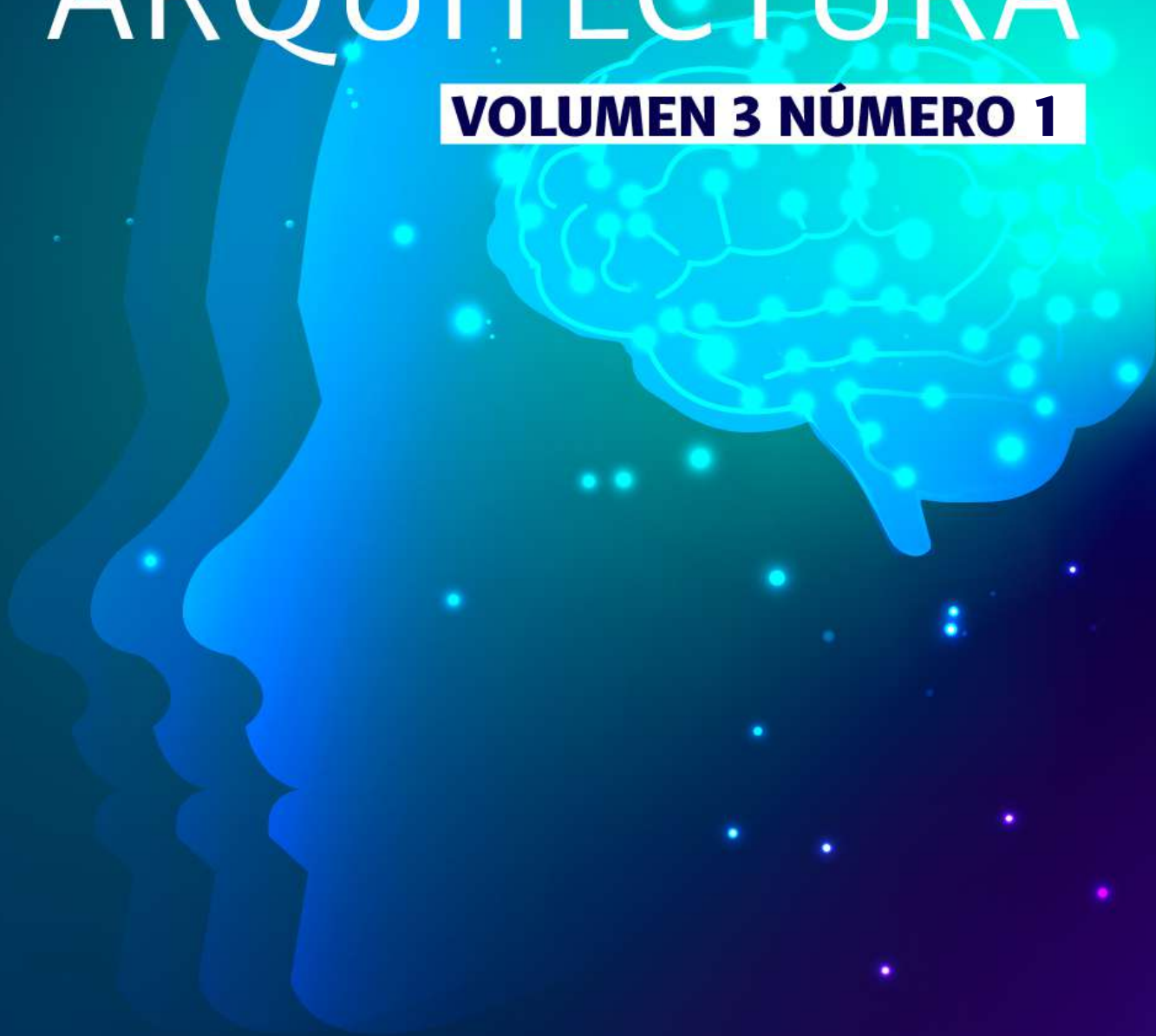


REVISTA CIENTÍFICA DE
INGENIERÍAS
Y ARQUITECTURA

VOLUMEN 3 NÚMERO 1



ÍNDICE

Carta editorial	5
Herramienta digital para estudiar el comportamiento y las emociones de los estudiantes universitarios	7
Desarrollo de un prototipo de detección de células blásticas en muestras de sangre periférica mediante visión por computadora para contribuir al diagnóstico clínico de leucemia	22
Modelado de visión por computadora y control de movimiento para la navegación autónoma de un robot móvil en entornos dinámicos	38

Aviso de Privacidad

Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura

La Universidad La Salle Oaxaca A.C., con domicilio en Camino a San Agustín No. 407, Colonia Santa Cruz Xoxocotlán Oaxaca, Oaxaca, C.P. 71230, es responsable del tratamiento de sus datos personales en términos de lo establecido por el artículo 3º fracción XIV de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares (LFPDPPP). Los datos personales generales recabados de manera electrónica en este formulario como lo son: nombre completo, correo electrónico personal e institución o lugar de procedencia, serán utilizados para el llenado del formulario de registro que le permitirá tener acceso para publicar o proponer artículos para su exposición en "La Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura" de la Universidad La Salle Oaxaca. Si usted tiene alguna duda sobre el manejo de los datos personales o desea ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición, o bien quiere conocer nuestro aviso de privacidad integral, puede hacerlo entrando a nuestro sitio web: [web www.ulsaoaxaca.edu.mx](http://web.ulsaoaxaca.edu.mx).

Información legal

Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, año 2, no. 2, junio 2024, es una publicación semestral (“Enero-Junio”, “Julio-Diciembre”) editada por la Universidad La Salle Oaxaca, A.C. Camino a San Agustín 407, Santa Cruz Xoxocotlán, C.P. 71230, Oaxaca, México. Tel. (951) 52 9333. Página electrónica de la revista: <https://revistas.ulsaoaxaca.edu.mx/RCIA> Editor responsable: Arq. Karime Yasmín Hernández Matus (correo electrónico: revistacientifica.eia@ulsaoaxaca.edu.mx) Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título 04-2024-030511234100-102, ISSN: 3061-7154, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Arq. Karime Yasmín Hernández Matus, revistacientifica.eia@ulsaoaxaca.edu.mx, Universidad La Salle Oaxaca, A.C. Camino a San Agustín 407, Santa Cruz Xoxocotlán, C.P. 71230, Oaxaca, México. Fecha de la última modificación, 4 de julio del 2024

Carta editorial

La tecnología, al igual que la educación, tiene el poder de transformar vidas cuando se utiliza con propósito. En ámbitos tan diversos como la salud, la educación y la robótica, la tecnología puede ser una herramienta poderosa para mejorar el bienestar humano. Como señalara Alan Turing, precursor de la computación moderna, “Las máquinas son solo herramientas, pero en las manos correctas, pueden cambiar el mundo”. Esta cita refleja el impacto que puede tener la innovación tecnológica, cuando se aplica en áreas como la mejora del bienestar estudiantil, el diagnóstico médico, o el desarrollo de robots autónomos que navegan entornos complejos.

En esta ocasión, es un placer para mí redactar la carta editorial para este nuevo número de la Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad La Salle Oaxaca. En esta edición, presentamos tres investigaciones que reflejan el compromiso de los autores en áreas clave como la innovación en la educación, el avance tecnológico en el campo de la salud, y el desarrollo de soluciones robóticas avanzadas.

El primer artículo, aborda uno de los retos más importantes en el ámbito educativo: la salud emocional de los estudiantes universitarios. Los autores proponen el desarrollo de una aplicación digital que monitorea las emociones y comportamientos de los estudiantes, ofreciendo una herramienta de gran valor para mejorar el bienestar estudiantil. Esta investigación, sustentada en normas como la NOM-035, busca ofrecer un enfoque integral para ayudar a los estudiantes a gestionar sus emociones de manera efectiva, con el fin de mejorar su rendimiento académico y su bienestar general.

El segundo artículo, presenta una propuesta innovadora en el ámbito médico. A través de la implementación de una metodología de desarrollo adaptada y de algoritmos de visión por computadora, este trabajo contribuye al diagnóstico temprano de la leucemia, una enfermedad que afecta a millones de personas en todo el mundo. El uso de tecnologías como el algoritmo de Canny para la detección de bordes en imágenes digitales, representa un avance significativo en el procesamiento de datos médicos, ofreciendo una herramienta crucial para mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Por último, el tercer artículo, introduce un enfoque interdisciplinario que combina la robótica y la visión por computadora. Este estudio propone un sistema de navegación autónoma que permite a los robots adaptarse a entornos dinámicos mediante el procesamiento de imágenes y el control de movimiento en tiempo real. El uso de tecnologías como Arduino, OpenCV y Numpy demuestra cómo las herramientas de código abierto pueden ser utilizadas para resolver problemas complejos en la robótica móvil, con aplicaciones que van desde la logística hasta la atención médica.

Estas investigaciones reflejan el compromiso de la revista con la promoción de soluciones tecnológicas que no solo innovan, sino que también abordan problemáticas críticas desde una perspectiva humanista y social desde diversas áreas del conocimiento. Los avances presentados no solo ofrecen respuestas concretas, sino que también inspiran nuevas líneas de investigación orientadas a generar un impacto positivo en el bienestar humano y desarrollo social.

***Indivisa Manent
Lo unido permanece***

Dr. Carlos Miguel López Martínez
Profesor de la Escuela de Ingeniería
Universidad La Salle Oaxaca

Derechos de Autor© 2024 Carlos Miguel López Martínez



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Herramienta digital para estudiar el comportamiento y las emociones de los estudiantes universitarios

Cinthia del Carmen Balam Almeida¹, Cesar Zenet López Cruz²

DOI: 10.56643/rcia.v3il.164

Como citar este artículo: Balam-Almeida, C. C. y López-Cruz, C. Z. (2024) Herramienta digital para estudiar el comportamiento y las emociones de los estudiantes universitarios. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura. 3(1). 7-24. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v3il.164>

RESUMEN

En la actualidad, los programas estudiantiles han constatado que los problemas conductuales, reactivos y emocionales en el desempeño de los estudiantes han alcanzado niveles altos, excediendo lo que permiten las normas educativas establecidas, lo que ha impactado en su desarrollo académico y social. En México, más de dos millones de niños y adolescentes padecen algún trastorno, lo que ha llevado a que la depresión sea la segunda causa de muerte entre adolescentes de 10 a 24 años. Las emociones son reacciones psicológicas y fisiológicas que se presentan ante una situación interna o externa y provocan un cambio en nuestro estado, haciéndonos actuar de determinada manera. Esto ha llevado a que uno de cada 10 adolescentes se suicide como consecuencia de la depresión.

