Características del TEA**

El trastorno del espectro autista, como un trastorno general del desarrollo, genera características del comportamiento apreciables desde los 3 años, permitiendo su identificación temprana. Entre algunas de las características principales del TEA [21], [22], se destacan la ausencia o retraso en el desarrollo del lenguaje, el fracaso en el establecimiento de contacto visual directo, la deficiencia en la comprensión de emociones, expresiones faciales y lenguaje corporal, la deficiencia en la reciprocidad socioemocional, incapacidad para ajustar el comportamiento en entornos sociales, la incapacidad para entablar relaciones y compartir intereses con personas de la misma edad, y la falta de interés en compartir emociones y logros. Estas características permiten identificar las deficiencias de las habilidades socioemocionales como un aspecto crucial que puede abordarse desde una edad temprana, a través de la solución tecnológica de la investigación.

### **Enseñanza socioemocional**

La enseñanza socioemocional es concebida como un proceso de formación en el desarrollo de la inteligencia y competencias emocionales bajo un enfoque preventivo tanto para niños como para adultos, cultivando la habilidad de reconocimiento y manejo de las emociones, estableciendo relaciones asertivas, empatía emocional y la capacidad de actuar de manera efectiva ante contextos desafiantes [23]. La importancia de la educación socioemocional no

solo radica en un beneficio individual sino también social, abarcando poblaciones con discapacidad del desarrollo como lo es el TEA y siendo evidente a través de la mejora en la capacidad de expresarse de manera más específica con los demás gracias al incremento del vocabulario emocional. En base a los beneficios anteriores, la concepción de la solución tecnológica fue orientada a la educación socioemocional gracias a su beneficio en el desarrollo íntegro de niños con TEA [24].

### **Expresiones faciales**

De acuerdo con lo demostrado por S. S. Tomkins y R. McCarter [25], tomando en cuenta que las emociones son el fundamento de la motivación humana y se reflejan a través de las expresiones faciales, estas expresiones guardan una relación con estados emocionales específicos en la persona. En otras palabras, las expresiones faciales posibilitan que una persona pueda comunicar su estado emocional hacia los observadores. Sumado a lo anterior, la categorización y universalidad de las expresiones como un medio para comunicar las emociones fue abarcada a través de la investigación de P. Ekman et al. [26], donde se analizó la clasificación de las expresiones faciales según su emoción por parte de observadores de distintos grupos culturales, obteniendo como resultado que las expresiones de alegría, enojo y tristeza son ampliamente reconocibles y las de asco, sorpresa y tristeza en una menor medida. Lo abordado anteriormente ha permitido definir a las expresiones faciales como un medio para representar las emociones aplicables dentro de la enseñanza socioemocional. Asimismo, se han seleccionado las expresiones faciales que servirán como base para la solución tecnológica.

### **Materiales y métodos**

#### **Tipo de investigación**

La presente investigación es aplicada de acuerdo con la tipología de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) [27], debido a que, mediante el uso de conocimientos existentes y experticia práctica, se busca la solución de la problemática que abarca la deficiencia para el reconocimiento y comunicación de las emociones a través de las expresiones faciales presente en niños con TEA, así como la alta complejidad dentro de la enseñanza socioemocional en la Asociación Autismo Chiclayo. En cuanto a la escala Technology Readiness Levels (TRL) diseñada para Perú por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) [28], el presente trabajo se sitúa dentro del nivel cuatro con un entorno en donde se ponen a prueba las principales características del producto, concibiendo a la Asociación Autismo Chiclayo como contexto de investigación.

#### **Métodos de investigación**

Para la presente investigación se emplearon los siguientes métodos de investigación:

TABLA I  
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Descripción
Inductivo	Estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución tecnológica en el contexto de la Asociación Autismo Chiclayo, obteniendo conclusiones a través de hechos particulares como las encuestas y entrevistas a realizar [29].
Analítico	Análisis y estudio de la problemática en la Asociación Autismo Chiclayo desde diferentes aspectos individuales, con respecto a la enseñanza socioemocional en niños con TEA [29].
Revisión de la literatura	Búsqueda selectiva de antecedentes y bases teóricas para extracción y recopilación de información vinculadas al problema de investigación, con el fin de contextualizar el desarrollo de solución [30].
Experimentación	Ejecución del entrenamiento del modelo de visión artificial con conjuntos de datos de expresiones faciales e implementación del sistema donde fue importado, para validar la utilidad de la herramienta basada en visión artificial aplicada a la enseñanza socioemocional en niños con TEA [31].
Implementación	Desarrollo del modelo e implementación del sistema basado en visión artificial para la enseñanza socioemocional en niños con TEA.

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos.

TABLA II  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Encuesta	Cuestionario (Ver Anexo N° 02, 03 y 04)	Psicólogos, terapeutas y cuidadores.	Conocer la problemática en el proceso de enseñanza socioemocional en niños con TEA y medir la aceptabilidad de la aplicación dentro de la asociación.
Entrevista	Guía de entrevista (Ver Anexo N° 05)	Presidente de la organización.	Extraer información del contexto donde se presenta la problemática.
Observación	Guía de observación (Ver Anexo N° 06)	Psicólogos, terapeutas, cuidadores de niños con TEA.	Conocer el método de enseñanza, instrumentos y desenvolvimiento con los niños durante las sesiones de enseñanza socioemocional.

### Metodología de desarrollo

Con respecto a la metodología de desarrollo, se empleó CRISP-DM, enfocada al desarrollo del modelo de visión artificial. Se abarcaron diversas fases, desde la comprensión del negocio hasta la importación del modelo de visión artificial en el sistema de escritorio. Dichas fases incluyeron la comprensión y preparación de los datos utilizados en el entrenamiento y evaluación del modelo, el desarrollo del modelo, la evaluación de su calidad, y el proceso de su integración en el sistema. Para la gestión del desarrollo del sistema de escritorio y el flujo de trabajo, posterior a la producción del modelo de visión artificial, se aplicó la metodología Kanban. Esta metodología abarcó el diseño de las interfaces del sistema, desarrollo del menú y la configuración de clases iniciales. Además, incluyó el desarrollo de la interfaz, desarrollo del modo libre, imitación, aprendizaje y test, así como la ejecución de pruebas de funcionalidad del sistema. Finalmente, se llevó a cabo la generación del manual y la documentación.

## Arquitectura

La arquitectura del sistema de escritorio, evidenciada en la Figura 1, está compuesta por:

- Base de Datos: Almacén de registros PostgreSQL [32], dentro se encuentran los ejercicios y preguntas empleadas en las actividades de los módulos del sistema.
- Capa de Datos: Maneja las consultas a la base de datos y la lectura de los registros resultantes para su empleo en los módulos del sistema.
- Capa Lógica: Realiza el procesamiento de las imágenes para la clasificación, maneja la funcionalidad del sistema y sirve como puente entre el modelo y la capa usuario.
- Capa Usuario: Proporciona la interfaz de manejo para el usuario y gestiona el ingreso de las imágenes captadas.
- Niño: Usuario de 6 años a 11 años con Trastorno del Espectro Autista que interactúa el sistema con la asistencia del tutor durante la sesión de enseñanza socioemocional.
- Modelo de Visión Artificial: Modelo clasificador de expresiones faciales a través de imágenes procesadas, que serán recibidas a través de la capa lógica.
- Sistema de Escritorio: Software de escritorio, compuesto por el modelo de visión artificial, capa datos, capa lógica, capa usuario y los 4 módulos funcionales.
- Terminal: Ordenador portátil que ejecutará el sistema de escritorio, cuenta con Windows 10, procesador AMD Ryzen 7 5800 y memoria RAM 8GB.
- Tutor: Usuario responsable de la sesión de enseñanza socioemocional, encargado del manejo de la terminal para apoyar la interacción del niño con el sistema.
- Recursos: Directorio donde se almacenan las imágenes y componentes funcionales.
- Webcam: Cámara web (Redragon Hitman con resolución de 1080 pixeles a 30 FPS) que permitirá al sistema captar las expresiones faciales a través de imágenes.

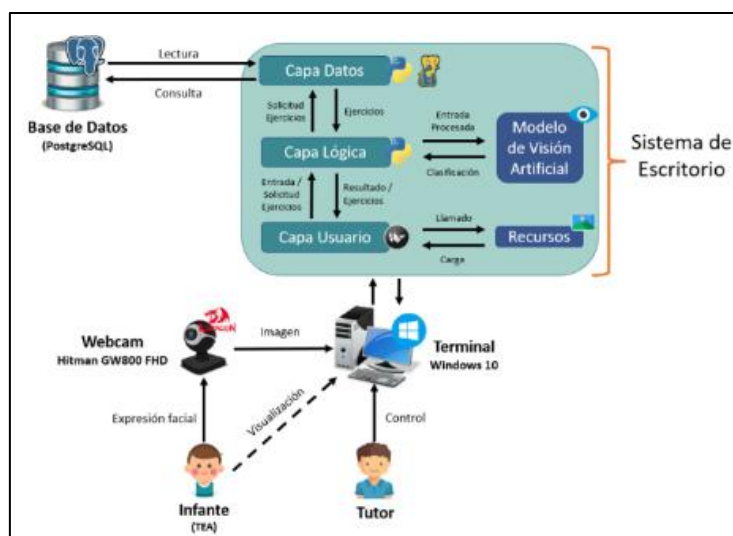


Fig. 1. Arquitectura tecnológica de la solución

**Matriz de consistencia**

TABLA III  
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODOLÓGÍA DE INVESTIGACIÓN</u>			
¿De qué manera se puede dar soporte de carácter tecnológico a la enseñanza socioemocional en una asociación de autismo de Chiclayo?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Investigación aplicada.			
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>			
Crear un sistema basado en visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales aplicado en la enseñanza socioemocional en niños con trastorno del espectro autista.	Inductivo	Estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución tecnológica en el contexto de la Asociación Autismo Chiclayo, obteniendo conclusiones a través de hechos particulares como las encuestas y entrevistas a realizar [29].			
	Análítico	Análisis y estudio de la problemática en la Asociación Autismo Chiclayo desde diferentes aspectos individuales, con respecto a la enseñanza socioemocional en niños con TEA [29].			
	Revisión de la literatura	Búsqueda selectiva de antecedentes y bases teóricas para extracción y recopilación de información vinculadas al problema de investigación, con el fin de contextualizar el desarrollo de solución [30].			
	Experimentación	Ejecución del entrenamiento del modelo de visión artificial con conjuntos de datos de expresiones faciales e implementación del sistema donde fue importado, para validar la utilidad de la herramienta basada en visión artificial aplicada a la enseñanza socioemocional en niños con TEA [31].			
	Implementación	Desarrollo del modelo e implementación del sistema basado en visión artificial para la enseñanza socioemocional en niños con TEA.			
	<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PROPÓSITO</u>	
	Encuesta	Cuestionario (Ver Anexo N° 02, 03 y 04)	Psicólogos, terapeutas y cuidadores.	Conocer la problemática en el proceso de enseñanza socioemocional en niños con TEA y medir la aceptabilidad de la aplicación dentro de la asociación.	

