

SISTEMA DE REGISTRO DE ASISTENCIA DE ESTUDIANTES MEDIANTE RECONOCIMIENTO FACIAL EN TIEMPO REAL

Karen Estefanía Heredia Villacís

keherediav@istx.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3640-9724>

Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Oscar Eduardo Donoso Palomeque

oscar.e.donosop@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5359-9201>

Investigador independiente - Ecuador

Recibido: 14/11/23

Aceptado: 10/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

La presente investigación modela e implementa un sistema tecnológico que permite el control de asistencia de los estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real, aplicado al Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, utilizando *Raspberry* y *Python*. Este piloto es adaptado al aula de trabajo para permitir el registro automático de los asistentes, mediante modelos de aprendizaje automático supervisado, basado en el algoritmo de *OpenCV*, como clasificadores potenciados. El sistema de toma de lista tiene cuatro fases como son análisis, diseño, implementación y validación lo que permite que en los primeros minutos de la clase se registre a los estudiantes, para que, de esta manera se cumpla con los requerimientos institucionales y que los datos sean confiables y actualizados.

PALABRAS CLAVE: control de asistencia, reconocimiento facial, sistema de registro.

STUDENT ATTENDANCE REGISTRATION SYSTEM USING REAL TIME FACIAL RECOGNITION

ABSTRACT

The present research models and implements a technological system that allows the attendance control of students through facial recognition in real time, applied to the Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, using Raspberry and Python. This pilot is adapted to the classroom to allow the automatic registration of attendees, using supervised machine learning models, based on the OpenCV algorithm, as boosted classifiers. The list-taking system has four phases such as analysis, design, implementation and validation, which allows students to be registered in the first minutes of the class, thus complying with institutional requirements and ensuring that the data is reliable and up-to-date.

KEY WORDS: attendance control, facial recognition, registration system.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión efectiva del control de asistencia en el ámbito educativo constituye un componente esencial para garantizar el seguimiento adecuado de la participación de los estudiantes en clases. En este contexto, es crucial examinar el estado actual del campo, identificando las prácticas y tecnologías existentes que abordan este desafío. La automatización de procesos mediante el reconocimiento facial ha surgido como una innovación potencialmente transformadora en este dominio.

El problema subyacente se manifiesta en el tedioso y propenso a errores registro de asistencia manual. La necesidad de optimizar este proceso se vuelve evidente, considerando que la aprobación de asignaturas está intrínsecamente vinculada al porcentaje de clases presenciales asistidas. Surge, por tanto, la imperante demanda de una solución más eficiente y precisa para el registro de asistencia.

En este contexto, la presente investigación propone una solución innovadora: un sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. La adopción de esta tecnología busca superar las limitaciones asociadas con los métodos de registro manuales, agilizando el proceso y reduciendo la posibilidad de errores. El objetivo central es implementar un piloto funcional que demuestre la viabilidad y eficacia del reconocimiento facial como método de registro de asistencia en el entorno educativo.

Al explorar el reconocimiento facial como técnica clave, es crucial entender sus elementos fundamentales. La detección de rostros, que localiza las caras en el enfoque de la cámara, y la identificación facial, que compara los rostros detectados con una base de datos predefinida, emergen como pasos cruciales en este proceso. Además, factores como la resolución de la cámara, la iluminación ambiental y la elección de la técnica de reconocimiento se perfilan como elementos determinantes para garantizar la eficacia del sistema propuesto.

El campo de la inteligencia artificial, o IA, va más allá: no sólo intenta comprender, sino que también se esfuerza en construir entidades inteligentes. La IA sintetiza y automatiza tareas intelectuales y es, por lo tanto, potencialmente relevante para cualquier ámbito de la actividad intelectual humana. En este sentido, es un campo genuinamente universal. (Russell & Norving, 2004).