Los problemas de conducta y emocionales se atribuyen a que el estudiante no tiene la capacidad de regular sus emociones, lo que puede dar lugar a conductas agresivas hacia sus compañeros, como también a la incapacidad de concentrarse en las clases, entre otros problemas. Por ello, el objetivo de este trabajo fue crear una herramienta digital que nos permita interpretar las emociones y comportamientos de los estudiantes universitarios, A fin de implementar acciones que se reflejen en resultados positivos, que permitan mejorar su desarrollo personal lo cual le ayudara a enfrentarse a futuros desafíos ya sea escolares, personales o laborales. Esta herramienta se basa en los sistemas de clasificación estadística CIE-10 y DSM-V, así como en la norma empresarial NOM-035. Su desarrollo propició la realización de estudios, motivados por la preocupación sobre las causas por las cuales algunos estudiantes del PE de ISC en el ITSSY presentan depresión o cambios de humor. Al aplicar pruebas con esta herramienta, obtuvimos respuestas que estos jóvenes, debido a su trastorno de depresión, no habrían expresado por sí solos. Por lo que le agradecemos al Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, por todas las facilidades prestadas para la realización de esta investigación.

Palabras clave: *Herramienta digital, conductas, emociones, adolescentes, app.*

¹Maestra en Informática, Posgrado en Gestión de Proyectos. ITSSY, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, Revista Orama, SOLACYT, Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior, UNINI, Universidad Hispanoamericana Justo Sierra. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7572-2425>. Correo electrónico de correspondencia: cbalam@suryucatan.tecnm.mx

²Maestro en enseñanza efectiva. Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, Universidad Tecnológica Regional del Sur. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3103-9226>

Recibido: 01/11/2022 | Aceptado: 18/07/23 | Publicado: 08/06/2024

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue financiada con recursos de los autores.

Abstract

Currently, student programs have found that behavioral, reactive, and emotional problems in student performance have reached high levels, exceeding what is allowed by established educational standards, which has impacted their academic and social development. This means that, in Mexico, more than two million children and adolescents suffer from a disorder, which means that depression is the second cause of death in adolescents between 10 and 24 years old.

Emotions are psychological and physiological reactions that occur in response to an internal or external situation and cause a change in our state, making us act in a certain way. This has led to one in 10 adolescents committing suicide as a result of depression.

Behavioral and emotional problems are attributed to the student not having the ability to regulate their emotions, which can lead to aggressive behavior towards their peers, as well as the inability to concentrate in class, among other problems. Therefore, the objective of this work was to create a digital tool that allows us to interpret the emotions and behaviors of university students, and reflect positive results, which allow them to improve their personal development, which will help them face future challenges, whether school, personal or work-related. This tool is based on the CIE 10 and DSM V statistics systems and on the business standard: NOM-035. By conducting studies, the concern has arisen about the causes that some of our students from the PE of ISC of the ITSSY, present depression or mood swings and when performing tests with our tool we found answers that these young people would not say on their own, as a consequence of this mental disorder that is depression.

Therefore, we thank the National Institute of Technology of Mexico, Campus Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, for all the facilities provided for the realization of this research.

Keywords: Digital tool, behaviors, emotions, adolescents, app.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, cuando se habla de problemas de conducta en los estudiantes se hace referencia al comportamiento no aceptable o no idóneo de éstos, el cual no respeta el código establecido de conducta escolar. Tales problemas se han vuelto un reto diario para los profesores, porque impactan el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula, así como otros ámbitos escolares. Por otra parte, según el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (dsm por sus siglas en inglés), elaborado por la American Psychiatric Association, que describe el dms5, los problemas conductuales pueden clasificarse como de excesos y de déficits conductuales. Los problemas de conducta y emocionales se atribuyen a que el estudiante no tiene la capacidad de regular sus emociones, lo que puede provocar conductas agresivas hacia sus compañeros, como también incapacidad de concentración en las clases, entre otros problemas.

De manera que los trastornos de conducta representan uno de los problemas más frecuentes observables en las unidades de salud mental infanto-juvenil. Las estrategias de afrontamiento, aunadas a las características personales de los padres, desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de determinadas condiciones psicológicas durante la infancia y la adolescencia. Algunos investigadores han considerado la implementación de programas para padres en las escuelas como primera opción de tratamiento de estos problemas cotidianos en los estudiantes

El hecho de que los estudiantes tengan control sobre sus emociones les proporciona una sensación de autonomía y seguridad, al tiempo que perciben que pueden controlar las situaciones a las que se ven enfrentados. Además, el control de las emociones les permite mejorar su toma de decisiones, pues están conscientes de los riesgos y beneficios que involucran aquellas que toman día a día, sean de suma importancia o no, y que, a la larga, tendrán repercusiones en su vida. Si los estudiantes tienen conocimiento sobre su inteligencia emocional, esto les permitirá reconocer sus aptitudes personales sociales, por ejemplo, su capacidad de autocontrol y empatía. Por eso, los profesores deben tener en cuenta los problemas emocionales del estudiante, a fin de adaptar su forma de enseñanza, para no perjudicar a ninguno.

La buena conducta suele ser algo muy demandado, tanto que, por lo general, en escuelas y empresas e instituciones públicas los estudiantes muestran buena conducta. Esto es algo que se busca desde la niñez y en el hogar, pues la mala conducta es mal vista por la sociedad. Asimismo, es algo que se toma en cuenta en cualquier entorno laboral, pues se pretende que exista una buena relación de trabajo y puede ser importante para que el sujeto sea considerado para incorporarse a proyectos importantes, en los cuales es primordial el trabajo en equipo. Cabe señalar que la conducta inapropiada no es algo que se origine naturalmente en una persona; ésta se adquiere por diversas razones, entre las que se encuentran las malas compañías, la falta de atención y afecto por parte de los familiares, el aislamiento social, etc. De aquí surge una gran problemática y es que los estudiantes se expresan con sus pares de una manera que para ellos está bien, aunque sin tener idea de cuánto daño pueden causar a sus compañeros o a sí mismos. En esos momentos empieza a desempeñar un papel la exclusión, porque los demás ya conocen su forma de ser. También de ahí surge el desempleo en las empresas y las sanciones impuestas por las instituciones educativas. Por ello la necesidad de desarrollar una herramienta digital que sirva para brindar apoyo a los estudiantes universitarios, la cual les ofrecerá técnicas que les servirán para lidiar con las situaciones que se les presentan día con día.

Nuestra justificación del proyecto “Herramienta digital para el estudio de las emociones y conductas en estudiantes universitarios” tiene que ver con la necesidad de abordar los siguientes aspectos:

Importancia del bienestar estudiantil: el bienestar emocional y mental de los estudiantes universitarios es fundamental para su rendimiento académico, su satisfacción con la vida y su ajuste social. Algunas investigaciones han demostrado que las conductas y emociones de los estudiantes están estrechamente relacionadas con su éxito académico y su adaptación al entorno universitario.

Limitaciones de las herramientas tradicionales: las herramientas tradicionales de recopilación de datos, como los cuestionarios en papel, pueden ser limitadas en su capacidad para capturar la complejidad y la variabilidad de las conductas y emociones de los estudiantes en contextos universitarios dinámicos y cambiantes. Por ello se requiere una herramienta digital innovadora y flexible, que permita recopilar datos de manera más eficiente y precisa.

Necesidad de comprensión profunda: resulta apremiante comprender a profundidad y detalle las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, como también los factores que afectan el rendimiento académico, la salud mental y el bienestar general. Esto permitirá desarrollar intervenciones más efectivas para mejorar el bienestar estudiantil y promover el éxito académico.

Potencial de la tecnología digital: esta tecnología ofrece nuevas oportunidades para recopilar datos sobre las conductas y emociones de los estudiantes universitarios en forma más dinámica, precisa y significativa. Una herramienta digital diseñada específicamente para este propósito puede facilitar la recopilación, el análisis y la comprensión de los datos obtenidos, lo que llevará a una investigación más avanzada y a una mejora en la calidad de vida estudiantil.

En resumen, esta investigación sobre una herramienta digital responde a la necesidad de comprender y abordar mejor y de manera más efectiva las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, fundamentándose en el potencial que ofrece la tecnología digital para mejorar la recopilación de datos.

2. DESARROLLO

En 2022, la Guía del docente en México hacía referencia a la educación emocional y resaltaba su importancia en los procesos de aprendizaje. En el proceso educativo se tiende a favorecer el aspecto cognitivo sobre el emocional. Incluso, muchas personas consideran que estos dos aspectos deben abordarse por separado. Esto no es realista si queremos lograr un desarrollo integral de los estudiantes. Para incorporar los aspectos emocionales al proceso educativo es necesario determinar en qué consisten las emociones, cómo se produce la educación emocional y qué papel desempeñan las emociones en dicho proceso. Al mismo tiempo, es importante tener en cuenta el papel de los docentes y que sus propias emociones y las de sus alumnos deben ser consideradas en su desempeño docente.

Durante el desarrollo de una situación traumática, lo usual es sentir miedo; este sentimiento se mantiene posteriormente y se manifiesta en estrés agudo. Algunos de los sentimientos que se presentan en estos casos tienen que ver con: (1) volver a experimentar los síntomas (reviviscencia), flashbacks, pesadillas, pensamientos aterradores; (2) evasión: se evitan lugares, eventos, objetos que rememoren la experiencia, pensamientos o sentimientos relacionados con el trauma. Como mantenerse muy ocupado, realizando diversas actividades a que lo ayuden a mejorar su estado emocional; (3) hipervigilancia y reactividad, sentirse sobresaltado, tenso o al límite, dificultades para dormir, arrebatos de ira; (4) afectaciones cognitivas y del estado de ánimo: problemas para recordar cosas importantes del evento, pensamientos negativos sobre uno mismo y el mundo, sentimientos de culpa y remordimiento, pérdida del interés por aquello que antes se disfrutaba, problemas de concentración (MedlinePlus, 2020).