	Entrevista	Guía de entrevista (Ver Anexo N° 05)	Presidente de la organización.	Extraer información del contexto donde se presenta la problemática.
	Observación	Guía de observación (Ver Anexo N° 06)	Psicólogos, terapeutas, cuidadores de niños con TEA.	Conocer el método de enseñanza, instrumentos y desenvolvimiento con los niños durante las sesiones de enseñanza socioemocional.
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>		<u>INDICADORES</u>	
Diseñar un modelo de visión artificial con un tiempo de respuesta y precisión aceptable para la detección de emociones en las expresiones faciales a través de imágenes.	A través de la evaluación, el modelo de visión artificial alcanzó un promedio de 82% de precisión. El tiempo de respuesta para la clasificación del modelo es de 40 milisegundos.		Porcentaje promedio de precisión del modelo. Tiempo de respuesta en la clasificación del modelo al ingresar datos de entrada.	
Alcanzar un alto grado de exactitud del modelo para evidenciar su fiabilidad con respecto a la clasificación de las emociones a través de las expresiones faciales.	A través de la evaluación, el modelo de visión artificial alcanzó un 82% de exactitud.		Porcentaje de exactitud del modelo.	
Obtener un alto puntaje con respecto a la utilidad y facilidad de uso entre los usuarios de la solución para validar su aceptación tecnológica.	La evaluación de aceptación tecnológica (Ver Anexo N° 03 y 04) evidenció que de los 6 profesionales de salud mental que colaboran con la asociación, un 83% percibió a la herramienta como totalmente útil, y el 75% la calificó como totalmente fácil de usar en el contexto del proceso de enseñanza socioemocional. Para los 20 padres de los niños participantes, el 76% percibió a la herramienta útil en su totalidad y el 78% la encontró totalmente fácil de usar.		Nivel de utilidad percibida. Nivel de facilidad de uso percibida.	
Lograr una alta tasa de fotogramas por segundo para conseguir una mayor fluidez y calidad de imagen en tiempo real para la detección a través de la cámara de los dispositivos.	Las características de fluidez y calidad de imagen en tiempo real son aseguradas bajo un promedio de 12 fotogramas por segundo.		Tasa de fotogramas por segundo en tiempo de ejecución.	

### **Consideraciones éticas**

Conforme a lo dispuesto en el Artículo 34 de la Ley N° 2997 denominada Ley General de la Persona con Discapacidad, donde el Ministerio de Salud promueve y ejecuta investigaciones científicas para el desarrollo de tecnologías de apoyo en el ámbito de la discapacidad, se determinó que dentro del marco legal se encuentra permitido el desarrollo de la solución de la presente investigación, destinada ayudar a las poblaciones que cuentan con alguna discapacidad, donde se contempla a la población con TEA. Asimismo, se tomaron en cuenta las disposiciones del Reglamento de la Ley N° 29733 denominada Ley de Protección de datos Personales, con respecto al Artículo 27 del Capítulo IV, donde para el tratamiento de datos personales de menores de edad, se ha considerado la necesidad de una aprobación por escrito, con el consentimiento de sus apoderados, para la ejecución de las pruebas y tratamiento de los datos relacionados con la investigación. El formato elaborado para el consentimiento por escrito se encuentra visible a través del Anexo N° 07. Finalmente, de acuerdo con el Reglamento de la Ley N° 3015 denominada Ley de Protección de las Personas con Trastorno del Espectro Autista, con respecto al Artículo 17, donde el Ministerio de Educación (MINEDU) en coordinación de los gobiernos regionales elaboran lineamientos para el establecimiento de recursos tecnológicos de apoyo. En el presente proyecto, con el fin de desarrollar la solución tecnológica con características que se adapten a las necesidades especiales y se rija bajo los lineamientos establecidos, se tomaron en cuenta las guías especializadas elaboradas por el MINEDU [33], [34], [35], [36].

### **Resultados y discusión**

De acuerdo con la metodología CRISP-DM empleada para el desarrollo del modelo de reconocimiento de expresiones faciales, se emplearon las siguientes iteraciones

#### **Comprensión del negocio**

##### **Determinar los objetivos del negocio**

A través de la entrevista realizada al presidente de la asociación (Ver Anexo N° 05), se determinó que entre los servicios ofrecidos por la organización, se destaca el centro de terapias de la asociación, donde en colaboración con profesionales de la salud mental especializado se realizan intervenciones físicas y psicológicas, abarcando sobre todo terapias lingüísticas que tienen como propósito mejorar la expresividad y el lenguaje en niños con TEA, a través del desarrollo de habilidades relacionadas con la interacción social. Asimismo, se enfatiza de que, al tratarse de una organización sin fines de lucro, a través de sus actividades económicas se recauda lo esencial para cubrir los gastos que conllevan mantener la calidad del servicio. No

obstante, el desarrollo de las terapias de lenguaje genera un considerable gasto con respecto al material didáctico y recursos necesarios para su ejecución.

Con respecto a los recursos disponibles en el contexto tecnológico, la organización cuenta con acceso a internet y terminales que abarcan dos portátiles y un dispositivo táctil con limitaciones en el almacenamiento y procesamiento. Asimismo, el centro de la asociación cuenta con acceso a aplicaciones de ofimática que facilitan la administración de las historias. No obstante, se hace notable la ausencia de herramientas que brinden soporte en las intervenciones realizadas a los niños con TEA.

En base a lo anterior, se enfocó al proceso de enseñanza socioemocional, abarcado por la asociación a través de las terapias lingüísticas, como el principal pilar del desarrollo del proyecto. Teniendo como objetivo del negocio, establecer un sistema basado en visión artificial en tiempo real para el reconocimiento emociones a través de expresiones faciales aplicable a la enseñanza socioemocional en niños con trastorno del espectro autista. Además, tomando en cuenta las limitaciones en infraestructura tecnológica de la asociación y las exigencias dentro del proceso de enseñanza socioemocional, que plantean el criterio de eficiencia computacional para una fluidez entre el niño con TEA, la herramienta y el tutor. Asimismo, la necesidad de asegurar la exactitud y precisión del modelo para evidenciar la fiabilidad en su clasificación. Como criterio de éxito, se concibió la entrega del sistema basado en visión artificial en tiempo real cumpliendo los requisitos de fluidez, exactitud, precisión y aceptación por parte de los miembros de la Asociación Autismo Chiclayo.

### **Evaluación de la situación**

Se contó con acceso a la Asociación Autismo Chiclayo, para solicitar información necesaria para el proyecto. Además, de asistencia por parte de personal profesional de salud mental, siendo un psicólogo y un psiquiatra quienes proveyeron información referente al TEA y al proceso de enseñanza socioemocional abarcado a través de las terapias. A través de una guía de observación (Ver Anexo N° 06), se identificó que el proceso de enseñanza socioemocional para niños con TEA se lleva a cabo de manera individual o grupal dentro de entornos aislados para minimizar las distracciones. Además, el apoderado del niño ofrece apoyo durante la sesión dependiendo de las necesidades del niño. Para la ejecución de las actividades, el profesional a cargo de la terapia emplea material didáctico, ya sea adquirido o de elaboración propia a partir de la disponibilidad de los recursos proporcionados por la organización. A pesar del conocimiento de la existencia de herramientas tecnológicas que pueden ofrecer soporte en el proceso de enseñanza socioemocional, la asociación carece de acceso a estas debido a sus elevados costos de adquisición y a la dificultad de uso, desaprovechando así la disponibilidad

de dispositivos electrónicos en el centro de terapias. Ante esta ausencia, se recurre al uso del material físico, generando costos adicionales para el centro y, en ocasiones, resultando poco atractivo dependiendo del temperamento del niño. Por otro lado, el uso del material físico durante las sesiones está condicionado por su disponibilidad, ya que también es solicitado por otros profesionales para llevar a cabo sesiones de terapia, generando tiempos de espera para su utilización. Además, el proceso de enseñanza socioemocional presenta otras dificultades, como la falta de interés y desconfianza del niño hacia las instrucciones del tutor, así como la complejidad de llevar a cabo intervenciones fuera del centro de la organización, dado que las soluciones y tratamientos están diseñados para un uso profesional o requiere conocimientos especializados.

Con respecto a los datos necesarios para la ejecución del proyecto, se usó el conjunto de datos balanceado [37] que se encuentra disponible de manera pública en la red. Este conjunto de datos toma como base al conjunto de datos de expresiones faciales FERPlus de Microsoft [38], el cual proporciona nuevas etiquetas que mejora la calidad del conjunto de datos de emociones original llamado FER2013 [39]. El conjunto de datos se conforma por imágenes de expresiones faciales en escala de grises con una resolución de 48x48 píxeles, y cuentan con etiquetas de siete emociones básicas como felicidad, ira, disgusto, miedo, tristeza, sorpresa y neutralidad.

### **Determinar los objetivos del proyecto**

En base a lo expresado anteriormente, se plantearon los siguientes objetivos:

- Ofrecer un modelo con un tiempo de respuesta y precisión aceptable en la clasificación de emociones a través de expresiones faciales en tiempo real.
- Lograr un alto grado de exactitud del modelo con respecto a la clasificación de las emociones a través de expresiones faciales.
- Lograr una considerable tasa de fotogramas por segundo (FPS) para una fluidez y calidad de imagen en tiempo real.

A continuación, se detallan los criterios de éxito para el presente proyecto:

- Modelo con una precisión promedio mayor al 80%.
- Tiempo de respuesta de la clasificación menor a 400 milisegundos.
- Modelo con una exactitud mayor al 80%.
- FPS de video mayor o igual a 10.

### **Realizar plan de proyecto**

El presente proyecto se organizó de acuerdo con el cronograma visible a través de la Tabla VI en el Anexo N° 08, en donde se contempla el tiempo de realización y fases correspondientes.

## **Comprensión de los datos**

### **Recolección de datos iniciales**

Los datos que se emplearon en el presente proyecto son referentes a registros de imágenes de expresiones faciales que representan determinadas emociones. Dicho recurso, cuenta con más de 29000 instancias que comprenden siete emociones como enojo, disgusto, miedo, sorpresa, felicidad, tristeza y neutralidad. Asimismo, los registros se encuentran comprendidos en carpetas correspondientes al conjunto de entrenamiento y prueba, donde existen subdirectorios con el nombre de la expresión correspondiente.

### **Descripción de los datos**

Para la descripción de los datos, se empleó un cuaderno de trabajo de código Python [40] ejecutable. De esta manera, se logró identificar que el conjunto de datos de entrenamiento cuenta con un total de 29023 instancias en forma de archivo, distribuidas en directorios para entrenamiento y prueba, con subdirectorios con el nombre referente a la expresión que corresponden. Asimismo, en la descripción de los tipos de datos de los directorios, se observó que los registros abarcan archivos JPG con dimensiones de 48x48 pixeles a un solo canal. Finalmente, se evidenció un esquema de codificación con 7 posibles clasificaciones, que abarcan las emociones de enojo, disgusto, miedo, sorpresa, felicidad, tristeza y neutralidad.

### **Exploración de datos**

Para la ejecución de la exploración de los datos, se empleó la plataforma Kaggle [41] para la creación del cuaderno de trabajo interactivo. Una vez configurado, se procedió a realizar el análisis de la distribución con respecto a los datos. Como se muestra en la Figura 2, existen los conjuntos de entrenamiento y prueba. Ambos conjuntos cuentan con las mismas emociones, pero el número de registros de entrenamiento es considerablemente mayor. Y con respecto a su distribución, se puede apreciar un balanceo en el número de registros para cada etiqueta, con una diferencia mínima en la clase de la emoción de tristeza. Por otro lado, se evidencia la falta del conjunto de datos de validación, por lo que se determinó la necesidad de emplear, durante la fase de construcción de datos, la técnica de aumento de datos, que consiste en la generación de nuevos registros para satisfacer la necesidad de cantidad [42], que en este caso son utilizados para la creación del conjunto de validación faltante.