Un sistema de visión artificial opera a partir de una representación de la realidad que le suministra información acerca de factores como la luminosidad, los colores, las formas, entre otros aspectos. Estas representaciones suelen manifestarse en forma de imágenes estáticas, escenas tridimensionales o secuencias de imágenes en movimiento. En este contexto, nos concentraremos en el análisis de imágenes estáticas. La digitalización, por otro lado, es el proceso que

transforma información del mundo continuo o analógico en información discreta o digital. Este proceso implica la creación de una imagen bidimensional que se concibe como una función que asigna un valor específico a propiedades del punto que representa, como su luminosidad o tonalidad, para cada par de coordenadas (x, y) (Larcher, BIASONI, Carlos A. Cattaneo, & Herrera, 2011).

El reconocimiento facial es la identificación de una o varias personas o rostros por medio de imágenes o videos. Estos datos pueden ser adquiridos en tiempo real o pueden ser procesadas previo a un almacenamiento. En la actualidad, los sistemas basados en procesamiento facial pueden ser utilizados en diversos campos de aplicación, siendo la biometría una de las más usadas, debido a la necesidad de seguridad y vigilancia. Existen dos categorías principales de enfoques en el reconocimiento facial: aquellas que se fundamentan en la apariencia y aquellas que se basan en modelos. Dentro de cada una de estas categorías, se pueden encontrar diversos métodos para describir la imagen, aunque en este análisis, solo se abordarán algunos de los métodos que se centran en la apariencia (Hernández, 2010).

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de trabajo incluye todos los pasos a seguir para que el reconocimiento facial que permitirá que el registro de asistencia facial en tiempo real sea eficiente como muestra la figura.

Figura 1

Entorno del sistema.



Fuente: autoría propia.

Análisis. La primera fase recolecta toda la información que se requiere para la implementación del producto final, como son los datos de la ficha personal de los estudiantes, lista de estudiantes, asignaturas y horarios. También aglutina los requerimientos del usuario final del sistema como son los datos que se requieren para una recolección adecuada: definir claramente la arquitectura del sistema, los algoritmos de reconocimiento facial que se utilizarán, así como cualquier componente adicional necesario para el funcionamiento óptimo del sistema. Se establecen objetivos claros y alcanzables, delineando con precisión las funcionalidades que se espera que el sistema cumpla. Esto implica no solo la

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

capacidad de identificar a los estudiantes presentes en el aula, sino también la velocidad y precisión requeridas para realizar la toma de lista de manera eficiente.

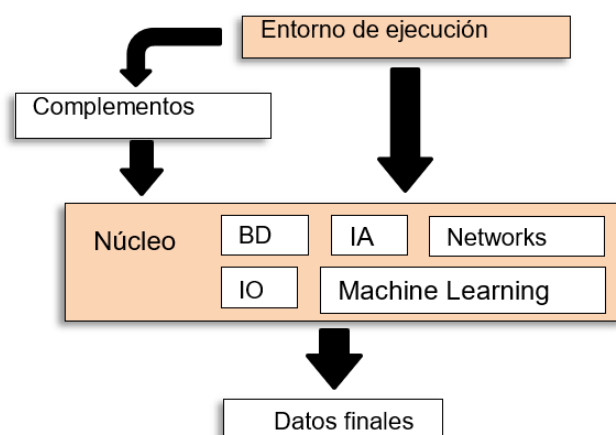
Se realizan estimaciones detalladas sobre el rendimiento esperado del sistema, considerando factores como la velocidad de procesamiento, la capacidad de almacenamiento y la interoperabilidad con otros sistemas existentes en el entorno educativo. Además, se identifican y analizan cuidadosamente posibles limitaciones o riesgos que podrían surgir durante la ejecución del producto final. Esto podría incluir aspectos como la privacidad y seguridad de los datos biométricos de los estudiantes, así como posibles desafíos técnicos o de implementación en entornos educativos específicos.