El objetivo de investigación del proyecto “Herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios” se asienta en la necesidad de comprender a profundidad y con precisión las conductas y emociones de los mismos, como también los factores que influyen en su rendimiento académico, su salud mental y su bienestar general. Factores como el estrés, la ansiedad, la motivación y la satisfacción académica pueden tener un impacto significativo en el éxito académico y personal de los estudiantes universitarios.

Lo anterior es refrendado por numerosos estudios que han destacado la importancia de comprender las conductas y emociones de los estudiantes universitarios debido a su estrecha relación con el rendimiento académico y la adaptación al entorno universitario. Según Maldonado y Román (2018), “el bienestar emocional de los estudiantes universitarios está relacionado con el logro académico, la satisfacción con la vida y el ajuste social” (p. 45). Además, investigaciones como las de Schneider y Preckel (2017) han demostrado que “las emociones y la motivación tienen un impacto directo en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios” (p. 302).

Sin embargo, la investigación de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios enfrenta desafíos en términos de la recopilación de datos, de la precisión de la medición y del análisis de los resultados. Las herramientas tradicionales de recopilación de datos, como los cuestionarios en papel, pueden ser limitadas en su capacidad para capturar la complejidad y la variabilidad de las conductas y emociones en contextos universitarios dinámicos y cambiantes.

Por lo tanto, existe una necesidad apremiante de desarrollar herramientas digitales innovadoras que permitan a los investigadores recopilar datos de manera más eficiente, precisa y significativa sobre las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, de manera de facilitar una comprensión más profunda y detallada de estos aspectos cruciales para el bienestar estudiantil y el éxito académico.

Objetivo general

Desarrollar una herramienta digital que permita a los estudiantes universitarios monitorear sus reacciones, carácter y emociones ante alguna situación imprevista, por medio de disciplinas como la Terapia Cognitiva basada en Tecnología.

Objetivos específicos

- Identificar el comportamiento de los estudiantes, con base en técnicas proporcionadas por especialistas.
- Diseñar los instrumentos de encuestas para determinar las técnicas de especialistas sugeridas.
- Identificar los factores que influyen en el comportamiento.
- Implementar métodos de apoyo dirigidos a mejorar las conductas, reacciones y emociones.

3. METODOLOGÍA

La investigación de campo se utiliza para entender y encontrar una solución a un problema de cualquier índole en un contexto específico. Como su nombre lo indica, supone trabajar en el sitio seleccionado para la búsqueda y recolección de datos que permitan resolver la problemática; Ésta requiere verificar la hipótesis del responsable de la investigación considerando el entorno en el que se encuentra el objeto de investigación, porque el objetivo es encontrar una explicación al fenómeno estudiado. Para ello se emplea un instrumento de medición, generalmente una encuesta, para efectuar la recolección de datos. Luego se analizan los datos obtenidos a partir de los cuales se diseñará la herramienta que posteriormente se someterá a una prueba para evaluar su funcionamiento.

En nuestro caso, el universo examinado fueron los estudiantes del Programa Educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales, que cuenta con un total de 184 estudiantes. La ilustración 1 da cuenta de que se trabajó con un nivel de confianza de 99% y un margen de error de 5%, lo que supone que nuestra población muestra fue de 145 estudiantes.

Ilustración 1. Cálculo de la población muestra



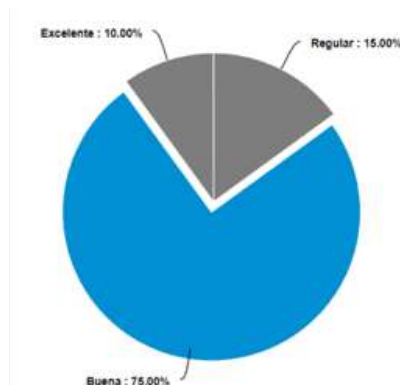
Nota: tomado de: <https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>

Por otro lado, para recabar la información, el contenido que debe incluir la herramienta tomando términos de las normas establecidas para el cuidado de la salud mental e identificar las problemáticas, entre otros aspectos, se empleó como instrumento de medición una encuesta, utilizando la herramienta QuestionPro, Link: <https://questionpro.com/t/AVKnvZr35w> de consulta de la herramienta a utilizar.

Se pudo observar que 75% de los sujetos entrevistados en la primera fase de investigación para el desarrollo de la herramienta digital, consideran que es buena idea contar con una herramienta que permita conocer nuestros estados de ánimo, las consecuencias que éstos pueden generar y consejos que éste nos puede dar, basados en recomendaciones establecidas sobre el cuidado de la salud mental, como se muestra en la ilustración 2.

Ilustración 2.

Ejemplo de preguntas del instrumento de medición./¿Qué te parece contar con una herramienta que te ayude con tus emociones?



La metodología de investigación del proyecto “Herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios” podría seguir los siguientes pasos:

1. Revisión de literatura: realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios. Esto incluye la revisión de investigaciones previas sobre factores que influyen en el bienestar estudiantil, métodos de medición de conductas y emociones, así como el uso de herramientas digitales en investigación educativa.
2. Definición de objetivos y alcance: establecer los objetivos específicos del estudio y los relacionados con el desarrollo de la herramienta digital y delimitar el alcance del proyecto en términos de población estudiantil, variables a medir y funcionalidades de la herramienta.
3. Diseño y desarrollo de la herramienta: utilizar métodos de diseño centrados en el usuario para desarrollar una herramienta digital que permita a los estudiantes registrar sus conductas y Emociones de manera intuitiva y precisa. Esto incluye la creación de una interfaz amigable, la definición de categorías y escalas de medición, así como la implementación de funciones de registro de datos en tiempo real.
4. Pruebas piloto: realizar pruebas piloto de la herramienta con un grupo reducido de estudiantes para evaluar su usabilidad, funcionalidad y efectividad en la recopilación de datos sobre conductas y emociones. Durante esta fase se considera realizar ajustes y mejoras en la herramienta con base en la retroalimentación recibida.
5. Implementación y despliegue: al momento en que la herramienta ha sido refinada y validada, implementarla en un entorno universitario más amplio y ponerla a disposición de los estudiantes para su uso en investigaciones y evaluaciones. Esto puede implicar la integración de la herramienta en plataformas digitales ya existentes en la institución educativa.
6. Recopilación de datos y análisis: utilizar la herramienta digital para recopilar datos sobre las conductas y emociones de los estudiantes a lo largo del tiempo. Posteriormente, realizar análisis estadísticos y cualitativos de los datos para identificar patrones, tendencias y correlaciones relevantes.

7. Interpretación de resultados y conclusiones: interpretar los resultados obtenidos a partir de los datos recopilados y extraer conclusiones sobre las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, así como de su relación con el rendimiento académico, la salud mental y el bienestar general.

8. Documentación y difusión: documentar todo el proceso de investigación, desde el diseño y desarrollo de la herramienta hasta la recopilación y análisis de datos, y difundir los resultados mediante informes técnicos, artículos científicos y presentaciones en conferencias académicas.

Las variables de investigación consideradas en el proyecto “Herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios” pueden clasificarse en dos categorías principales: variables independientes y variables dependientes.

1. Variables independientes: a. características demográficas: incluyen variables como género, edad, nivel académico, área de estudio, y cualquier otra información demográfica relevante que pueda influir en las conductas y emociones de los estudiantes; b. factores ambientales y contextuales: engloban variables como el entorno universitario (por ejemplo, el tamaño de la institución, su ubicación geográfica), las características del programa académico (por ejemplo, carga de trabajo, modalidad de enseñanza), y otros factores ambientales que podrían afectar las experiencias emocionales y conductuales de los estudiantes; c. factores personales: comprenden variables como la personalidad, los estilos de afrontamiento, los niveles de autoeficacia y autoestima, como también cualquier otra característica personal que pueda influir en las conductas y emociones de los estudiantes universitarios.

2. Variables dependientes: a. conductas estudiantiles: abarcan variables relacionadas con las acciones y comportamientos de los estudiantes universitarios, por ejemplo, la asistencia a clases, el tiempo dedicado al estudio, el uso de recursos educativos, la participación en actividades extracurriculares, entre otros; b. emociones y bienestar emocional: incluyen variables relacionadas con las experiencias emocionales de los estudiantes, como el estrés, la ansiedad, la motivación, la satisfacción con la vida, la felicidad, la tristeza, la ira, entre otros aspectos emocionales que pueden influir en su bienestar general; c. rendimiento académico: se refiere a variables relacionadas con el desempeño académico de los estudiantes, entre ellas, calificaciones, promedio de notas, éxito en exámenes, tasas de retención y graduación, entre otros indicadores de rendimiento académico.

Estas variables estarán medidas y analizadas utilizando la herramienta digital desarrollada en el proyecto, lo que coadyuvará a una comprensión más profunda y detallada de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, como también de su impacto en su experiencia educativa y bienestar general.

4. RESULTADOS

Como resultado obtuvimos el diseño funcional de nuestra herramienta, la cual seguimos adaptando y mejorando. Esperamos que con esta app podamos ayudar a muchos jóvenes a no tomar decisiones apresuradas.

La ilustración 3 muestra el inicio de sesión de la herramienta.

En la ilustración 4 se puede ver el menú de la herramienta que da cuenta de los contenidos de esta aplicación.

Ilustración 3. Inicio de sesión



Ilustración 4. Menú de la herramienta



El proyecto de investigación “Herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios” implicó el desarrollo y la implementación de una plataforma digital diseñada específicamente para recopilar datos sobre las conductas y emociones de los estudiantes universitarios. Dicha herramienta proporciona una plataforma interactiva y fácil de usar que permite a los investigadores recopilar datos de manera eficiente y precisa.

Las características principales de la herramienta digital incluyen:

1. Interfaz de usuario intuitiva: la herramienta cuenta con una interfaz de usuario amigable que hace posible que los estudiantes ingresen información sobre sus conductas y emociones de manera sencilla y rápida.
2. Formularios y cuestionarios personalizables: los investigadores pueden diseñar y personalizar formularios y cuestionarios para recopilar información específica sobre las conductas y emociones de los estudiantes, adaptándolos a objetivos de investigación particulares.
3. Registro de datos en tiempo real: la herramienta permite el registro de datos en tiempo real, lo que significa que los investigadores pueden acceder a la información recopilada de manera inmediata y analizarla de manera oportuna.
4. Análisis de datos integrado: la plataforma incluye herramientas de análisis de datos integradas que permiten a los investigadores analizar y visualizar los datos recopilados de manera eficiente, identificando patrones, tendencias y correlaciones relevantes.
5. Privacidad y seguridad de los datos: se implementan medidas de seguridad y privacidad robustas para proteger la confidencialidad de los datos de los estudiantes y cumplir con las regulaciones de protección de datos.