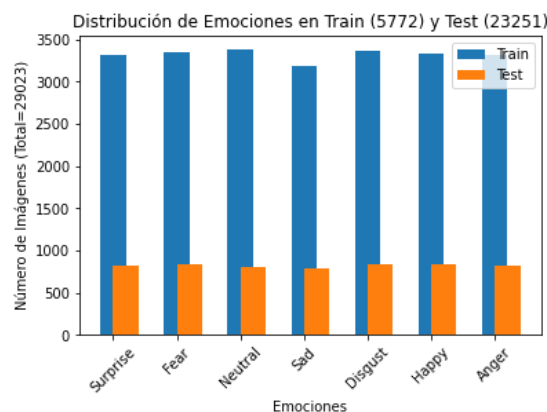


Fig. 2. Distribución de las emociones en el conjunto de datos

### Verificación de la calidad de los datos

Para asegurar que la calidad de los datos es óptima para los fines del proyecto, en primer lugar, se procedió a verificar que el formato y dimensiones de cada una de las imágenes cumplan con lo anteriormente definido en la exploración de datos. El proceso y resultado de la verificación a través del script empleado se aprecia en la Figura 3.

```

#Verificar la dimensión y tipo de archivo de train
for emocion_folder in os.listdir(train_folder):
    if os.path.isdir(os.path.join(train_folder,emocion_folder)):
        for imagen in os.listdir(os.path.join(train_folder,emocion_folder)):
            if imagen.lower().endswith('.jpg'):
                imagen_ruta = os.path.join(train_folder,emocion_folder,imagen)
                imagen=cv2.imread(imagen_ruta)
                if image is None or image.shape !=(48,48,3):
                    valid_images=False
                    break #Si la imagen no cumple con las condiciones,termina.
print("Las imágenes cumplen con las características:",valid_images)

#Verificar la dimensión y tipo de archivo de test
for emocion_folder in os.listdir(test_folder):
    if os.path.isdir(os.path.join(test_folder,emocion_folder)):
        for imagen in os.listdir(os.path.join(test_folder,emocion_folder)):
            if imagen.lower().endswith('.jpg'):
                imagen_ruta = os.path.join(test_folder,emocion_folder,imagen)
                imagen=cv2.imread(imagen_ruta)
                if image is None or image.shape !=(48,48,3):
                    valid_images=False
                    break #Si la imagen no cumple con las condiciones,termina.
print("Las imágenes cumplen con las características:",valid_images)

```

Las imágenes cumplen con las características: True

Las imágenes cumplen con las características: True

Fig. 3. Ejecución de la verificación de la calidad de los datos.

### Preparación de los datos

#### Selección de datos

Con respecto a los registros, se emplearon todas las instancias disponibles del conjunto de datos, equivalente a 29023. No obstante, previamente, se evidenció la necesidad de construcción del conjunto de validación, para ello se seleccionaron los registros de entrenamiento en base a su mayor variedad de registros frente al conjunto de prueba.

#### Construcción de datos

A partir de los resultados de la exploración de datos, se destacó la ausencia del conjunto de validación, por lo que se realizó su creación a partir del 20% de los registros conjunto de datos de entrenamiento. En seguida, se procedió a emplear la técnica de aumento de datos en el conjunto entrenamiento y validación. Como se puede apreciar en la Figura 4, se empleó un método que a través de la rotación, desplazamiento, volteo, distorsión y llenado de píxeles para la generación de los nuevos datos a partir de los registros originales de entrenamiento como los

de validación. Asimismo, se realizó la normalización de cada uno de los píxeles de las imágenes lo que permitió ajustar el valor de cada píxel en un rango de 0 a 1.

```
#Aumento de datos y División de train para validación 20%
generador_train = ImageDataGenerator(rescale = 1./255, #Normalizar los valores
validation_split = 0.2, #Dividir un 20% para validación
horizontal_flip=True, #Aplicar giros horizontales
vertical_flip=False, #No aplicar giros verticales
height_shift_range = 0.2, #Desplazamiento de altura de los datos
width_shift_range = 0.2, #Desplazamiento de anchura de los datos en 0.2
rotation_range = 0.3, #Rotar la imagen en 0.3 grados
shear_range = 0.2, #Distorsiona la imagen
fill_mode='nearest') #Llena los pixeles vacios con el más cercano

generador_test = ImageDataGenerator(rescale = 1./255) #Normalizar los valores
```

Fig. 4. Creación del conjunto de validación y aumento de datos.

## Integración de datos

Previo a los resultados del desarrollo del modelo, no fue necesaria la integración de nuevos datos a partir de otros orígenes. Asimismo, a partir de los resultados de la evaluación del modelo y su rendimiento en la clasificación en tiempo real, no se evidenció la necesidad de integrar nuevos registros a partir de conjuntos de datos de expresiones faciales con formatos similares.

## Formateo de datos

Para asegurar que los datos de entrada tengan el formato adecuado para el entrenamiento del modelo, fue necesario definir el tamaño objetivo de 48x48 píxeles al que se redimensionarán las imágenes de los rostros cargadas desde el conjunto de datos, así como definir a 64 el tamaño del lote de imágenes que se cargará simultáneamente. Asimismo, se realizó la conversión de las etiquetas de clases hacia un vector binario. El proceso de formateo abarcó a los conjuntos de datos de entrenamiento, prueba y validación, teniendo en cuenta las clases de tipo categórica que abarcan las 7 emociones disponibles en el conjunto de datos de imágenes de rostros en formato JPG.

## Modelado

### Selección de la técnica de modelado

Dado a que el desarrollo del modelo se encuentra enfocado en la visión artificial para el reconocimiento de emociones a través de expresiones faciales, se emplearán imágenes formateadas en escala de grises compatibles con la técnica de redes neuronales convolucionales. Los criterios para la selección de la técnica de modelado, que se determinaron a través de los resultados evidenciados en los antecedentes [8] y [43], abarcaron la capacidad de las CNN para extraer patrones, en ocasiones imperceptibles para el ser humano, directamente del conjunto de datos de imágenes. Asimismo, se tomó en cuenta la capacidad de personalización de la arquitectura y los formatos de entrada y salida según las necesidades de la solución.

### Generar el plan de pruebas

Con respecto a la ejecución de la evaluación de la calidad del modelo, se estableció la matriz de confusión multiclase para evaluar las predicciones del modelo en función de los aciertos de las clases disponibles como resultado [44]. En este caso son siete y son abarcadas por las etiquetas de las emociones de neutralidad, sorpresa, miedo, disgusto, felicidad, enojo y tristeza. De igual manera, se emplean las métricas derivadas de la matriz de confusión multiclase, como la exactitud, que determina el porcentaje de clasificaciones correctas de las emociones con respecto al conjunto de prueba [45], y la precisión, que mide la consistencia en los resultados para cada una de las siete emociones disponibles [46].

### Construcción del modelo

Para la construcción del modelo de red neuronal convolucional, se emplearon los módulos de Tensorflow [47]. En primer lugar, se definieron los parámetros necesarios para la creación del modelo, estos incluyeron la asignación de épocas de entrenamiento (100 en total), la cantidad de clases (equivalente a 7) según las emociones a clasificar, la ruta de guardado del modelo, así como la creación de los callbacks para el monitoreo, ajuste y detenimiento automático del proceso de entrenamiento al no evidenciar una mejora en el aprendizaje de los patrones en las imágenes de las expresiones faciales. Del mismo modo, se estableció la arquitectura del modelo, tomando como referencia a la presentada en la investigación [48]. A través de la Figura 5, se evidencia la arquitectura concebida para el desarrollo del modelo. Ya establecida la arquitectura del modelo, se procedió generar el entrenamiento empleando los conjuntos de validación y entrenamiento.

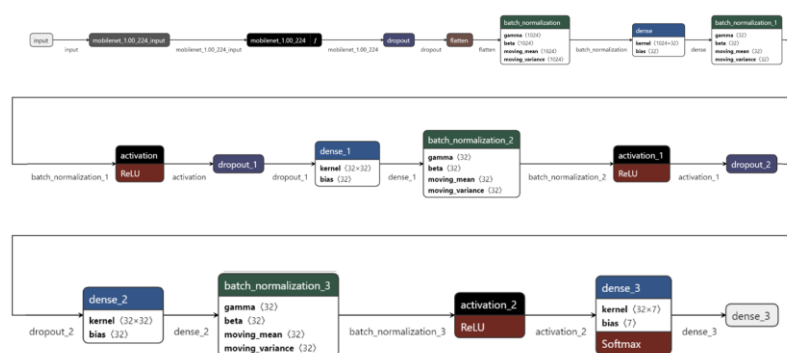


Fig. 5. Creación del conjunto de validación y aumento de datos.

### Evaluación del modelo

En primer lugar, se procedió a realizar una prueba de clasificación con el conjunto de datos que no fue utilizado durante el entrenamiento. Como se aprecia en la Figura 6, se le entregó al modelo una imagen previamente formateada y como resultado de la prueba, se obtiene una

clasificación correcta de la imagen de disgusto con un tiempo de respuesta de aproximadamente 40 milisegundos.

```

image = cv2.imread(image_path)

image_generator = ImageDataGenerator(rescale=1. / 255)
image = image.reshape((1,) + image.shape)
predictions = model.predict(image_generator.flow(image, batch_size=1, shuffle=False))
predicted_class = np.argmax(predictions, axis=1)
predicted_probabilities = predictions[0]

# Aparear el resultado a una etiqueta legible si es necesario
class_names = (0: 'Enojo', 1: 'Disgusto', 2: 'Miedo', 3: 'Felicidad', 4: 'Neutral', 5: 'Triste', 6: 'Sorpresa')
predicted_label = class_names[predicted_class[0]]

```



Fig. 6. Prueba de clasificación del modelo

Finalmente, se evaluó el modelo en cuanto a la matriz de confusión y sus métricas derivadas, que fueron definidas previamente dentro del plan de pruebas. Como se puede apreciar en la Figura 7, en la matriz de confusión multiclase, el sombreado con mayor oscuridad indica un alto índice de predicciones correctas por parte del modelo frente a las etiquetas predefinidas en el conjunto de pruebas. En la misma figura, se puede apreciar que el mayor número de clasificaciones incorrectas ocurren de manera mutua entre la emoción de neutralidad y tristeza. De igual forma, el módulo scikit-learn [49] proporcionó una visión general de sus métricas derivadas. A través de los resultados, se evidenció una exactitud del 82% y una precisión promedio del modelo igual al 82%.

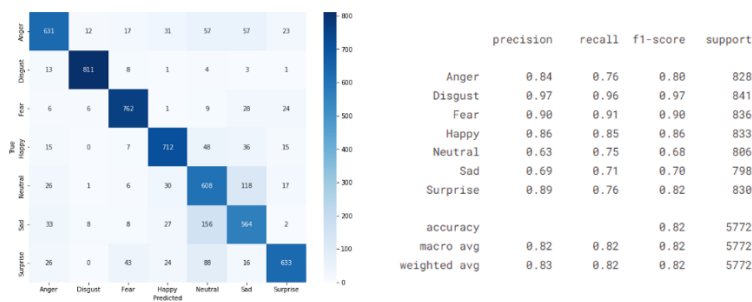


Fig. 7. Matriz de confusión multiclase y métricas de evaluación del modelo

## Evaluación

### Evaluación de los resultados

Con respecto a los resultados, se obtuvo una exactitud y precisión del 82% para el modelo desarrollado, además de un tiempo de respuesta de aproximadamente 40 milisegundos. De esta manera, se cumplió con el primer y segundo objetivo acerca del tiempo de respuesta, precisión y exactitud con respecto a la clasificación de las emociones a través de expresiones faciales. Asimismo, se superaron los criterios de éxito con una precisión y exactitud superior al 80%, y un tiempo de respuesta significativamente menor a 400 milisegundos.