Diseño. En esta fase se realiza la investigación científica de las características técnicas que se va a utilizar, además del entorno en el cual se va a desarrollar el piloto experimental, el esquema que permite conocer el funcionamiento detallado, los participantes que formarán parte en el momento del desarrollo, organización del plan de pruebas que permita corregir problemas de funcionalidad, recolectar las especificaciones y los requerimientos de información. Al culminar este periodo, la aplicación debe estar lista para ser implementada y probada de forma real, al ingresar una serie de datos funcionales y paralelamente se corrigen los errores en el camino.

El diseño del prototipo se considera una arquitectura con distribución por capas que emplee de una red de flujo de datos. En la capa de entorno de ejecución solo requiere ser accionado y no necesita un HMI (*Human Machine Interface*) para ser operado. El núcleo es donde se encuentra las herramientas necesarias para el procesamiento de información mediante Inteligencia Artificial; por último, se encuentra la capa donde el usuario encuentra los datos requeridos.

Figura 2

Diseño del sistema.



Fuente: autoría propia.

Implementación. Esta fase inicia con la programación del software con las librerías adecuadas y la adaptación del hardware que permita la integración de todo el sistema de control de asistencia. También, se genera la base de datos que se realiza una sola vez al ingresar la información de los estudiantes en el registro único del Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi para la matrícula. Este último consiste en la toma de 20 fotos instantáneas en varias posiciones para implementar la base de datos robusta de cada estudiante. Una vez en el aula, el sistema reconoce los rostros y los clasifica acorde a los datos previamente suministrados.

Se utilizó un *Raspberry Pi* como el hardware principal para el sistema de registro de asistencia. El *Raspberry Pi* es un ordenador de bajo costo y consumo de energía, adecuado para una variedad de proyectos de computación. Además, se utilizó una cámara OV5647 para *Raspberry*, un módulo de cámara específicamente diseñado para el *Raspberry Pi*. Esta cámara se utilizó para capturar imágenes de los estudiantes para el reconocimiento facial.

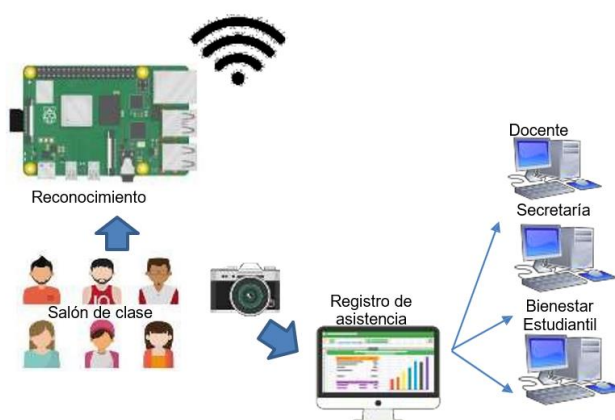
Se utilizaron varias librerías de *Python* para el desarrollo del software de reconocimiento facial. Las principales librerías incluyen:

- *OpenCV*: se utilizó para la detección y reconocimiento de rostros. Se instalaron las dependencias y la versión específica de *OpenCV* mediante los comandos en el terminal del *Raspberry Pi*.
- *Imutils*: se utilizó para facilitar la manipulación de imágenes y video en *OpenCV*.
- *PIL (Python Imaging Library)*: se utilizó para procesar las imágenes y agregar soporte para abrir, procesar y guardar diferentes formatos de archivos de imágenes.

Estas librerías fueron esenciales para el desarrollo del software de reconocimiento facial, permitiendo la detección y el reconocimiento precisos de los rostros de los estudiantes para la toma de lista automatizada.

Figura 3

Arquitectura del sistema.



Fuente: autoría propia.

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Pruebas y validación. Se llevaron a cabo múltiples pruebas de funcionamiento y validación de los datos, indispensables para incorporar sugerencias de funcionalidad y corregir posibles problemas o fallos que se puede encontrar. Si varios usuarios que requieren el sistema lo prueban, el mismo permite tener una realidad de funcionalidad para medir si el proyecto simplifica la tarea de toma de lista manual y permite tener estadísticas reales puesto que evita la omisión de registro por parte del docente.