Además, la herramienta facilita el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, proporcionando a los investigadores una plataforma efectiva para recopilar, analizar y comprender mejor el comportamiento y el bienestar emocional de esta población específica.

5. DISCUSIONES O CONCLUSIONES

Del proyecto “Herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios” se desprenden varios aspectos clave:

1. Validación de la herramienta: se concluye que la herramienta digital desarrollada es efectiva y válida para la recopilación de datos sobre las conductas y emociones de los estudiantes universitarios. Las pruebas piloto y la retroalimentación de los usuarios demuestran que la herramienta es fácil de usar, intuitiva y proporciona datos relevantes y precisos.

2. Comprensión profunda: el uso de la herramienta digital aportó una comprensión más profunda y detallada de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios. Los datos recopilados permitieron identificar patrones, tendencias y correlaciones significativas entre variables demográficas, factores ambientales, características personales y experiencias emocionales.

3. Impacto en el bienestar estudiantil: se evidencia el impacto positivo de la herramienta en la promoción del bienestar estudiantil y el éxito académico. La información obtenida mediante su uso proporciona insights útiles para el diseño de intervenciones y programas destinados a mejorar la experiencia educativa y el bienestar general de los estudiantes universitarios.

4. Contribución a la investigación educativa: la herramienta digital constituye una contribución significativa a la investigación educativa en el campo de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios. Asimismo, proporciona una plataforma eficiente y accesible para la recopilación de datos, lo que facilita la realización de estudios longitudinales, comparativos y metacéntricos sobre este tema.

A manera de conclusión del proyecto se puede destacar la efectividad y relevancia de la herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, así como su potencial para mejorar la comprensión y el abordaje del bienestar estudiantil en entornos educativos.

Por otro lado, la tabla 1, comparativa de la herramienta digital emcod, confronta el proyecto de investigación “Herramienta digital para el estudio de las conductas y emociones de los estudiantes universitarios” con herramientas similares disponibles en el mercado. Cabe resaltar el enfoque específico dado al proyecto, en tanto considera las necesidades y características de los estudiantes universitarios, como también las posibles ventajas y desventajas de nuestra herramienta en comparación con otras herramientas existentes.

Tabla 1.
Tabla comparativa de la Herramienta Digital EMCOD

Aspecto	Herramienta digital para el estudio de conductas y emociones	Herramientas similares
Objetivo	Desarrollar una herramienta digital para recopilar datos sobre las conductas y emociones de los estudiantes universitarios.	Existen herramientas que se centran en la recopilación de datos emocionales o conductuales, pero no una específicamente dirigida a estudiantes universitarios.
Características	Interfaz intuitiva para los usuarios, capacidad de personalización de formularios, registro de datos en tiempo real, análisis de datos integrado.	Ofrecen funciones similares de recopilación de datos, pero pueden carecer de la especificidad necesaria para el contexto universitario.
Ventajas	Enfoque específico en las necesidades de los estudiantes universitarios, herramienta diseñada para ser fácil de usar y adaptada a entornos educativos, análisis de datos orientado a las conductas y emociones estudiantiles.	Pueden ser ampliamente conocidas y utilizadas, con opciones de análisis de datos disponibles, aunque no específicamente diseñadas para el contexto universitario.
Desventajas	Puede requerir una curva de aprendizaje inicial para los usuarios, necesidad de validar y verificar la efectividad de la herramienta en contextos universitarios reales.	Pueden carecer de la especificidad necesaria para capturar adecuadamente las conductas y emociones de los estudiantes universitarios, pueden no ofrecer funciones avanzadas de análisis de datos para el contexto educativo.

6. Referencias

- Barragán, A. A. (2020, agosto 20). Técnicas de manejo de problemas de conducta en el aula. isep. <https://www.isep.es/actualidad-educacion/tecnicas-para-el-manejo-de-problemas-de-conducta-en-el-aula/>
- Custodio, M. F. (2018). Problemas emocionales y de conducta (estudio realizado con los estudiantes de quinto grado de primaria de la Escuela José Joaquín Palma de la ciudad de Quetzaltenango). <http://recursos-biblio.url.edu.gt/tesisjrtd/2018/05/22/Custodio-Maria.pdf>
- Docente, G. d. (2022, enero 29). *La educación emocional, su importancia en el proceso de aprendizaje*. Obtenido de <https://guiadeldocente.mx/la-educacion-emocional-su-importancia-en-el-proceso-de-aprendizaje/>
- García Retana, J. Á. (2012). La educación emocional, su importancia en el proceso de aprendizaje. *Educación*, 36(1), 1-24. [consultado el 8 de septiembre de 2022]. ISSN: 0379-7082.
- inegi (2021, septiembre 8). Estadísticas a propósito del Día Mundial para la Prevención del Suicidio. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/Suicidios2021_Nal.pdf
- MedlinePlus (2020a). Trastorno de estrés postraumático. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/posttraumaticstressdisorder.html>
- Maldonado, L. E., y Román, F. (2018). Bienestar emocional y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(78), 45-65.
- Schneider, M., y Preckel, F. (2017). Variables emocionales y motivacionales como predictores del rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista de Psicología*, 25(2), 299-314.

Derechos de Autor© 2024 Balam Almeida, Cinthia del Carmen y López-Cruz Cesar Zenet



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Desarrollo de un prototipo de detección de células blásticas en muestras de sangre periférica mediante visión por computadora para contribuir al diagnóstico clínico de leucemia

Angel Hernández Gómez¹, Isamayi Meyli Velasco Rodríguez², Fabiola Guadalupe Martínez Rangel³, Luis Alberto Alonso Hernández⁴*

DOI: 10.56643/rcia.v3il.173

Como citar este artículo: Hernández-Gómez, A., Velasco-Rodríguez, I. M., Martínez-Rangel, F. G., Alonso-Hernández L.A. (2024) Desarrollo de un prototipo de detección de células blásticas en muestras de sangre periférica mediante visión por computadora para contribuir al diagnóstico clínico de leucemia. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura. 3(1). 25-43. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v3il.173>

RESUMEN

La leucemia es una enfermedad que se distingue por el crecimiento desmesurado y descontrolado de células sanguíneas anómalas en la médula ósea. Este trastorno representa un desafío médico significativo a nivel global. La enfermedad afecta a personas de todas las edades, incluyendo a niños y adultos. Si no se diagnostica y trata oportunamente, puede llevar a complicaciones severas y potencialmente mortales para la salud del individuo. En este trabajo se aborda la problemática crítica del diagnóstico oportuno de la leucemia en México y en todo el mundo y se propone una solución potencial a partir de la implementación de algoritmos de detección de patrones basados en inteligencia artificial en imágenes médicas para la detección temprana y el diagnóstico preciso de la enfermedad.

La visión por computadora se presenta como una herramienta precisa y consistente para el procesamiento de información visual. El prototipo funcional busca contribuir de manera sustancial a la mejora de la atención médica y de la calidad de vida de los pacientes mediante la detección temprana de células blásticas en las muestras de sangre.

En el presente trabajo se destacan los beneficios del prototipo funcional para la detección temprana de células blásticas en las muestras de sangre. Además, se expone la metodología de desarrollo adoptada, para garantizar una estructura organizada y coherente durante el diseño, la construcción y la validación del prototipo. Los resultados obtenidos demuestran que la implementación del algoritmo de Canny tiene un impacto favorable en la identificación de blastos en imágenes digitales, por lo que facilita la detección temprana de las células responsables de la leucemia.

PALABRAS CLAVE: Algoritmo de Canny, Área médica, Blastos, Diagnóstico de enfermedades, Leucemia.

¹ Egresado en Ingeniería de Software y Sistemas Computacionales, Universidad La Salle Oaxaca. ORCID: 0009-0002-6613-9948. Correo electrónico: angelhg1405@gmail.com

² Egresado en Ingeniería de Software y Sistemas Computacionales, Universidad La Salle Oaxaca. ORCID: 0009-0005-6558-1912

³ Estudiante en Ingeniería de Software y Sistemas Computacionales, Universidad La Salle Oaxaca. ORCID: 0009-0001-3182-7428

⁴ Maestro en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Oaxaca. ORCID: 0000-0003-1697-9084.

*Correo electrónico: luis_alonsoh@outlook.com

Recibido: 23/11/2023 | Aceptado: 11/03/24 | Publicado: 08/06/2024

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue financiada con recursos de los autores.

ABSTRACT

Leukemia is a disease characterized by the excessive and uncontrolled growth of abnormal blood cells in the bone marrow. This disorder poses a significant medical challenge globally. It affects individuals of all ages, including both children and adults. If not diagnosed and treated promptly, it can lead to severe and potentially life-threatening complications. This study addresses the critical issue of timely leukemia diagnosis in Mexico and worldwide and proposes a potential solution through the implementation of pattern detection algorithms based on artificial intelligence in medical imaging for the early detection and accurate diagnosis of this disease.

Computer vision emerges as a precise and consistent tool in visual information processing. The functional prototype aims to substantially contribute to improving medical care and the quality of life of patients through early detection of blast cells in blood samples.

This paper highlights the benefits of the functional prototype for early detection of blast cells in blood samples. Additionally, it outlines the adopted development methodology, ensuring an organized and coherent structure during the design, construction, and validation of the prototype. Finally, the results demonstrate that the implementation of the Canny algorithm has a favorable impact on the identification of blasts in digital images, thereby facilitating the early detection of cells responsible for leukemia.

KEYWORDS: *Canny algorithm, Medical field, Blasts, Disease diagnosis, Leukemia.*

INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (oms, 2022), “el cáncer es la principal causa de muerte en el mundo: en 2020 se atribuyeron a esta enfermedad casi 10 millones de defunciones, es decir, casi una de cada seis de las que se registran” (párr. 1). Este alto número de muertes subraya la necesidad imperiosa de mejorar los métodos de diagnóstico y tratamiento de la leucemia, una de las principales causas de mortalidad por cáncer en el ámbito global.