### Proceso de revisión

Una vez culminada la evaluación del modelo, no se evidenciaron problemas con respecto a la evaluación de las métricas de exactitud, precisión y el tiempo de respuesta de la clasificación del modelo. No obstante, se determinó necesario el establecimiento de pruebas de rendimiento una vez el sistema se encuentre desarrollado, para garantizar el criterio de eficiencia computacional que asegure su funcionamiento en dispositivos con limitaciones técnicas disponibles en el centro de terapias de la asociación.

## **Importación**

### **Planificación de la importación**

Para la importación del modelo de visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales como resultado del proyecto, fue necesario el desarrollo del método que permitió capturar las imágenes en tiempo real para su clasificación. Dicho elemento, fue desarrollado en el lenguaje de programación Python [40], junto con librerías enfocadas en el manejo de imágenes como OpenCV [50]. Una vez desarrollado el software capturador e importado el modelo de visión artificial, se procedería a realizar la evaluación del rendimiento. Dado que se trataba de un software basado en clasificación en tiempo real, se tuvo en cuenta la posibilidad de generar una alta exigencia hacia el hardware.

### **Importación del modelo al sistema**

Ya realizada la importación del modelo hacia el sistema, se procedió a evaluar su desempeño mediante el desarrollo de un método de captura de imágenes de tiempo real de las expresiones faciales a través de la cámara del terminal. Como se puede apreciar en la Figura 8, la cámara es activada, el rostro detectado es rodeado por un cuadrilátero y muestra la emoción con el porcentaje de pertenencia a la etiqueta. Además, muestra la cantidad de fotogramas por segundo en el que se ejecuta la captura de video.

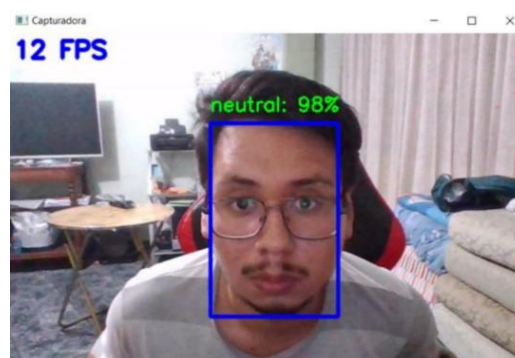


Fig. 8. Prueba del modelo importado a la clase de captura del sistema

### **Evaluación del modelo importado**

Con relación al rendimiento, se evidenció que la clasificación en tiempo real consume un total de 400 megabytes de memoria y un 20% de la capacidad del procesador en el portátil

empleado para el desarrollo. Por ende, se opta por priorizar la captura y clasificación a través de imágenes estáticas frente a equipos con recursos limitados o aquellos que se encuentran realizando tareas de manera simultánea. Finalmente, la fluidez no se encuentra afectada ya que cuenta con un tiempo de respuesta promedio de 40 milisegundos y una tasa de fotogramas equivalente a 12. De esta manera, se logró cumplir con el objetivo de obtener una tasa de fotogramas por segundo considerable, garantizando una fluidez y calidad de imagen en tiempo real. Además, se cumplió con el criterio de éxito superando los 10 FPS.

De acuerdo con la metodología Kanban empleada para el desarrollo del sistema de escritorio para el uso modelo de reconocimiento de expresiones faciales, se emplearon las siguientes iteraciones.

### Diseño de interfaces

En lo que respecta al diseño y maquetación de las interfaces, se utilizó el marco de desarrollo de aplicaciones Python de código abierto Kivy en su versión 2.1.0 [51]. Para el diseño de la solución, de acuerdo con el personal profesional en salud mental de la asociación, se definió a la población objetivo como niños con TEA con edades de entre 6 a 11 años. Debido al aumento en las habilidades de memoria y lenguaje, una mayor complejidad en la comprensión de emociones y las ganancias cognitivas que permiten un beneficio de la instrucción formal [52]. Asimismo, se delimitó hacia el TEA de alta funcionalidad debido a su capacidad para establecer una comunicación, pero cuyos intentos de socializar habitualmente no tienen éxito [21]. En adición se tomaron en cuenta lineamientos de las guías especializadas en la atención educativa y habilidades socioemocionales de niños y jóvenes con TEA elaboradas por el MINEDU [33], [34], [35], [36]. Entre las interfaces evidenciadas en la Figura 9, se destacan la interfaz de presentación, menú, modo libre, modo imitación, modo aprendizaje y modo test.

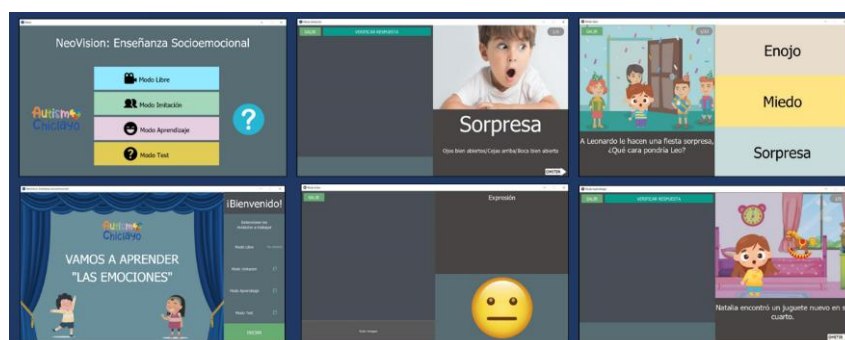


Fig. 9. Prueba del modelo importado a la clase de captura del sistema

### Desarrollo del menú y configuración de clases

Con respecto a la presente iteración, se abarcó el desarrollo de la funcionalidad completa del menú y la configuración de las clases iniciales para el funcionamiento y transición entre

interfaces. En específico, se creó el archivo de inicio de la aplicación con los métodos para la navegabilidad de interfaces y ejecución. Asimismo, se desarrolló la interfaz de presentación y menú, junto con los recursos como imágenes que serán empleados en el desarrollo de la funcionalidad del sistema. Además, incluyó la creación de la clase de reconocimiento, que implica la importación de los recursos necesarios para la detección de rostros y clasificación del modelo de visión artificial. A su vez, se desarrollaron los métodos para clasificar las expresiones faciales, ya sea mediante la carga de una imagen desde el ordenador o en tiempo real utilizando la cámara del dispositivo. Finalmente, se desarrolló la clase que permite entablar la conexión entre el sistema y la base de datos PostgreSQL [32] para la administración de las tablas de los ejercicios de los módulos de aprendizaje, imitación y test.

### **Desarrollo del modo libre**

Se realizó la creación de la clase del modo libre y se vinculó con la estructura Kivy de la interfaz. Asimismo, se instanció el método de entrada a la interfaz que permite seleccionar el medio usado para la entrada de la clasificación, sea a través de la subida de una imagen o de la captura en tiempo real. En consecuencia, al seleccionar el tiempo real como método de captura al ingresar a la interfaz, se activa la cámara y realiza la clasificación de manera inmediata para cada rostro. Además, muestra la información de la emoción con mayor confiabilidad entre las detecciones. Igualmente, a través de un cuadro de diálogo, permite seleccionar una imagen del ordenador para clasificarla.

### **Desarrollo del modo imitación**

Se realizó la creación de la clase del modo aprendizaje como y se vinculó con la estructura Kivy de la interfaz. Al igual que el modo libre, se instanció el método de entrada a la interfaz, añadiendo los contadores utilizados para el flujo de ejercicios, los datos de la consulta de los 5 ejercicios aleatorios, la muestra del primer ejercicio y el cuadro de diálogo con las opciones de captura sea tiempo real o por la subida de una imagen. Para la funcionalidad de los ejercicios, se crea el método que permite comparar la respuesta con la clasificación resultante de la captura de la imagen ingresada y proporcionar retroalimentación según el acierto o error. Asimismo, la función que permite determinar si ya se culminó el ejercicio con las 5 preguntas aleatorias, de no ser así, actualiza la imagen y descripción de la expresión a imitar del siguiente ejercicio, junto con el indicador del progreso. Finalmente se crea el método para la transición al menú, una vez culminados los ejercicios y al cierre el reinicio de las variables empleadas. De esta manera, la clasificación en tiempo real y subida de imagen para las respuestas del ejercicio de imitación se encuentra implementadas junto con la capacidad de avanzar a través de la secuencia establecida.

### **Desarrollo del modo aprendizaje**

De igual manera que el modo imitación, se realizó la creación de los métodos necesarios para el funcionamiento de la interfaz, clasificación de las expresiones, inicio de los contadores y datos de la consulta de los 5 ejercicios aleatorios que emplea este modo. A diferencia del modo anterior, donde se emplean imágenes de rostros con el objetivo de que el niño con TEA imite las expresiones presentadas, en este modo se emplean imágenes con enunciados contextuales con el objetivo que el niño emplee las expresiones faciales para indicar la emoción que se adapta a la situación mostrada.

### **Desarrollo del modo test**

Para la implementación del modo test, se realizó la creación de los métodos para el funcionamiento de la interfaz, inicio de los contadores y datos de la consulta de los 10 ejercicios aleatorios que emplea este modo. La diferencia radica, en el tipo de los ejercicios, donde se presentan un flujo de ejercicios con opciones donde el niño con ayuda de su tutor selecciona la emoción que se adapta al contexto presentado. De esta manera, una vez contestado el primer ejercicio correctamente, se procede con el siguiente hasta responder un total de 10. Una vez completados, se muestra un mensaje para el retorno al menú principal.

### **Pruebas de funcionalidad del sistema**

Para el desarrollo de las pruebas del sistema se emplearon las técnicas de pruebas unitarias de caja negra para componentes funcionales del sistema resultante de la iteración completada y las pruebas de rendimiento de los módulos del sistema. Para llevar a cabo las pruebas de usabilidad de la herramienta tecnológica, se determinó una muestra de 20 participantes mediante un método de muestreo aleatorio simple [53]. La población se conforma de 30 niños con TEA que participan de manera continua en sesiones de enseñanza socioemocional, las cuales se llevan a cabo en el contexto de las terapias de lenguaje. La muestra fue calculada con un nivel de confianza del 90%, un margen de error del 10% y la máxima incertidumbre, con el fin de evitar el sesgo hacia un resultado en particular. De esta manera, los participantes fueron contactados y seleccionados teniendo en cuenta la disponibilidad y accesibilidad de los padres para realizar visitas a domicilio. El grupo estuvo compuesto por 20 niños con TEA de alta funcionalidad (nivel de TEA caracterizado por dificultades en la comunicación social, pero con un buen nivel de funcionamiento lingüístico) con edades de entre 6 a 11 años. Asimismo, se solicitó a los tutores legales de los menores otorgar el consentimiento informado para la ejecución de las pruebas, empleando el formato visible a través del Anexo N°07.