Las pruebas se realizaron en condiciones que simulan el entorno real de una clase o un ambiente educativo. Se menciona que los usuarios prueban el sistema para evaluar si simplifica la tarea de la toma de lista manual. Las pruebas se llevaron a cabo en un entorno educativo simulado o real, donde los usuarios interactuaron con el sistema en situaciones prácticas de toma de lista. Además, el objetivo de las pruebas es evitar la omisión de registro por parte del docente, lo que implica que las pruebas garantizan que el sistema pueda capturar con precisión la asistencia de los estudiantes en diferentes condiciones de iluminación, ángulos de cámara, etc.

3. RESULTADOS

Para iniciar con las pruebas se realizan algunos pasos:

Generación de la base de datos. Los datos de entrenamiento se recopilaron mediante la captura de imágenes de los estudiantes frente a la cámara. Cada estudiante proporcionó sus datos de registro y luego se tomaron múltiples fotografías de su rostro en diferentes posiciones y condiciones de iluminación. Estas imágenes se utilizaron para crear una base de datos que contiene las características faciales de cada estudiante.

Entrenamiento del modelo. Se utilizó un algoritmo de reconocimiento facial, basado en el método de reconocimiento de patrones LBPH (*Local Binary Patterns Histograms*). Durante el entrenamiento, el modelo se alimentó con las imágenes de la base de datos junto con las etiquetas correspondientes que identifican a cada estudiante. El modelo aprendió a reconocer las características distintivas de cada rostro y a asociarlas con las identidades de los estudiantes.

Validación del modelo. Después del entrenamiento, el modelo es validado utilizando un conjunto separado de datos de prueba que no se utilizaron durante el entrenamiento. Esto se hizo para evaluar la precisión y el rendimiento del modelo en la identificación de rostros en condiciones diferentes a las del entrenamiento.

Se muestran varias pruebas de funcionamiento con diferentes tamaños de base de datos.

Resultado 1. Todos los usuarios se tomaron una foto frontal, se entrenó al modelo en aproximadamente 10 segundos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar.

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.
<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Tabla 1

Prueba con una foto por usuario.

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	14%	35 segundos
Bryan	25%	65 segundos
Dario	18%	40 segundos
Jorge	15%	75 segundos
Marco	20%	40 segundos
Byron	10%	50 segundos

Fuente: autoría propia.

Resultados 2. Todos los usuarios se tomaron cinco fotos en diferentes posiciones frontales, se entrenó al modelo en aproximadamente 80 segundos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar

Tabla 2

Prueba con cinco fotos por usuario.

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	25%	30 segundos
Bryan	27%	25 segundos
Dario	39%	15 segundos
Jorge	42%	22 segundos
Marco	22%	35 segundos
Byron	50%	20 segundos

Fuente: autoría propia.

Resultados 3. Todos los usuarios se tomaron 10 fotos en diferentes posiciones frontales, se entrenó al modelo en aproximadamente 3 minutos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar.

Tabla 3

Prueba con 10 fotos por usuario.

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	65%	15 segundos
Bryan	70%	10 segundos
Dario	55%	20 segundos
Jorge	68%	10 segundos
Marco	75%	15 segundos
Byron	80%	15 segundos

Fuente: autoría propia.

Resultados 4. Todos los usuarios se tomaron 15 fotos en diferentes posiciones frontales, se entrenó al modelo en aproximadamente 6 minutos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar.

Tabla 4

Prueba con 15 fotos por usuario

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	65%	15 segundos
Bryan	70%	10 segundos
Dario	55%	20 segundos
Jorge	68%	10 segundos
Marco	75%	15 segundos
Byron	80%	15 segundos

Fuente: autoría propia.