En América Latina, los niños son un sector afectado de manera importante por la leucemia. Según la Organización Panamericana de la Salud (ops, 2022) “la gran mayoría de los niños con cáncer viven en países de ingresos bajos y medianos, donde enfrentan inequidades inaceptables en aspectos como la detección temprana, el diagnóstico y el acceso a tratamientos de calidad y cuidados paliativos” (párr. 3). Aunado a este panorama, la situación se agrava aún más debido a que la región enfrenta desafíos significativos en el acceso a atención médica de calidad y en la disponibilidad de recursos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades como la leucemia, lo que ha dado como resultado diagnósticos tardíos y tasas de supervivencia más bajas.

Por otra parte, la tasa de supervivencia a esta enfermedad en México es de tan sólo 50%, a pesar de lo cual es considerada la segunda más baja en toda América Latina. Cabe señalar que esta tasa es muy baja si se la compara con la de países más desarrollados, por ejemplo, Estados Unidos de América, donde alcanza 90% (Sánchez, 2020).

Asimismo, según lo reportado por la Secretaría de Salud (2019), se estima la aparición de “entre cinco y seis mil nuevos casos anuales de cáncer en menores de 18 años” (párr. 1). Entre estos casos, las leucemias representan aproximadamente 50%, seguidas por los linfomas con 15% y los tumores del sistema nervioso central con 10% (Secretaría de Salud, 2019).

Este escenario, sumado a la escasa conciencia pública sobre los síntomas y la limitada disponibilidad de pruebas de detección temprana, implica que muchos pacientes sean diagnosticados en etapas avanzadas de la enfermedad. La demora en el diagnóstico reduce considerablemente sus probabilidades de recuperación, constituyendo un serio problema tanto para el sector salud como para la población en general. Según el doctor Etienne Krug, director del departamento de Enfermedades no Transmisibles, Discapacidad, Violencia y Prevención de Lesiones de la oms, el diagnóstico tardío del cáncer y la falta de acceso a tratamientos adecuados da lugar a sufrimientos innecesarios y a la muerte prematura de muchas personas. Como afirmó en una declaración citada por Garwood en 2017, “el diagnóstico del cáncer en una fase tardía y la imposibilidad de recibir tratamiento condenan a muchas personas a sufrimientos innecesarios y a una muerte precoz” (Garwood, 2017, párr. 3).

Una solución potencial para abordar este problema se relaciona con la implementación de algoritmos de detección de patrones de células con deformaciones (células blásticas) que preceden la enfermedad en imágenes digitales médicas. Esta perspectiva es compartida por Castro (2009), quien señala que “estas características fueron analizadas mediante diversos algoritmos de clasificación y selección de atributos, lo que posibilitó la creación de modelos capaces de identificar el tipo y subtipo de leucemia aguda de cada célula en la colección” (p. 4).

En otro ámbito, la iniciativa de AstraZeneca México ha introducido una inteligencia artificial (ia) llamada qTrack para la detección temprana de cáncer de pulmón. Esta ia se basa en una vasta base de datos que incluye miles de imágenes de tomografías computarizadas, biopsias y registros médicos nacionales e internacionales (Zamarrón, 2023).

Para operar qTrack, los médicos cargan radiografías o tomografías pulmonares, las cuales son analizadas en tiempo real por la ia y detectan posibles lesiones, incluso nódulos tan pequeños como de tres milímetros, que suelen ser casi indetectables a simple vista. Posteriormente, la ia genera un informe detallado que permite a los médicos tomar decisiones informadas (Zamarrón, 2023).

Los algoritmos basados en inteligencia artificial tienen el potencial de analizar de manera precisa y exhaustiva las imágenes digitales. Ejemplo de ello son los algoritmos de decisión, que determinan “el diagnóstico del paciente con leucemia aguda según un conjunto de reglas diseñadas considerando las predicciones consistentes en votos mayoritarios de distintas clasificaciones para las células identificadas” (Castro, 2009, p. 77). Este avance podría facilitar la detección temprana y el diagnóstico preciso de la leucemia, mejorando significativamente los pronósticos de los pacientes.

En el contexto de esta investigación, la importancia de encontrar una solución al problema planteado es innegable. En este sentido, la elección de la visión por computadora como solución se fundamenta en su capacidad para procesar información visual con cierta precisión y consistencia, lo que posibilita un funcionamiento ininterrumpido y a gran escala.

La presente investigación constituye un paso previo, que implica la creación de un prototipo funcional mediante algoritmos de procesamiento digital de imágenes y sistemas de visión por computadora. Es decir, representa un primer paso en el sentido de abordar esta problemática crítica en el diagnóstico de enfermedades hematológicas como la leucemia. Además, considera el uso de muestras más accesibles y se orienta hacia el diagnóstico oportuno de la leucemia para incidir en la reducción del margen de error y con ello aumentar la posibilidad de identificación de células blásticas en las muestras de sangre.

La implementación de un prototipo capaz de detectar blastos en frotis de sangre periférica promete beneficios para la medicina, especialmente para el diagnóstico de enfermedades hematológicas como la leucemia. Esto resulta importante porque suele ser complicado detectar la leucemia en fases

tempranas. “La mejor estrategia para un diagnóstico temprano es tomar en cuenta los signos y síntomas que presenta el paciente, pero es necesario realizar una serie de análisis clínicos, que detecten la presencia de las células anormales” (Galindo, 2008, p. 17).

Entre las aportaciones del presente estudio figura la creación de un sólido fundamento teórico que beneficie futuras investigaciones en el campo de visión por computadora aplicado al ámbito médico. En el ámbito práctico, el desarrollo de un prototipo funcional que pueda llevar a cabo pruebas de detección temprana de manera efectiva y eficiente constituirá una herramienta invaluable para la identificación automática de condiciones médicas. Este avance tiene el potencial de mejorar significativamente la atención médica y la calidad de vida de los pacientes en el futuro.

En el proceso de construcción del prototipo señalado se implementa una metodología de desarrollo de *software*. Esta elección metodológica es fundamental para el desarrollo del mismo, en tanto aporta una estructura organizada y coherente para su diseño, construcción y validación, lo que garantiza que el prototipo sea realizado de manera rigurosa y eficiente. A su vez, esta rigurosidad contribuye a dar credibilidad y confianza al trabajo en posteriores investigaciones que permitan encontrar soluciones eficientes y de vanguardia para la detección temprana de células blásticas en las muestras de sangre, abonando a la descripción de las condiciones médicas de las personas.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Obtención de muestras

Debido a la carencia de imágenes proporcionadas por un hospital, un laboratorio clínico u otra fuente similar, as muestras de sangre periférica se obtuvieron empleando el buscador web Google. La razón fundamental que sustenta la recopilación de estas imágenes tiene que ver con la preparación y entrenamiento del modelo de detección del prototipo diseñado. El entrenamiento del modelo principal busca mejorar la precisión del prototipo para analizar células blásticas en las imágenes digitales. La disponibilidad de un conjunto de datos amplio y representativo permite entrenar al modelo, a fin de que reconozca con mayor precisión y confiabilidad este tipo de células en diferentes contextos y condiciones.

2.2 Hardware utilizado

- Procesador Intel Core de i5-11 2.40GHz
- Memoria ram de 12 GB
- Almacenamiento de 512 de SSD

2.3 Diseño del algoritmo

Para la codificación del prototipo de visión por computadora, se optó por el lenguaje de programación Python, debido a su amplio conjunto de librerías especializadas. En particular, para implementar el algoritmo de máquinas de vectores de soporte (svm) y entrenar al modelo, se utilizó Scikit-learn (Sklearn) (Pedregosa et al., 2011). Asimismo, para guardar dicho modelo entrenado en

un archivo, se empleó Joblib. Ello posibilitó su uso posterior sin necesidad de repetir el proceso de entrenamiento desde cero cada vez que se requería su uso (Joblib, 2021).

En lo que respecta al procesamiento de las imágenes digitales, se empleó OpenCV, una biblioteca de visión por computadora que proporciona una variedad de funciones y algoritmos destinados al tratamiento de imágenes (OpenCV, 2024). Además, se hizo uso de NumPy, una librería especializada en la creación y manipulación eficiente de arreglos numéricos en Python (Harris, 2020).

2.4 Desarrollo del algoritmo

Una vez definidas las tecnologías y el entorno de trabajo, se realiza la codificación de las funciones esenciales del prototipo, las cuales se dividieron en: entrenar al modelo (*train_svm_model*) e identificar blastos (*predict_blastos*).

Para el entrenamiento del modelo se definieron dos directorios que contienen imágenes de blastos y no blastos, los cuales corresponden, respectivamente, a una detección positiva y y a una detección negativa. Para identificar blastos en imágenes digitales y descartar los elementos que no lo son mediante la obtención de características importantes y del uso de las muestras recolectadas con el la librería OpenCV, se utiliza como base el algoritmo Canny.

Todo el proceso de detección de características se sustenta en el uso de arreglos numéricos, los cuales concentran gran cantidad de información de los píxeles de las imágenes correspondientes. Por lo anterior, el trabajo con arreglos se efectúa utilizando la librería Numpy. Después, se definen los conjuntos de datos para los procesos de entrenamiento y de prueba. Posteriormente se lleva a cabo el entrenamiento del modelo utilizando Sklearn (como se ve en el Código 1. Entrenamiento y generación del modelo), lo que permite predecir el conjunto de prueba utilizando la función *predict* y calcular la exactitud del modelo con la función *accuracy_score*. Finalmente, el modelo se guarda en el archivo especificado en *model_path* empleando la función *joblib.dump*.

```
# Arreglos con las características de blastos y no blastos
X = np.array([feature.flatten() for feature in features])
y = np.array(labels)

# Seleccion de datos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

clf = svm.SVC(kernel='linear')
clf.fit(X_train, y_train)

# Generacion del modelo
y_pred = clf.predict(X_test)
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print(f'Exactitud: {accuracy}')

joblib.dump(clf, model_path)
```

Código 1. Entrenamiento y generación del modelo.

Una vez obtenido el modelo entrenado, se define la función para identificar los blastos en las imágenes digitales. La función se encarga de leer la imagen digital y de realizar el procesamiento de la misma para detectar las características de las células en las imágenes.