Fig. 10. Prueba del modelo importado a la clase de captura del sistema

Como se muestra en la Figura 10, las pruebas consistieron en la explicación del funcionamiento y propósito de la herramienta tecnológica, así como su uso completo por parte de los padres y niños. Para llevar a cabo las pruebas, se proporcionó una laptop, una cámara y acceso al sistema de escritorio. Posteriormente, se pidió su opinión al menor acerca de la herramienta y se realizó una evaluación (Ver anexo N° 03) dirigida a los padres. El formato del cuestionario empleado se desarrolló tomando en cuenta la investigación de F. Davis [54] para evaluar la percepción de utilidad y usabilidad, con el fin de medir la aceptación tecnológica de la herramienta por parte de los usuarios. Como resultado de las visitas para las pruebas, se obtuvo una respuesta positiva de los niños y padres acerca del diseño y funcionamiento de la herramienta tecnológica. Con respecto a los resultados de la evaluación de aceptación tecnológica, se evidencia con respecto a la utilidad de la herramienta que, de un total de 20 padres, el 76% está totalmente de acuerdo, el 19% muy de acuerdo, el 5% de acuerdo y el 0% se muestra neutral o en desacuerdo. Para la facilidad de uso, en el mismo grupo de padres, se observó que el 78% está totalmente de acuerdo, el 13% está muy de acuerdo, el otro 9% de acuerdo y el 0% se muestra neutral o en desacuerdo. De igual manera, se solicitó la autorización de la asociación para realizar la demostración de la herramienta y llevar a cabo la evaluación de aceptación tecnológica (Ver Anexo N° 04 y 09) dirigida hacia el personal profesional en salud mental que colabora con la asociación ofreciendo terapias para niños con TEA. El grupo de participantes estuvo conformado por 6 profesionales, y a partir de los resultados se llegó a observar que, con respecto a la utilidad de la herramienta, el 83% está totalmente de acuerdo y el 17% restante está muy de acuerdo. Asimismo, la percepción de la facilidad de uso de los profesionales indica que, el 75% estuvo totalmente de acuerdo, el 22% muy de acuerdo y el 3% restante de acuerdo.

### **Generación de la documentación del sistema**

Se realizó la elaboración del presente artículo, informe de investigación y manual de usuario del sistema. El manual de usuario se elaboró con el fin de ayudar a los usuarios en el uso del sistema de escritorio implementado. En él, se abordan los objetivos del manual como los del software, se proporcionan definiciones del sistema en general junto con sus módulos disponibles, y se especifican las directrices de uso. Para más detalles, el manual de usuario puede ser consultado en su repositorio [55].

### **Impactos esperados**

Con respecto a los impactos esperados, a nivel económico, se espera el aumento de ingresos del centro de terapias de la asociación al permitir que profesionales de la salud mental cuenten con una herramienta tecnológica que reduzca los gastos en recursos y mejore la eficiencia de las sesiones de terapia. En el aspecto social, la mejora en la efectividad de la enseñanza socioemocional en niños con TEA, a través del empleo de la solución tecnológica como un recurso útil para los tutores y profesionales de la salud mental de la Asociación Autismo Chiclayo. Asimismo, fortalecer la comunidad de apoyo a niños con TEA, fomentando el desarrollo de herramientas que promocionen la educación socioemocional efectiva. Finalmente, a nivel tecnológico, su impacto esperado se refleja en el aprovechamiento de los recursos tecnológicos a través de una herramienta que mantiene un rendimiento óptimo, incluso en dispositivos con limitaciones técnicas que sean empleados dentro de la asociación.

### **Discusión**

En la presente investigación se desarrolló un modelo de reconocimiento de expresiones faciales bajo la metodología CRISP-DM. Con respecto a los datos necesarios para su desarrollo, se investigó y seleccionó un conjunto de datos balanceado [37], que toma como base al conjunto de datos de expresiones faciales FERPlus de Microsoft [38], el cual proporciona nuevas etiquetas que mejora la calidad del conjunto de datos de emociones original llamado FER2013 [39]. El conjunto de datos original también fue empleado por [12] para el desarrollo de su modelo de reconocimiento de expresiones faciales enfocándose en las expresiones relacionadas con la tristeza, a comparación de la presente investigación que contempla en su solución a todo el repertorio de emociones que ofrece el conjunto de datos derivado de FER2013.

Con respecto a las técnicas para el desarrollo de modelos inteligentes, se empleó una CNN dada su capacidad para aprender y reconocer patrones a través del conjunto de datos empleado. A través de la evaluación del modelo resultante con esta técnica como eje principal, se obtuvo un porcentaje del 82% para la exactitud y precisión, así como un tiempo de inferencia promedio de 40 milisegundos. De manera similar, la técnica de CNN fue empleada por [6], [7], [8], [12]

evidenciando una precisión y exactitud considerable por esta técnica en la detección de patrones en imágenes. Asimismo, con otro tipo de red neuronal, [11] alcanzó una exactitud del 93% y precisión del 89% en la creación de un modelo para el reconocimiento de emociones a través de textos. De este modo, se evidencian los beneficios de este tipo de técnicas en el reconocimiento de patrones emocionales a través de distintos formatos de datos. Es así como, la presente investigación se diferencia a través de la concepción de un modelo basado en la técnica de CNN que garantiza el cumplimiento de los requisitos de fluidez y exactitud necesarios para trabajar con niños con TEA.

Finalmente, para el uso del modelo, se desarrolló un sistema de escritorio enfocado en la enseñanza socioemocional a través del reconocimiento de expresiones faciales y las emociones que representan, con un diseño que toma en cuenta las necesidades específicas del TEA. El sistema fue puesto a prueba con 20 niños con TEA de alta funcionalidad que abarcan edades de entre 6 a 11 años. Se obtuvo una respuesta positiva por parte de los menores que participaron en la prueba. Además, se evaluó la aceptación tecnológica de los padres a través de la percepción de utilidad y facilidad de uso. Como resultado, se evidenció una alta aceptación por parte de los padres que participaron junto con sus hijos en la prueba de la herramienta, observando que, de un total de 20 padres, el 76% está totalmente de acuerdo con la utilidad de la herramienta, y el 24% restante se encuentra muy de acuerdo o de acuerdo. Para la facilidad de uso, en el mismo grupo de padres, se observó que el 78% está totalmente de acuerdo y el 22% restante se encuentra muy de acuerdo o de acuerdo. En adición, los padres expresaron su interés en la posibilidad de adquirir la herramienta para su uso dentro del hogar. Igualmente, se llevó a cabo una demostración con el personal profesional de salud mental que colabora con la asociación. A través de los resultados de la evaluación del nivel de aceptación tecnológica, se observó que el 83% de los profesionales está totalmente de acuerdo con la utilidad de la herramienta para la enseñanza socioemocional dentro de las sesiones de terapia, mientras que el 17% restante estuvieron muy de acuerdo. Para la facilidad de uso, el 75% estuvo totalmente de acuerdo de que sería fácil usar la herramienta dentro de la enseñanza socioemocional en las sesiones de terapia, mientras que el 25% restante estuvo muy de acuerdo o de acuerdo. Sumado a lo anterior, los profesionales estuvieron interesados en la portabilidad de la herramienta a dispositivos móviles para un manejo más autónomo por parte de los niños. De manera similar, las investigaciones [9] y [10] evidencian herramientas tecnológicas, como plataformas web y aplicaciones móviles, en el abordaje del desarrollo de habilidades socioemocionales de los niños con TEA. Estos estudios demuestran una mejora significativa en estas habilidades, así como una alta aceptación de los usuarios. A diferencia de la investigación [8], donde como

resultado principal se contempla el desarrollo de un modelo inteligente con la recomendación de ser empleado dentro de sistemas como el abordado en la presente investigación.

### **Conclusiones**

Empleando la metodología CRISP-DM como guía, se logró desarrollar un modelo de visión artificial, empleando la técnica de Redes Neuronales Convolucionales. El modelo resultante cuenta con la capacidad de reconocer emociones a través de las expresiones faciales, con un tiempo de respuesta de 40 milisegundos y 82% de precisión.

La evaluación del modelo resultante reveló una exactitud del 82%. Este resultado destaca su fiabilidad en la clasificación de las emociones a través de imágenes de expresiones faciales. El modelo fue empleado dentro del desarrollo de un sistema de escritorio que detecta rostros en imágenes o video captado por la cámara del dispositivo, recortándolos y formateándolos a blanco y negro con una resolución de 48 píxeles de alto y ancho. A continuación, se aplica el proceso de normalización para ajustar el valor de cada píxel en un rango de 0 a 1. Finalmente, las imágenes normalizadas de los rostros son ingresadas al modelo y, según los patrones aprendidos durante el entrenamiento, clasifica la expresión facial según la emoción que representa.

Por medio de la metodología Kanban y a través del framework de diseño Kivy para el lenguaje Python, se desarrolló un sistema de escritorio orientado a la enseñanza socioemocional. Este sistema fue diseñado bajo los lineamientos que aseguran un entorno cómodo para los niños con Trastorno del Espectro Autista. A su vez, la arquitectura empleada para el desarrollo del sistema permitió lograr un promedio de tasa de fotogramas por segundo equivalente a 12, otorgando una fluidez y calidad de imagen en tiempo real a través de la cámara de los dispositivos, que cumpla con el criterio de eficiencia computacional para asegurar su funcionamiento en dispositivos con limitaciones técnicas de la asociación.

A través de la demostración de la herramienta y la evaluación de la percepción de utilidad y facilidad de uso, se midió la aceptación tecnológica por parte de los profesionales que colaboran con la asociación brindando terapias para niños con TEA. A partir los resultados de la evaluación, se determinó que los 6 profesionales que participaron perciben a la herramienta útil y fácil de usar. En específico, el 83% de los profesionales está totalmente de acuerdo con la utilidad de la herramienta para la enseñanza socioemocional abarcada en las terapias, mientras que el 17% restante estuvieron muy de acuerdo. Para la facilidad de uso, el 75% estuvo totalmente de acuerdo de que la herramienta sería fácil de usar para la enseñanza socioemocional dentro de las sesiones de terapia, mientras que el 25% estuvo muy de acuerdo o de acuerdo. Asimismo, se realizaron las pruebas de usabilidad teniendo como participantes a

20 niños con TEA de alta funcionalidad con edades de entre 6 a 11 años y sus respectivos padres. A través de las pruebas de usabilidad, se observó una respuesta positiva por parte de los niños hacia la herramienta, y a partir de los resultados de la evaluación de aceptación tecnológica, se determinó que el 76% de los padres está totalmente de acuerdo con la utilidad de la herramienta y el 24% muy de acuerdo o de acuerdo, mientras que para la facilidad de uso el 78% está totalmente de acuerdo y el 22% restante se encuentra muy de acuerdo o de acuerdo. Además, destacaron su interés por adquirir la herramienta para emplearla dentro del hogar.

### **Recomendaciones**

Se sugiere considerar la posibilidad de ampliar el repertorio de expresiones faciales reconocibles por el modelo, adicionales a las siete planteadas de manera inicial en la presente investigación a través de conjuntos de datos como AffectNet [56], Emotic [57] y CK+ [58]. De esta manera, el modelo obtendría la capacidad de capturar matices de emociones fuera de las seis universales, como el desprecio, la duda, la fatiga y la vergüenza.

Se recomienda investigar y desarrollar una arquitectura en la nube que permita una mayor disponibilidad de la herramienta a través de una aplicación compatible con móviles y ordenadores, sin afectar negativamente la fluidez y exactitud. De esta manera, se daría la posibilidad de emplear dispositivos táctiles para una mayor portabilidad y autonomía en el manejo por parte de los niños con TEA.

Se contempla la posibilidad de expandir el ámbito de detección de emociones de la herramienta, a través la inclusión del reconocimiento textual, corporal y de la voz. De esta forma, se generaría un enfoque más completo y diverso, que permita a los niños expresarse según el método que les genere mayor comodidad.