4. DISCUSIÓN

Probabilidades de Detección de Rostro. Después de llevar a cabo varias pruebas y considerando la delicadeza de los datos, se ha observado que el sistema de reconocimiento facial implementado muestra una alta precisión en la detección de rostros. Esto se debe en gran parte a la aplicación del clasificador por cascada proporcionado por *OpenCV*, el cual ha demostrado ofrecer resultados robustos incluso con un número limitado de imágenes de entrenamiento. Sin embargo, es importante reconocer que la precisión del sistema puede variar dependiendo de factores como la iluminación del entorno y la posición de los estudiantes en el aula. Por lo tanto, es crucial seguir evaluando y mejorando continuamente el sistema para garantizar su eficacia en diversas condiciones.

Métodos de Detección de Rostro Aplicados. El método de detección de rostros basado en el clasificador por cascada de *OpenCV* ha mostrado ser una

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

elección acertada para este proyecto. Este enfoque permite una detección precisa de rostros en tiempo real y ha sido fundamental para la implementación del sistema de toma de lista automatizada. Además, la ubicación estratégica de la cámara en el aula, junto con su capacidad para capturar imágenes de alta resolución, ha contribuido significativamente a la eficacia del sistema. Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen otros métodos de detección de rostros, como el uso de redes neuronales convolucionales (CNN), que podrían explorarse en futuras iteraciones del proyecto para mejorar aún más la precisión y robustez del sistema.

Los resultados obtenidos respaldan la efectividad del método de detección de rostros aplicado y destacan la importancia de seguir evaluando y mejorando el sistema para garantizar su fiabilidad y utilidad en el entorno educativo. La combinación de una alta probabilidad de detección de rostros con un método de detección robusto y práctico ha demostrado ser fundamental para el éxito del proyecto y para cumplir con los objetivos de seguridad, funcionalidad, disponibilidad, veracidad y efectividad del sistema de registro de asistencia mediante reconocimiento facial.

Los sistemas de reconocimiento facial iniciaron en el año 1973. Desde entonces está avanzado a pasos agigantados permitiendo desarrollar diferentes técnicas y un sinnúmero de aplicaciones plasmados en trabajos de investigación.

El reconocimiento facial se puede aplicar en video-vigilancia y monitorización, donde los usuarios muchas veces no están conscientes que están siendo controlados y se puede relacionar con la administración judicial / policial. Las aplicaciones relacionadas con interfaces perceptuales y entretenimiento, permiten tener una interfaz hombre - máquina para añadir seguridad potente en equipos electrónicos. La indexación multimedia permite que la búsqueda sea automática y logra etiquetar cuando existe un rostro, lo que ha permitido incluso estar presente en las redes sociales. La generación gráfica y codificación de video, donde ya se aplica la visión artificial, permite procesar las imágenes y solo utilizar los resultados. Incluso existen proyectos encaminados a ayudar a personas minusválidas como un método de comunicación con máquinas.

Sin embargo, a pesar de la gran variedad de trabajos relacionados con el reconocimiento facial aplicado hacia la biométricas y seguridad, las biométricas son uno de los registros más eficientes, entre ellas, el rostro es el más eficaz. También, los estudios muestran su buena relación entre costo y fiabilidad.

Existen trabajos similares, como el prototipo de prueba en la escuela Julia Navarrete Mendoza en Portoviejo - Ecuador. Aquí se desarrolló un prototipo de control asistencia de los estudiantes en un aula, en el cual usa Cloud para todo el desarrollo, permitiendo tener a los padres informados de la inasistencia de los representados mediante correo electrónico (Salvatierra, 2018).

Otro trabajo similar es el denominado sistema de registro de empleados por medio de detección facial en Bogotá - Colombia, que está en progreso. Este trabajo permitirá controlar la hora de ingresos y salidas, para poder controlar asistencia y atrasos en una empresa manejando aplicaciones que ofrece Google de Inteligencia Artificial y utilizando una arquitectura *serverless* para no generar problemas en el Hardware o sistemas operativos y que le permita concentrarse en el desarrollo del software (Alvarez & Bazán, 2021).