Luego se realiza una predicción con base en las características obtenidas utilizando el modelo svm previamente entrenado (como se ve en el Código 2. Identificación de blastos). Si la predicción es 1, la función devuelve True, lo que indica que la imagen contiene blastos. Si la predicción es 0, la función devuelve False, lo que indica que la imagen no contiene blastos.

```
# Carga el modelo
clf = joblib.load(model_path)

# Cargar la imagen
image_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__), "test\\" + image_name)
print("Ruta de la imagen:", image_path)

# Procesar la imagen y realizar algoritmo Canny
img = cv2.imread(image_path, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
if img is None:
    raise FileNotFoundError(f"No se pudo cargar la imagen '{image_path}'")
if img.shape[0] == 0 or img.shape[1] == 0:
    raise ValueError("La imagen tiene dimensiones vacías")

img = cv2.resize(img, target_shape)
edges = cv2.Canny(img, 100, 200)
features = edges.flatten()

# Evaluar la imagen con el modelo
prediction = clf.predict([features])
```

Código 2. Identificación de blastos.

2.5 Ejecución de pruebas para la detección de células blásticas

Se realizó un proceso de entrenamiento del modelo que incluyó 12 imágenes de sangre periférica. De éstas, siete imágenes contienen rasgos representativos de blastos (véase figura 1), mientras que cinco no cumplen con los requisitos necesarios para ser consideradas en esta categoría (véase figura 2).

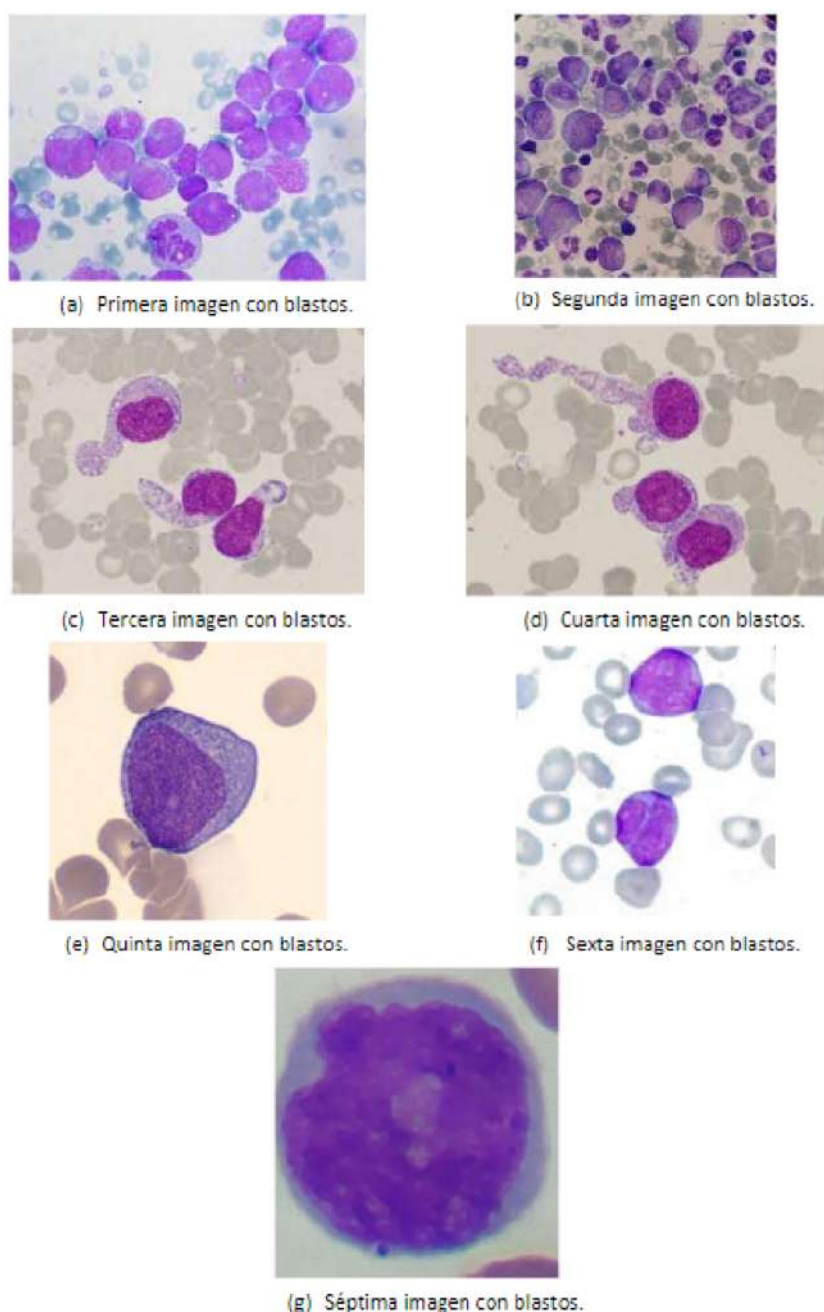
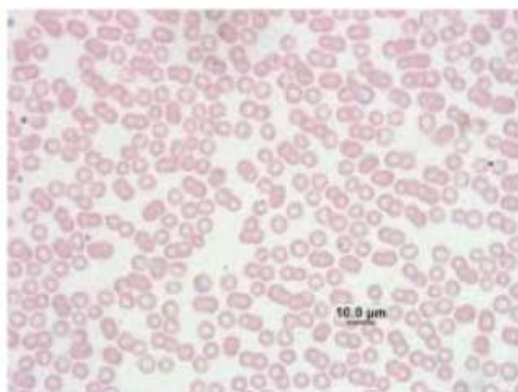
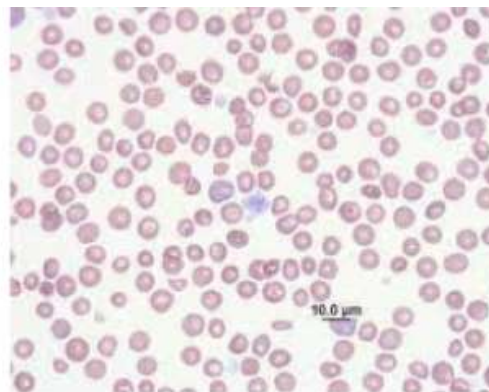


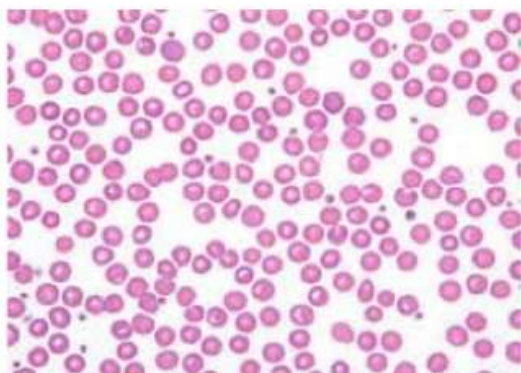
Figura 1. Imágenes con blastos.
Fuente: Google Images.



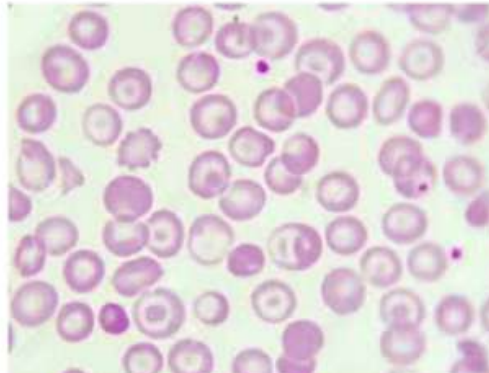
(a) Primera imagen sin blastos.



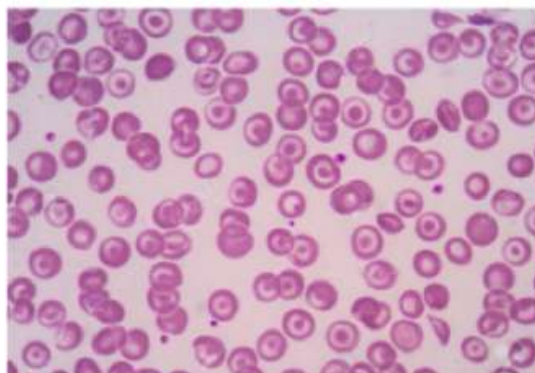
(b) Segunda imagen sin blastos.



(c) Tercera imagen sin blastos.



(d) Cuarta imagen sin blastos.

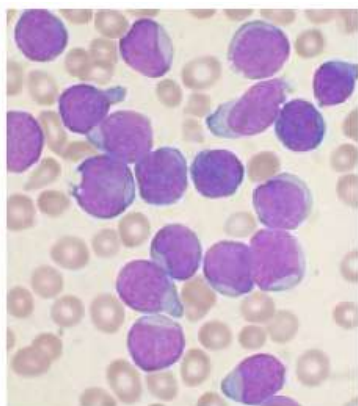


(e) Séptima imagen sin blastos.

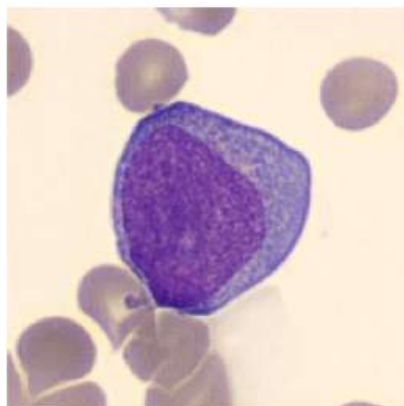
Figura 2. Imágenes sin blastos.

Fuente: Google Images.

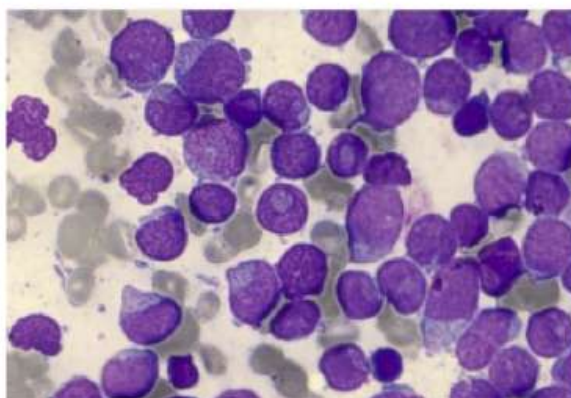
A partir de estas muestras iniciales, se evaluó la eficacia del prototipo para la detección de células blásticas en muestras de sangre periférica. A fin de ampliar el alcance de la evaluación, se procesaron cinco imágenes adicionales procedentes de Google Images, tres de las cuales contenían blastos (véase figura 3).