Se sugiere investigar la viabilidad de emplear la herramienta en personas de edad avanzada con demencia ocasionada por el Alzheimer, dado el deterioro que genera esta enfermedad neurodegenerativa en la capacidad de reconocer emociones a través de las expresiones faciales [59]. A través de esto, se establecería el soporte tecnológico para estimular la comunicación y cognición, con el fin de ralentizar el deterioro de las capacidades cognitivas.

Por otro lado, con el fin de mejorar la personalización de la herramienta, se propone incorporar un repositorio de imágenes clasificadas por rangos de edad para la interfaz de usuario (UI). Aquello permitiría con antelación seleccionar la edad del infante que empleará el sistema y, en consecuencia, mostrar el material visual de la UI de acuerdo con su nivel de madurez.

Finalmente, es conveniente incorporar filtros de preprocesamiento que optimicen el brillo y calidad de la imagen de entrada al modelo, con el fin de mejorar la adaptación del sistema frente a condiciones desfavorables y equipo de captura con una baja calidad de imagen.

## Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Autismo». Accedido: 17 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- [2] Confederación de Autismo de España, «Qué es el autismo», Autismo España. Accedido: 17 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://autismo.org.es/el-autismo/que-es-el-autismo/>
- [3] J. Zeidan *et al.*, «Global prevalence of autism: A systematic review update», *Autism Res.*, vol. 15, n.º 5, pp. 778-790, 2022, doi: 10.1002/aur.2696.
- [4] Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad, «Informe Temático N° 3 Situación de las personas con Trastornos del Espectro Autista en el Perú», CONADIS, Perú, Informe Temático 4, abr. 2016. Accedido: 5 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://conadisperu.gob.pe/observatorio/wp-content/uploads/2018/12/ObservatorioPeru\\_Art3\\_Autismo.pdf](https://conadisperu.gob.pe/observatorio/wp-content/uploads/2018/12/ObservatorioPeru_Art3_Autismo.pdf)
- [5] J. L. Martínez, F. J. B. Pagán, S. A. García, y M. C. C. Máiquez, «Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza y aprendizaje del alumnado con trastorno del espectro autista (TEA)», *Rev. Fuentes*, n.º 14, Art. n.º 14, 2014.
- [6] S. Pulido-Castro, N. Palacios-Quecan, M. P. Ballen-Cardenas, S. Cancino-Suárez, A. Rizo-Arévalo, y J. M. L. López, «Ensemble of Machine Learning Models for an Improved Facial Emotion Recognition», en *2021 IEEE URUCON*, nov. 2021, pp. 512-516. doi: 10.1109/URUCON53396.2021.9647375.
- [7] H. Wang, D. P. Tobón V., M. S. Hossain, y A. E. Saddik, «Deep Learning (DL)-Enabled System for Emotional Big Data», *IEEE Access*, vol. 9, pp. 116073-116082, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3103501.
- [8] J. R. Hou Lee y A. Wong, «TimeConvNets: A Deep Time Windowed Convolution Neural Network Design for Real-time Video Facial Expression Recognition», en *2020 17th Conference on Computer and Robot Vision (CRV)*, may 2020, pp. 9-16. doi: 10.1109/CRV50864.2020.00010.
- [9] R. J. Guzman Condor y A. M. Huayna Dueñas, «Herramienta móvil para desarrollar habilidades de comunicación en infantes con trastorno de espectro autista», *Rev. Peru. Comput. Sist.*, vol. 4, n.º 1, Art. n.º 1, nov. 2022, doi: 10.15381/rpcs.v4i1.24126.
- [10] V. B. Pedreschi, D. A. O. Díaz, J. A. Aguirre, y P. A. Gonzalez, «A technological platform using serious game for children with Autism Spectrum Disorder (ASD) in Peru», presentado en *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2019. doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.278.
- [11] S. M. Benel Ramirez, «Aplicación móvil basada en técnicas de clasificación de machine learning como apoyo en el reconocimiento de emociones en textos de estudiantes universitarios», Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2023. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5749>
- [12] E. A. Coronel Caján, «Reconocimiento de expresiones faciales de tristeza utilizando aprendizaje profundo», Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2021. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/9278>
- [13] Oracle, «¿Qué es la inteligencia artificial (IA)?» Accedido: 16 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.oracle.com/pe/artificial-intelligence/what-is-ai/>

- [14] J. Torres, *Python Deep Learning: Introducción práctica con Keras y TensorFlow 2*. Alpha Editorial, 2020.
- [15] J. Bobadilla, *Machine Learning y Deep Learning: Usando Python, Scikit y Keras*. Ediciones de la U, 2021.
- [16] L. Rouhiainen, *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*, 4.<sup>a</sup> ed. Barcelona: Alienta Editorial, 2018.
- [17] X. Basogain Olabe, *Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones*. País Vasco: Escuela Superior de Ingeniería Bilbao, 2008. Accedido: 21 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod\\_resource/content/1/redes\\_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf](https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf)
- [18] T. Domínguez Mínguez, *Visión artificial: Aplicaciones prácticas con OpenCV - Python*. Marcombo, 2021.
- [19] International Business Machine, «Guía de CRISP-DM de IBM SPSS Modeler». 8 de junio de 2022. Accedido: 16 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.ibm.com/docs/es/SS3RA7\\_18.4.0/pdf/ModelerCRISPDM.pdf](https://www.ibm.com/docs/es/SS3RA7_18.4.0/pdf/ModelerCRISPDM.pdf)
- [20] J. Edge, *Kanban: La guía definitiva de la metodología Kanban para el desarrollo de software ágil*, Bravex Publications. 2019. Accedido: 16 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.kobo.com/ww/es/ebook/kanban-la-guia-definitiva-de-la-metodologia-kanban-para-el-desarrollo-de-software-agil-libro-en-espanol-kanban-spanish-book>
- [21] American Psychiatric Association, *DSM-5. Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales*, 5<sup>a</sup>. Arlington: Editorial Médica Panamericana, 2018.
- [22] Organización Mundial de la Salud, *Guía de bolsillo de la clasificación CIE-10: Clasificación de los trastornos mentales y del comportamiento*, 2018.<sup>a</sup> ed. Editorial Médica Panamericana, 2000.
- [23] E. Bolaños, «Educación socioemocional», *Controv. Concurr. Latinoam.*, vol. 11, n.º 20, Art. n.º 20, abr. 2020.
- [24] C. Berger, N. Milicic, L. Alcalay, y A. Torretti, «Programa para el Bienestar y Aprendizaje Socioemocional en estudiantes de tercero y cuarto grado: descripción y evaluación de impacto», *Rev. Latinoam. Psicol.*, vol. 46, n.º 3, pp. 169-177, ene. 2014, doi: 10.1016/S0120-0534(14)70020-2.
- [25] S. S. Tomkins y R. McCarter, «What and Where are the Primary Affects? Some Evidence for a Theory», *Percept. Mot. Skills*, vol. 18, n.º 1, pp. 119-158, feb. 1964, doi: 10.2466/pms.1964.18.1.119.
- [26] P. Ekman, E. R. Sorenson, y W. V. Friesen, «Pan-Cultural Elements in Facial Displays of Emotion», *Science*, vol. 164, n.º 3875, pp. 86-88, abr. 1969, doi: 10.1126/science.164.3875.86.
- [27] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. Madrid: OECD, 2018. doi: 10.1787/9789264310681-es.
- [28] Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, «Niveles de madurez tecnológica», Plataforma Vincúlate. Accedido: 10 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://vinculate.concytec.gob.pe/niveles-de-madurez/>

- [29] C. A. Bernal Torres, *Metodología de la investigación*, 3.<sup>a</sup> ed. Colombia: Pearson Educación, 2010.
- [30] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y M. del P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 6.<sup>a</sup> ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014.
- [31] M. Genero Bocco, J. A. Cruz-Lemus, y M. G. Piattini Velthuis, *Métodos de investigación en ingeniería del software*, 1.<sup>a</sup> ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2015.
- [32] The PostgreSQL Global Development Group, «PostgreSQL». 19 de junio de 2023. Accedido: 18 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.postgresql.org/>
- [33] Ministerio de Educación del Perú, *Guía para la Atención Educativa de Niños y Jóvenes con Trastorno del Espectro Autista - TEA*, 1.<sup>a</sup> ed. Lima: Ministerio de Educación, 2013. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/5342>
- [34] Ministerio de Educación del Perú, A. V. Sutta Vargas, Y. D. L. N. Vásquez Barrios, y A. C. Huapaya Gutiérrez, *¿Cómo acompañar en el proceso educativo a las y los estudiantes adolescentes con trastorno del espectro autista (TEA) y sus familias?*, 1.<sup>a</sup> ed. Lima: Ministerio de Educación, 2023. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/8909>
- [35] Ministerio de Educación del Perú, *Orientaciones para la atención de estudiantes con Trastorno del Espectro Autista*. 2023. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/8985>
- [36] Ministerio de Educación del Perú, M. del C. Flores Rojas, S. T. Rivera Rojas, K. M. Samaniego Núñez, D. Rodríguez Bustamante, y R. del P. Ramírez Egúsqiza, *Orientaciones para el desarrollo del Programa de Habilidades Socioemocionales – III ciclo*. 2022. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3630660/Programa%20de%20Habilidades%20Socioemocionales%20-%20ciclo%20III%20-%20Primaria.pdf?v=1663196485>
- [37] I. Pritzker, «fer2013plus-cleaned-augm-ballanced1». Kaggle. [En línea]. Disponible en: <https://www.kaggle.com/datasets/prilia/fer2013pluscleanedaugmballanced1/data>
- [38] E. Barsoum, C. Zhang, C. C. Ferrer, y Z. Zhang, «Training Deep Networks for Facial Expression Recognition with Crowd-Sourced Label Distribution», arXiv.org. Accedido: 8 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1608.01041v2>
- [39] I. Goodfellow, D. Erhan, P. Carrier, A. Courville, y Y. Bengio, «Challenges in Representation Learning: Facial Expression Recognition Challenge». Accedido: 16 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://kaggle.com/competitions/challenges-in-representation-learning-facial-expression-recognition-challenge>
- [40] Python Software Foundation, «Python». Accedido: 2 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>
- [41] Kaggle, «Kaggle: Your Home for Data Science». Accedido: 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.kaggle.com/>
- [42] Y. Ma y H. He, Eds., *Imbalanced Learning: Foundations, Algorithms, and Applications*. Hoboken, New Jersey, 2013.
- [43] C. Bialek, A. Matiolański, y G. Michał, «An Efficient Approach to Face Emotion Recognition with Convolutional Neural Networks», *Electron.* 2023, vol. 12, n.º 12, p. 2707, jun. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/electronics12122707>.