Un proyecto desarrollado en Carabobo, Venezuela, se enfocó en la implementación de un prototipo de reconocimiento facial destinado a controlar la asistencia en la Escuela de Telecomunicaciones de la Universidad de Carabobo. Esta iniciativa hizo uso de la tecnología de visión artificial para adquirir y comparar imágenes, así como para llevar a cabo el procesamiento digital de las mismas, con el objetivo de identificar a las personas. Además, se empleó el lenguaje de programación Python para crear una interfaz de usuario que permitiera administrar el software y se llevaron a cabo pruebas para evaluar su eficiencia y efectividad. (Mosquera, 2018).

Los estudios recientes permiten aplicar inteligencia artificial en casi todos los campos, lo que ha favorecido para que el reconocimiento facial se encuentre en un sinnúmero de aplicaciones a nivel mundial, por ejemplo, para ayudar al 911 para la identificación de personas en la lista de los más buscados, sistema de video-vigilancia, biometría facial aplicado a ciudades inteligentes, para proteger y acceder a contraseñas de dispositivos tecnológicos, en redes sociales se identifican a las personas están en las fotografías.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

El proyecto ha logrado demostrar que el reconocimiento facial es una herramienta viable y efectiva para la toma de lista en el ámbito educativo. A través de la recopilación de información acorde a las necesidades de los usuarios y la implementación de un sistema que permite registrar la asistencia en tiempo real, se ha evidenciado la utilidad y la conveniencia de esta tecnología en el contexto escolar.

La ubicación estratégica de la cámara y su capacidad para capturar imágenes de alta resolución de todo el salón de clases son aspectos cruciales que han sido considerados y abordados satisfactoriamente en el desarrollo del proyecto. Asimismo, la aplicación del clasificador por cascada de *OpenCV* ha demostrado ser una solución efectiva para la detección precisa de rostros, garantizando resultados óptimos incluso con un número limitado de imágenes de entrenamiento.

La disposición favorable por parte de los docentes del Instituto Superior Tecnológico para considerar la implementación del sistema de reconocimiento facial en todas las clases, indica un respaldo significativo hacia la adopción de esta tecnología como método automatizado de toma de lista. Esta receptividad abre la puerta a una posible integración generalizada del sistema en el entorno educativo,

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

lo que podría resultar en una mejora sustancial en la eficiencia y la precisión de los procesos de registro de asistencia.

6. REFERENCIAS

- Alvarez, R., & Bazán, C. (2021). *Sistema de seguridad con reconocimiento facial en módulo ESP32*. Bogotá: Mare Ingenii.
- Domingos, P. (2012). *A Few Useful Things to Know About Machine Learning*. University of Washington.
- Hernández, R. G. (2010). *Estudio de técnica de reconocimiento facial*. Barcelona: Telecom BCN.
- Larcher, L. I., Biasoni, E. M., Carlos A. Cattaneo, A. I., & Herrera, A. C. (2011). *Algoritmo para Detección de Bordos y Ulterior Determinación de Objetos en Imágenes Digitales*. Santa Fe: Asociación Argentina de Mecánica Computacional.
- Mosquera, V. (2018). *Diseño de un software piloto de reconocimiento facial para el control de asistencia*. Universidad de Carabobo.
- Pino, R., Gómez, A., & De Abajo, N. (2001). *Introducción a la Inteligencia Artificial: Sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Oviedo.
- Russell, S., & Norving, P. (2004). *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Madrid: Pearson Educación.
- Salvatierra, G. (2018). *Desarrollo de un sistema de control de asistencia estudiantil mediante reconocimiento fácil*. Poroviejo: UNIR.
- Scrael, G. (2010). *Sistema de Reconocimiento Facial*. Universidad Nacional del Litoral de Santa Fé.