(a) Primera imagen de prueba con blastos.



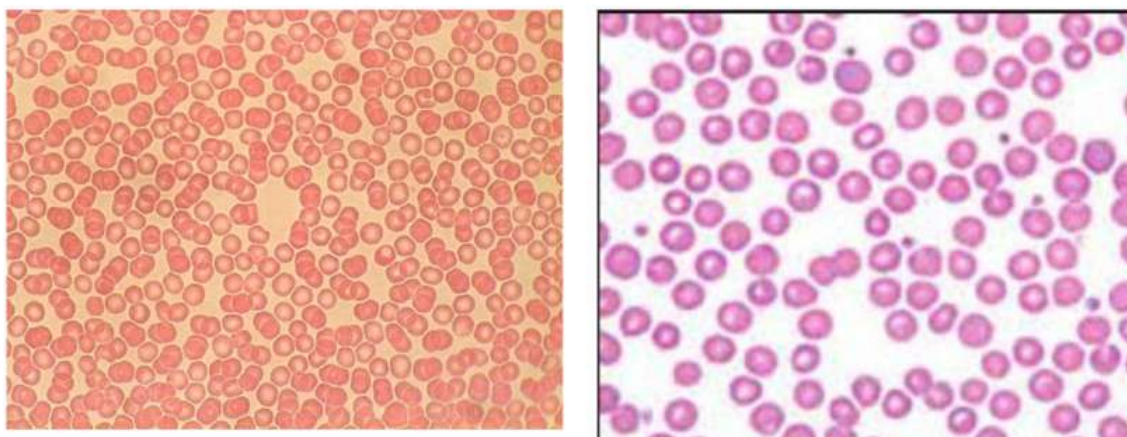
(b) Segunda imagen de prueba con blastos.



(c) Tercera imagen de prueba con blastos.

Figura 3. Imágenes con blastos para la evaluación del modelo.

Fuente: Google Images.



(a) Primera imagen de prueba sin blastos.

(b) Segunda imagen de prueba sin blastos.

Figura 4. Imágenes sin blastos para la evaluación del modelo.

Fuente: Google Images.

RESULTADOS

A partir del número de muestras, el modelo obtuvo un porcentaje de exactitud de 33% (véase figura 5) en la detección de blastos; dicho valor se muestra con la función *accuracy_score*:

```
C:\Users\DELL\AppData\Local\Programs\Python\Python312\python.exe C:\Users\DELL\Downloads\Canny\Canny\myenvcanny\training.py
Exactitud: 0.3333333333333333

Process finished with exit code 0
```

Figura 5. Al compilar el archivo training.py se obtiene una exactitud del 0.3333.

El valor de exactitud significa que el modelo acertó sólo en un tercio de las imágenes del conjunto de prueba. La exactitud se define como la proporción de clasificaciones correctas en relación con el total de clasificaciones. Aunque este valor es bajo, es importante considerar el contexto en el que se obtuvo este valor, sobre todo porque el modelo se entrenó con un pequeño conjunto de imágenes obtenidas en internet y no con una fuente más enriquecida (laboratorio clínico). A ello se suma el hecho de que la base de datos de imágenes utilizada es pequeña y sus atributos de tamaño y resolución son reducidos, lo cual hace que la exactitud inicial del modelo sea baja. Además, el hecho de que el modelo haya podido identificar correctamente un tercio de las imágenes en el conjunto de prueba demuestra cierto nivel de capacidad de aprendizaje y generalización.

En el procesamiento de las imágenes de prueba empleando el modelo anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

La figura 6 es una imagen en formato .jpg con una resolución de 347x395 que muestra la presencia de blastos en sangre. Al ser analizada por el prototipo, devuelve un valor 'true', lo que indica que en ella se identificaron blastos.

La figura 7 es una imagen en formato .jpg con una resolución de 360x361 que presenta un blasto en sangre. Tras el análisis del prototipo, también devuelve un valor 'true', lo que confirma la detección de blastos en la muestra.

La figura 8 corresponde a otra imagen en formato .jpg, esta vez con una resolución de 800x556, que muestra la presencia de blastos en sangre. Al igual que en las imágenes anteriores, tras su análisis el prototipo devuelve un valor "true", lo que da cuenta de la detección exitosa de blastos en esta imagen.

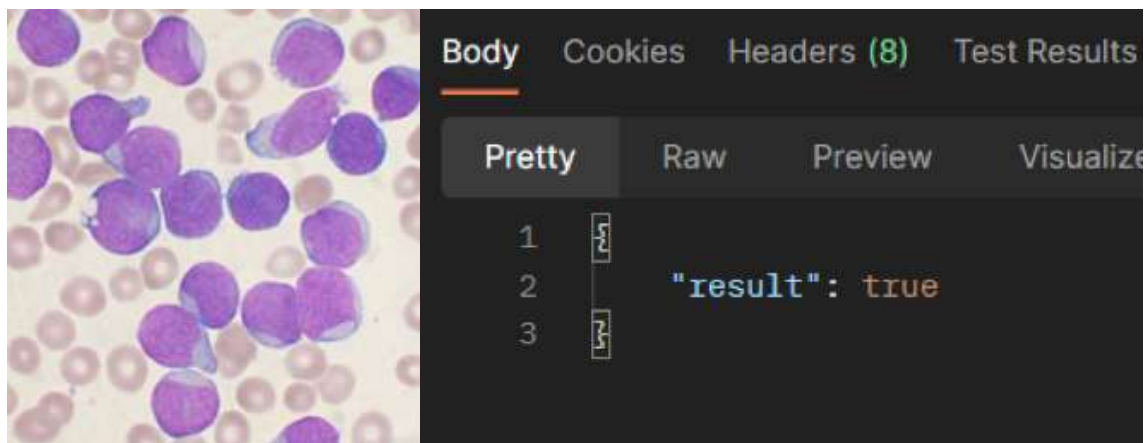


Figura 6. Prueba con el archivo Blastol.jpg, tuvo un resultado True.

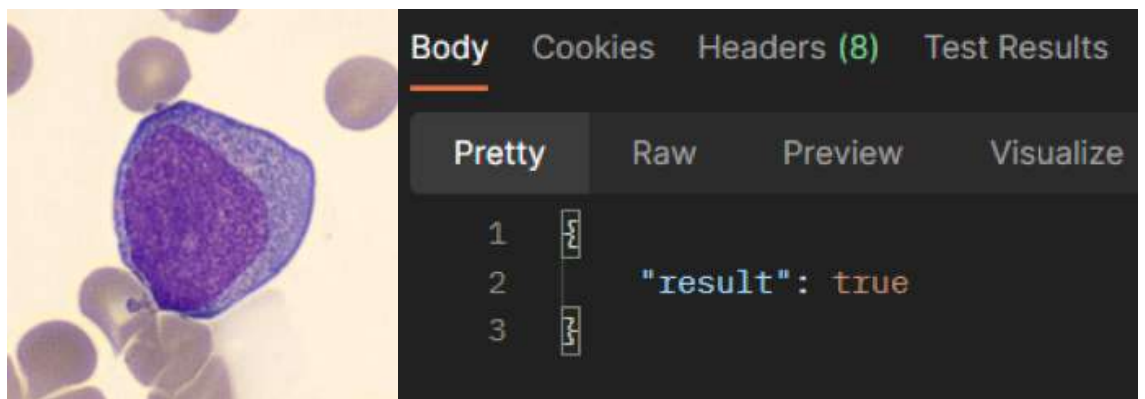


Figura 7. Prueba con el archivo Blasto2.jpg, tuvo un resultado True.

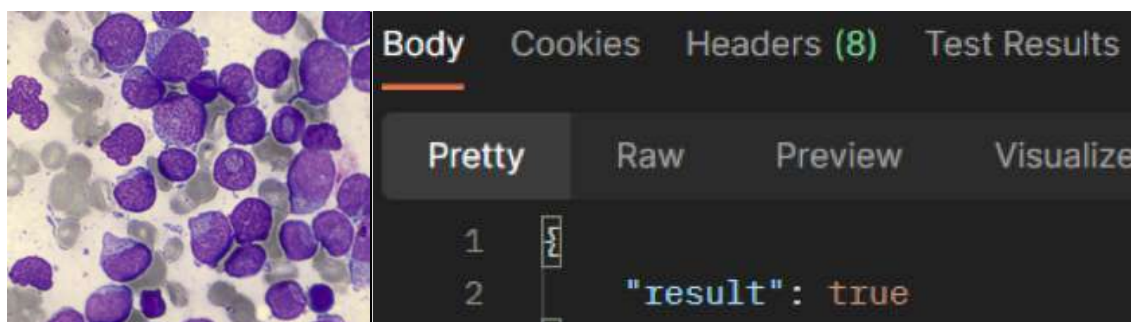


Figura 8. Prueba con el archivo Blasto3.jpg, tuvo un resultado True.

La figura 9 es una imagen en formato .jpg con una resolución de 2048x1536, la cual no muestra la presencia de blastos en la muestra de sangre. Tras ser analizada por el prototipo, devuelve un valor 'false', indicando que no se identificaron blastos en la imagen.

La figura 10 es otra imagen en formato .jpg con una resolución de 271x218, también sin presencia de blastos en la muestra de sangre. Tras el análisis realizado por el prototipo, arroja un resultado 'false', confirmando la ausencia de blastos en la imagen.