- [44] Microsoft Learn, «Resultados de los modelos de aprendizaje automático - Finance | Dynamics 365». Accedido: 2 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/dynamics365/finance/finance-insights/confusion-matrix>
- [45] Amazon Web Services, *Amazon Machine Learning Guía para desarrolladores Version Latest*. 2022. Accedido: 2 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://docs.aws.amazon.com/es\\_es/machine-learning/latest/dg/machinelearning-dg.pdf#multiclass-classification](https://docs.aws.amazon.com/es_es/machine-learning/latest/dg/machinelearning-dg.pdf#multiclass-classification)
- [46] Apache Spark, «Evaluation Metrics - RDD-based API - Spark 2.1.0 Documentation». Accedido: 2 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://spark.apache.org/docs/2.1.0/mllib-evaluation-metrics.html#multiclass-classification>
- [47] M. Abadi *et al.*, «TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems».
- [48] A. G. Howard *et al.*, «MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications». arXiv, 16 de abril de 2017. doi: 10.48550/arXiv.1704.04861.
- [49] F. Pedregosa *et al.*, «Scikit-learn: Machine Learning in Python», *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 12, n.º 85, pp. 2825-2830, 2011.
- [50] OpenCV team, «OpenCV: Introduction». Accedido: 2 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://docs.opencv.org/4.x/d1/dfb/intro.html>
- [51] V. Mathieu *et al.*, «Welcome to Kivy — Kivy 2.2.1 documentation», Kivy documentation. Accedido: 17 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://kivy.org/doc/stable/>
- [52] D. E. Papalia, S. Wendkos Olds, y R. Duskin Feldman, *Psicología del desarrollo De la infancia a la adolescencia*, 11.ª ed. México: Mc Graw Hill Education, 2009.
- [53] A. Rodríguez Domínguez y M. García Minjares, *Estadística II*, SUAYED-FCA-UNAM. México, 2012. Accedido: 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/contaduria/3/apunte/LC\\_13\\_53\\_03106\\_A\\_estadisticaII.pdf](http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/contaduria/3/apunte/LC_13_53_03106_A_estadisticaII.pdf)
- [54] F. Davis, «Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology», *MIS Q.*, vol. 13, n.º 3, pp. 319-340, sep. 1989, doi: 10.2307/249008.
- [55] J. L. Piscocoya Tirado, «Manual de usuario: Sistema basado en visión artificial para el reconocimiento de expresiones faciales aplicado a la enseñanza socioemocional en una asociación de autismo de Chiclayo». Accedido: 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://drive.google.com/drive/folders/1Rm29DriylK5Jab\\_K\\_Uw2aCPWnT8xTT18?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1Rm29DriylK5Jab_K_Uw2aCPWnT8xTT18?usp=drive_link)
- [56] A. Mollahosseini, B. Hasani, y M. H. Mahoor, «AffectNet: A Database for Facial Expression, Valence, and Arousal Computing in the Wild», *IEEE Trans. Affect. Comput.*, vol. 10, n.º 1, pp. 18-31, ene. 2019, doi: 10.1109/TAFFC.2017.2740923.
- [57] R. Kosti, J. M. Alvarez, A. Recasens, y A. Lapedriza, «Context Based Emotion Recognition using EMOTIC Dataset», *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, pp. 1-1, 2019, doi: 10.1109/TPAMI.2019.2916866.
- [58] P. Lucey, J. F. Cohn, T. Kanade, J. Saragih, Z. Ambadar, y I. Matthews, «The Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression», en *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Workshops*, jun. 2010, pp. 94-101. doi: 10.1109/CVPRW.2010.5543262.

- [59] L. F. Zapata, «Reconocimiento de las expresiones faciales emocionales en pacientes con demencia tipo Alzheimer de leve a moderada», *Psicol. Desde El Caribe Rev. Programa Psicol. Univ. Norte*, n.º 21, pp. 64-84, 2008.

## Anexos

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

	ASOCIACIÓN AUTISMO CHICLAYO	
---	-----------------------------	---

---

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lambayeque, 6 de noviembre de 2023

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PRODUCTO ACREDITABLE**

Por medio de la presente, en representación de la Asociación Autismo Chiclayo, hago constatar la aprobación y demostración del sistema de escritorio como producto acreditable de la tesis titulada "SISTEMA BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EXPRESIONES FACIALES APLICADO A LA ENSEÑANZA SOCIOEMOCIONAL EN UNA ASOCIACIÓN DE AUTISMO DE CHICLAYO" del estudiante PISCOYA TIRADO, JOSÉ LUIS identificado con DNI 72672220 y perteneciente a la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, cumpliendo con los requisitos establecidos y objetivos planteados por la institución.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea convenientes.

Atentamente,

  
Karla Jacinto Casas  
Representante de la Asociación Autismo  
Chiclayo



**ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**  
**CUESTIONARIO DE ENCUESTA**

ENCUESTA ACERCA DEL PROCESO DE ENSEÑANZA SOCIOEMOCIONAL EN LA  
ASOCIACIÓN AUTISMO CHICLAYO

**Dirigido hacia:**

Psicólogos, terapeutas y cuidadores de niños con TEA, participantes de la Asociación Autismo Chiclayo.

**Objetivo de la encuesta:**

Conocer la situación actual del proceso de enseñanza socioemocional dentro de la Asociación Autismo Chiclayo, para el desarrollo del proyecto de tesis del estudiante Piscocoya Tirado José Luis de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT).

1. ¿Tiene conocimiento de que las personas con trastorno del espectro autista (TEA) tienen dificultades para la expresión y comprensión de emociones?
  - Sí tengo conocimiento de esa información.
  - Desconocía esa información, hasta ahora.
  
2. ¿Cree usted que el no poder identificar y comunicar emociones libremente, puede en el futuro ser perjudicial para los niños con TEA?
  - Sí.
  - No.
  
3. ¿Cree usted que es necesaria la enseñanza socioemocional (identificación y expresión de emociones) para el correcto desarrollo de los niños con TEA? ¿Por qué?
 

\_\_\_\_\_
  
4. ¿Realizar el proceso de enseñanza socioemocional le resulta muy complejo o difícil de ejecutar?
  - Sí.
  - No.
  - Desconozco cuál es el proceso de enseñanza socioemocional.
  
5. ¿Ha encontrado dificultades en el proceso de enseñanza socioemocional para niños con TEA? ¿Cuáles?
 

\_\_\_\_\_
  
6. ¿Cuál es el mayor reto presentado en la enseñanza socioemocional hasta el momento?
 

\_\_\_\_\_
  
7. ¿Es necesaria la ayuda de conocimientos especializados o herramientas, para comunicar sus emociones del menor con TEA a su cargo?
  - Sí.
  - No.
  
8. ¿Cuenta con acceso a alguna herramienta tecnológica como apoyo en la intervención del menor a su cargo?
  - Sí.
  - No.

Si la respuesta a la pregunta anterior fue No, indique la razón:

  - Conozco herramientas, pero son muy difíciles de manejar.
  - Conozco herramientas, pero son muy costosas.
  - Conozco herramientas, pero es difícil tener acceso a ellas.
  - Desconozco totalmente la existencia de este tipo de herramientas.
  - Otro: \_\_\_\_\_
  
9. ¿Le gustaría contar con una herramienta tecnológica de fácil acceso, que permita a los niños con TEA, aprender a demostrar e identificar emociones con mayor facilidad?
  - Sí.
  - No.
  
10. ¿De qué manera cree usted que ayudaría el contar con herramientas tecnológicas, en la enseñanza de habilidades socioemocionales en niños con TEA?
 

\_\_\_\_\_

**ANEXO N° 03. CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA – TAM**  
**DIRIGIDO A PADRES DE NIÑOS CON TEA**

**CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA - TAM**

**Objetivo:** Evaluar la percepción de utilidad y facilidad de uso con relación al sistema de escritorio como producto tecnológico de la tesis titulada "Sistema basado en Visión Artificial para el Reconocimiento de Expresiones Faciales aplicado a la Enseñanza Socioemocional en una Asociación de Autismo de Chiclayo".

**UTILIDAD PERCIBIDA**

Percepción de la Tecnología	Totalmente en desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	Totalmente de acuerdo
La herramienta tecnológica ayudaría a enseñar más rápidamente las emociones a través de las expresiones faciales a mi hijo.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta mejoraría el desempeño en las actividades de enseñanza de emociones a través expresiones faciales.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta aumentaría la productividad en las actividades de enseñanza de emociones a través de las expresiones faciales.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta mejoraría la efectividad de la enseñanza de emociones a través de las expresiones faciales.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta facilitaría la enseñanza de las emociones a través de las expresiones faciales.	1	2	3	4	5	6	7
Encuentro a la herramienta útil para enseñar las emociones a través de las expresiones faciales.	1	2	3	4	5	6	7

**FACILIDAD DE USO PERCIBIDA**

Percepción de la Tecnología	Totalmente en desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Sería fácil para mí aprender a utilizar la herramienta tecnológica.	1	2	3	4	5	6	7
Me resultaría fácil hacer que la herramienta haga lo que quiero que haga.	1	2	3	4	5	6	7
Mi interacción con la herramienta sería clara y entendible.	1	2	3	4	5	6	7
Considero que la herramienta sería flexible para interactuar.	1	2	3	4	5	6	7
Sería fácil mejorar mis habilidades en el uso de la herramienta.	1	2	3	4	5	6	7
Considero que la herramienta es fácil de usar.	1	2	3	4	5	6	7

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre:

**ANEXO N° 04. CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA – TAM  
DIRIGIDO A PROFESIONALES DE SALUD MENTAL DE LA ASOCIACIÓN**

**CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA - TAM**

**Objetivo:** Evaluar la percepción de utilidad y facilidad de uso con relación al sistema de escritorio como producto tecnológico de la tesis titulada "Sistema basado en Visión Artificial para el Reconocimiento de Expresiones Faciales aplicado a la Enseñanza Socioemocional en una Asociación de Autismo de Chiclayo".

**UTILIDAD PERCIBIDA**

Percepción de la Tecnología	Totalmente en desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	Totalmente de acuerdo
El uso de la herramienta tecnológica me ayudaría a realizar mis tareas más rápido.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta mejoraría el desempeño en mi labor.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta aumentaría la productividad en mi labor.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta mejoraría la efectividad en mi labor.	1	2	3	4	5	6	7
La herramienta me facilitaría realizar mi labor.	1	2	3	4	5	6	7
Encuentro a la herramienta útil para mi labor.	1	2	3	4	5	6	7

**FACILIDAD DE USO PERCIBIDA**

Percepción de la Tecnología	Totalmente en desacuerdo	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo	Totalmente de acuerdo
Sería fácil para mí aprender a utilizar la herramienta tecnológica.	1	2	3	4	5	6	7
Me resultaría fácil hacer que la herramienta haga lo que quiero que haga.	1	2	3	4	5	6	7
Mi interacción con la herramienta sería clara y entendible.	1	2	3	4	5	6	7
Considero que la herramienta sería flexible para interactuar.	1	2	3	4	5	6	7
Sería fácil mejorar mis habilidades en el uso de la herramienta.	1	2	3	4	5	6	7
Considero que la herramienta es fácil de usar.	1	2	3	4	5	6	7

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre:

## ANEXO N° 05. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: GUÍA DE ENTREVISTA

### GUÍA DE ENTREVISTA PARA CONOCER LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE ENSEÑANZA EN LA ASOCIACIÓN AUTISMO CHICLAYO

**Dirigido:** Hoyos Ortega, Fernando

**Cargo:** Presidente de la Asociación Autismo Chiclayo

**Entrevistador:** Piscocoya Tirado, José Luis

**Fecha:** 14 de setiembre del 2022

1. ¿Cuáles son los servicios que ofrece la organización?  
En la Asociación Autismo Chiclayo, ofrecemos servicios orientados a la intervención física y psicológica, como terapias lingüísticas, ocupacional y conductual. En adición, se ofrecen capacitaciones y charlas por parte de profesionales de la salud mental.
2. ¿Cuáles son las características de los usuarios que solicitan los servicios?  
La gran mayoría de los usuarios son niños y adultos provenientes de la zona de Chiclayo, y en menor proporción de distritos aledaños, como Pomalca, Lambayeque y Monsefú.
3. ¿Cuál es el perfil del personal que realiza las intervenciones a los niños con trastorno del espectro autista?  
El personal que realiza las intervenciones en el centro es de carácter profesional con menciones en el tema del trastorno del espectro autista y rehabilitación física.
4. ¿Cuál es la frecuencia en que ofrecen intervenciones a los niños con trastorno del espectro autista?  
Se realizan intervenciones a diario, de lunes a viernes en mañana y tarde, mientras que los sábados solo medio día.
5. ¿Cuentan actualmente con el apoyo de alguna herramienta tecnológica dentro de los servicios que ofrece la organización?  
No contamos con ninguna herramienta tecnológica, empleamos materiales físicos para generar nuestras herramientas que son empleadas en las intervenciones.
6. ¿Cuáles son los dispositivos digitales a los que tiene acceso la organización?  
Contamos con dos laptops y una tablet con poco almacenamiento, además de conexión a internet.
7. ¿Las instalaciones donde se realizan las actividades habituales de la organización, cuenta con conexión a internet?  
Sí, contamos con conexión a internet y wifi dentro de las instalaciones del centro donde realizamos nuestras actividades.
8. ¿Manejan algún tipo de sistema de información dentro de la organización?  
Aún no contamos con un sistema informático para la organización, pero llevamos nuestros registros en base a historiales físicos y bases de datos en Excel.
9. ¿Qué dificultades ha identificado en el proceso de enseñanza socioemocional dentro de la organización?  
Al ser una organización sin fines de lucro, solo se recauda lo esencial para cubrir los gastos que conllevan mantener la calidad de los servicios que ofrecemos, los cuales consumen una gran cantidad de material y recursos para su ejecución.
10. ¿Estaría de acuerdo con la implementación de una herramienta tecnológica para la enseñanza socioemocional en su organización?  
Claro que sí, sería de gran ayuda para los usuarios de nuestra organización sin fines de lucro y apoyaría en la mejora de las intervenciones que realizamos en nuestro centro.

## ANEXO N° 06. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: GUÍA DE OBSERVACIÓN

### GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA EN LA ASOCIACIÓN AUTISMO CHICLAYO

**Objetivo:** Observar el carácter del proceso de enseñanza socioemocional.

**Tutor:** Personal de la Asociación Autismo Chiclayo

**Observador:** Piscocya Tirado, José Luis

**Fecha:** 21 setiembre del 2022

N°	Indicador	SI	NO	Observación
1	El proceso de enseñanza socioemocional se realiza en un ambiente adecuado y libre de distracciones.	X		Son ambientes aislados para evitar las distracciones y sobreestimulación.
2	La intervención se realiza de manera grupal.	X		Dependiendo el tipo de intervención, se puede realizar de manera grupal o individual.
3	El cuidador del infante se encuentra presente la intervención.		X	Dependiendo de la incomodidad del infante, se puede hacer ingresar al cuidador.
4	El tutor encargado de la intervención lleva un registro de las sesiones y temáticas abarcadas previamente.	X		Llevan un registro como historia clínica.
5	El tutor hace uso de material didáctico.	X		Usan material propio elaborado y pizarras.
6	El infante muestra interés por el material presentado por el tutor.		X	Dependiendo del carácter del infante, puede o no prestar la atención necesaria al material.
7	El tutor sigue un orden con respecto a las actividades abarcadas en el proceso de enseñanza socioemocional.	X		Llevan registro de las actividades y evolución que realizan.
8	Hay disponibilidad de dispositivos electrónicos (ordenador, celular, tableta, etc.) para el desarrollo de la intervención.	X		Cuentan con laptops y una tablet.
9	El tutor hace uso de alguna herramienta tecnológica para el fin de la intervención.		X	No cuentan con ninguna herramienta tecnológica.
10	El infante se muestra cooperativo y a gusto con el proceso de enseñanza socioemocional.	X		Generalmente sí, pero en ocasiones se frustra cuando no obtiene el resultado esperado.
11	Existe una correcta comunicación y comprensión entre el tutor y el infante.	X		El tutor hace el esfuerzo, pero en ocasiones y debido a las características del trastorno, resulta siendo complicado.
12	El tutor refuerza lo aprendido al final de la intervención.		X	Al ser muy trabajoso tanto para el infante como para el tutor, se evita el sobreesfuerzo.
13	El tutor evalúa el desempeño del infante finalizando la intervención.	X		El tutor lleva un control de la evolución del infante en sus registros.

## **ANEXO N° 07. FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN DE MENORES PARA LA PRUEBAS DE LA HERRAMIENTA**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DEL PRODUCTO TECNOLÓGICO EN MENORES DE EDAD**

**Sistema Basado en Visión Artificial para el Reconocimiento de Expresiones Faciales Aplicado a la Enseñanza Socioemocional en una Asociación de Autismo de Chiclayo**

#### **Descripción**

Reciba usted un cordial saludo, y a la vez comunicarle que el menor a su cargo ha sido invitado a participar en las pruebas del producto tecnológico de la tesis denominada "SISTEMA BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EXPRESIONES FACIALES APLICADO A LA ENSEÑANZA SOCIOEMOCIONAL EN UNA ASOCIACIÓN DE AUTISMO DE CHICLAYO" que abarca el desarrollo de una herramienta interactiva para computadora con el fin de brindar apoyo a la enseñanza de habilidades socioemocionales en niños con Trastorno del Espectro Autista, a través de ejercicios que estimulan la imitación y reconocimiento de las emociones. Haciendo uso de técnicas de inteligencia artificial para detectar las emociones en las expresiones faciales captadas a través de una cámara de video. La presente investigación es realizada por el estudiante JOSÉ LUIS PISCOYA TIRADO identificado con DNI 72672220 y perteneciente a la escuela de INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.

El propósito de las pruebas de la investigación es evaluar la aceptación del uso de la herramienta para asegurarse de que sea apropiada y beneficiosa para el público objetivo, que en este caso son los niños con Trastorno de Espectro Autista (TEA) de alto nivel de funcionamiento con edades de entre 6 a 11 años.

Si decide permitir la participación del menor, se le solicitará su atención activa durante la explicación del funcionamiento de la herramienta tecnológica, proporcionar información del menor relacionada con la investigación, apoyar al menor en el uso de la herramienta, colaborar en el llenado del cuestionario de aceptación tecnológica que se le proporcionará, facilitar la comunicación de su opinión y la del menor sobre la herramienta, y estar dispuesto a capturar fotos como evidencia de la ejecución de la prueba. La participación le tomará aproximadamente 1 hora.

#### **Riesgos y beneficios:**

Los riesgos asociados con las pruebas pueden incurrir en el cansancio o incomodidad del menor frente a la exposición continua a una pantalla. Para prevenir dicho malestar, por recomendación del psicólogo, la exposición a la herramienta tecnológica se realizará con lapsos de tiempo prudentes y de acuerdo con la disposición del menor.

Los beneficios esperados conllevan el conocimiento acerca de la herramienta y su acceso anticipado, lo que, a su vez, contribuye a una implementación más efectiva y una mayor satisfacción por parte de los usuarios.

#### **Confidencialidad:**

Los datos recopilados de las pruebas que abarcan información del menor de edad, como su edad, género, grado del trastorno del espectro autista, desempeño socioemocional, opinión del apoderado y la percepción del menor sobre la herramienta, serán utilizados de manera anónima en la concepción del análisis de resultados empleados en la investigación. Además, en las fotos capturadas como evidencia que incluyan rostros, estos serán censurados para proteger la

privacidad de los participantes, de manera que no se revele su identidad en ningún informe o resultado de la investigación donde se empleen. De igual manera, los resultados de la evaluación de aceptación tecnológica serán empleados en la investigación de manera anónima.

En adición, todos los datos serán almacenados y manejados confidencialmente bajo la responsabilidad del estudiante como investigador. A los cuales solamente tendrán acceso directo el mismo investigador y su asesor institucional, incluyendo la presente hoja de consentimiento.

**Derechos:**

Al haber leído el presente documento y decidido de manera voluntaria la participación del menor a su cargo, es necesario destacar que cuenta con el derecho de abstenerse de participar o retirarse en cualquier momento, sin ninguna penalidad. Además, cuenta con el derecho de no contestar alguna pregunta particular y a recibir una copia del presente documento.

Si cuenta con alguna duda o queja relacionada a su participación o desea información adicional sobre la investigación, por favor comunicarse con JOSÉ LUIS PISCOYA TIRADO al 981 587 475 con correo electrónico personal [atucipt14@gmail.com](mailto:atucipt14@gmail.com). Así como en caso de emergencias comunicarse con el asesor institucional de la investigación Mgtr. LUJAN SEGURA EDWAR GLORIMER a través del número 964 043 333.

Su firma en el presente documento indica que ha decidido aprobar la participación del menor a su cargo como tutor legal, después de haber leído y discutido la información presentada en esta hoja de consentimiento.

_____	_____	____/____/____
Nombre del tutor	Firma	Fecha

He discutido el contenido de la presente hoja de consentimiento con el arriba firmante. Le he explicado los riesgos y beneficios.

_____	_____	____/____/____
Nombre del investigador	Firma	Fecha

**ANEXO N° 08. PLAN DE PROYECTO BAJO LA METODOLOGÍA CRISP-DM**

TABLA IV  
PLAN DE PROYECTO BAJO LA METODOLOGÍA CRISP-DM

ACTIVIDADES	MARZO		ABRIL		MAYO	
	1	2	1	2	1	2
Comprensión del negocio						
Determinar los objetivos del negocio						
Evaluación de la situación						
Determinar los objetivos del proyecto						
Realizar el plan del proyecto						
Comprensión de los datos						
Recolección de datos iniciales						
Descripción de los datos						
Exploración de datos						
Verificación de la calidad de los datos						
Preparación de los datos						
Selección de datos						
Limpieza de datos						
Construcción de datos						
Integración de datos						
Formateo de datos						
Modelado						
Seleccionar la técnica del modelado						
Generar el plan de pruebas						
Construcción del modelo						
Evaluación del modelo						
Evaluación						
Evaluación de los resultados						
Proceso de revisión						
Determinar el siguiente paso						
Importación						
Planificación de la importación						
Importación del modelo al sistema						
Evaluación del rendimiento del modelo importado						

**ANEXO N° 09. AUTORIZACIÓN DE LA ASOCIACIÓN PARA LA DEMOSTRACIÓN DEL PRODUCTO TECNOLÓGICO Y EJECUCIÓN DEL CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA**



ASOCIACIÓN AUTISMO CHICLAYO



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Lambayeque, 6 de Noviembre de 2023

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA EJECUCIÓN DE DEMOSTRACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA**

Por medio de la presente, en representación de la Asociación Autismo Chiclayo, hago constatar la autorización formal para la demostración del producto tecnológico y evaluación de la aceptación tecnológica en el ámbito de nuestra asociación. Esta autorización se relaciona con la tesis titulada **“SISTEMA BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE EXPRESIONES FACIALES APLICADO A LA ENSEÑANZA SOCIOEMOCIONAL EN UNA ASOCIACIÓN DE AUTISMO DE CHICLAYO”** del estudiante **PISCOYA TIRADO, JOSÉ LUIS** identificado con **DNI 72672220** y perteneciente a la escuela de **INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN** de la **UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**.

Con el propósito de dar continuidad a la investigación mencionada, la Asociación Autismo Chiclayo brindará la información necesaria, facilitará las instalaciones, otorgará los permisos requeridos y proporcionará el apoyo pertinente que esta investigación amerite.

Atentamente,

Kiria Jacinto Casas

Representante de la Asociación Autismo  
Chiclayo