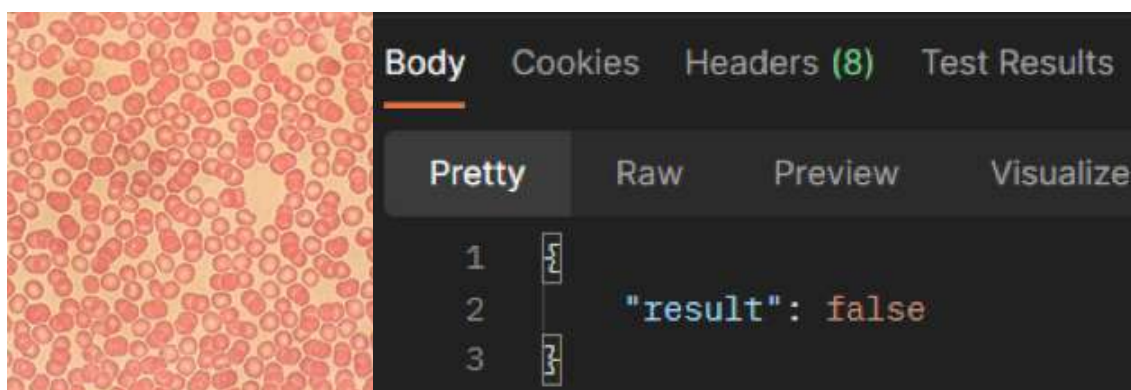


Figura 9. Imagen de prueba noBlasto.jpg, tuvo un resultado False.

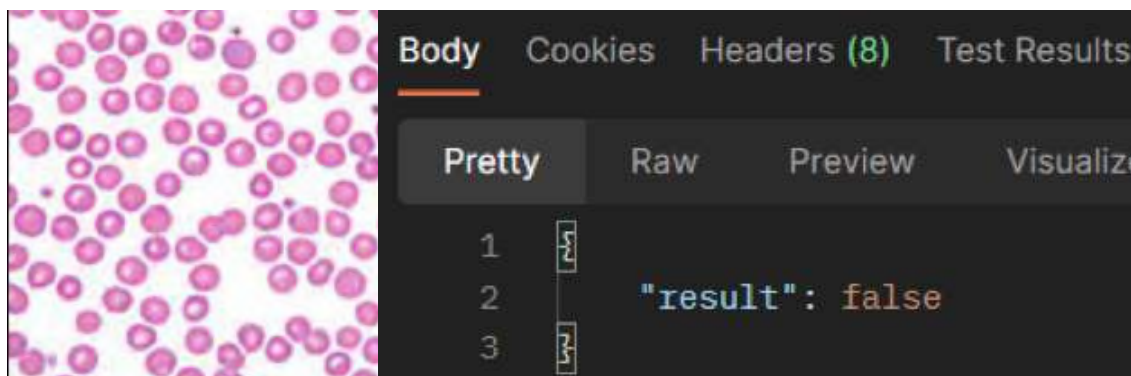


Figura 10. Prueba con el archivo noBlasto2.jpg, tuvo un resultado False.

Las pruebas realizadas demuestran que el modelo tiene una precisión cercana al 50% para identificar con claridad ciertos patrones de las células blásticas en imágenes digitales. Es decir, este valor indica que el prototipo tiene la capacidad de identificar la mitad de las imágenes (con blastos) que analiza. Teniendo en cuenta la base de conocimiento de imágenes, el *hardware* utilizado y los algoritmos definidos para el entrenamiento y análisis de imágenes, lo anterior supone un avance significativo en el proceso de identificación de blastos. Semejante capacidad es un indicador prometedor de los resultados esperados del prototipo, por lo que se puede evaluar positivamente el presente desarrollo considerando las limitaciones, relacionadas principalmente con la base de datos de imágenes utilizadas para su entrenamiento y análisis.

Además, los resultados obtenidos posibilitan la realización de recomendaciones valiosas para mejorar el modelo de detección del prototipo actual. Estas sugerencias incluyen realizar ajustes precisos y ampliar el conjunto de datos empleados en el entrenamiento del modelo de aprendizaje automático. La implementación de estas mejoras podría conducir a una optimización considerable de la precisión del modelo en futuras evaluaciones de imágenes digitales.

También se han identificado posibles mejoras a realizar en la aplicación del algoritmo de procesamiento de imágenes digitales, sobre todo en lo que tiene que ver con la optimización de los algoritmos de reducción y eliminación de ruido en las imágenes para evolución. Lo anterior permitirá incrementar el porcentaje de precisión para los análisis futuros al mejorar la calidad de las imágenes a ser analizadas por el prototipo.

Se debe tener en cuenta que las características del equipo de cómputo utilizado para la evaluación de imágenes son las siguientes: un procesador Intel Core de i5-11, memoria ram de 12GB y almacenamiento de 512 de ssd. El incremento en capacidades computacionales del equipo en cuestión permitirá reducir los tiempos de ejecución de los análisis correspondientes.

Finalmente, los resultados indican que la implementación del algoritmo de Canny tiene un efecto positivo para la identificación de blastos en imágenes digitales. Esto contribuye significativamente a la detección temprana de las células responsables de la leucemia.

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado aborda de manera significativa la problemática crítica que supone el diagnóstico oportuno de la leucemia en México, donde las tasas de supervivencia son considerablemente más bajas en comparación con las de países más desarrollados. La implementación de algoritmos de detección de patrones en imágenes médicas mediante visión por computadora se presenta como una solución potencial para mejorar las tasas de diagnóstico temprano.

La elección de la visión por computadora, basada en algoritmos de inteligencia artificial, para abordar este problema proporciona una herramienta precisa y consistente de apoyo al área médica, que permite agilizar el diagnóstico de la enfermedad e incide en la precisión de los tratamientos, reduciendo los costos de la atención médica.

La creación del prototipo funcional para la detección de blastos en frotis de sangre periférica representa un avance significativo en este campo y promete beneficios sustanciales en el diagnóstico de enfermedades hematológicas, principalmente la leucemia.

La metodología de desarrollo de *software* adoptada garantiza la estructura organizada y coherente en el diseño, construcción y validación del prototipo, contribuyendo a la credibilidad del trabajo y proporcionando una base sólida para investigaciones futuras en el ámbito de la visión por computadora en medicina.

Los resultados preliminares del prototipo muestran una exactitud de 33% en la detección de blastos en las imágenes de prueba, lo que supone un primer paso crucial en el desarrollo de esta tecnología. Se evidencia la capacidad del prototipo para identificar células blásticas en algunas de las imágenes de prueba, lo que sugiere un potencial significativo para mejorar a medida que se optimiza y se le suministran más datos.

Con los resultados obtenidos, las recomendaciones para futuras investigaciones son utilizar una base de conocimiento de imágenes de células blásticas de mayor tamaño para entrenar el modelo de identificación. Ello proporcionará mayor precisión en la detección de los patrones de la enfermedad en las imágenes digitales.

En síntesis, la implementación de este prototipo, aunada a su enfoque en la detección temprana de la leucemia, podría incidir positivamente en la detección de esta enfermedad en la sangre, lo que posibilitará un incremento de las tasas de supervivencia y de la calidad de vida de los pacientes en México y otras regiones que enfrentan desafíos similares en el acceso a la atención médica. Este trabajo proporciona información teórica para futuras investigaciones en visión por computadora dirigidas a detectar células blásticas en la sangre para el área médica. Además, supone un paso concreto hacia soluciones eficientes para la detección temprana de la leucemia en las personas.

REFERENCIAS

- Alonso, A. D. C., y Jara, E. A. M. (2016). *Visión por computadora: identificación, clasificación y seguimiento de objetos*. fpune Scientific.
- Arai, K., y Kapoor, S. (2020). Advances in Computer Vision. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer, 943. doi: 10.1007/978-3-030-17795-9.
- Castro, C. R. (2009). *Segmentación y clasificación de células con leucemia a partir de información contextual en imágenes digitales*. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (inaoe). <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1009/439>
- Galindo, M. C. (2008). *Obtención de características de subtipos de leucemia en imágenes digitales de células sanguíneas para su clasificación*. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (inaoe). <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/435/1/GalindoDMC.pdf>
- Garwood, P. (2017). *El diagnóstico temprano del cáncer salva vidas y reduce los costos de tratamiento*. oms. <https://www.who.int/es/news/item/03-02-2017-early-cancer-diagnosis-saves-lives-cuts-treatment-costs>
- Harris, C. R., Millman, K. J., y van der Walt, S. J. Array programming with NumPy. *Nature* 585, 357-362 (2020). DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2.
- Joblib (2021). *Joblib: running Python functions as pipeline jobs*. <https://joblib.readthedocs.io/>
- Márquez, J. E. (2020). Visión artificial profunda aplicada a la identificación temprana de cáncer no melanoma y queratosis actínica. *Computación y Sistemas*, 24(2), 751-766. Epub 04 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.13053/cys-24-2-2901>
- Martin, J. (2017). *simd: Optimización de un detector Canny*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-uba.
- National Comprehensive Cancer (2022). *nccn Guidelines*. https://www.nccn.org/docs/default-source/about/annual-report-2022.pdf?sfvrsn=8411082_22
- OpenCV (2024). *Open Source Computer Vision Library*. <https://opencv.org>
- Organización Mundial de la Salud (2022). *Cáncer*. oms. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- Organización Panamericana de la Salud (2022). El 55% de los niños y adolescentes con cáncer se curan en América Latina y el Caribe. ops. <https://www.paho.org/es/noticias/15-2-2022-55-ninos-adolescentes-con-cancer-se-curan-america-latina-caribe>
- Palomino, N. y Concha, U. (2009, julio-diciembre). Técnicas de segmentación en procesamiento digital de imágenes. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática*, 6(2), 9-16.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., y Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825-2830.
- Rudas C. J., Toscano C. R. y Sánchez Torres, G. (2011). Una técnica para la localización del disco óptico en retinografías. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 8(3), 85-88.
- Sánchez V. N. (2020). *Evaluación de las células natural killer y el estado de metilación de sus marcadores de activación en pacientes pediátricos con leucemia linfoblástica aguda al diagnóstico*. Facultad de Medicina y Cirugía-uabjo.
- Secretaría de Salud (2019). *La leucemia representa el 50 por ciento de los casos de cáncer infantil*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/salud/prensa/055-la-leucemia-representa-el-50-por-ciento-de-los-casos-de-cancer-infantil>
- Sucar, L. E., y Gómez, G. (2011). *Visión computacional*. inaoe/Helmholtz Zentrum Munchen.
- Zamarrón, I. (2023). AstraZeneca: ¿ia para acelerar el diagnóstico de cáncer? *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/astrazeneca-ia-para-acelerar-el-diagnostico-de-cancer/>

Derechos de Autor© 2024 Hernández Gómez, Ángel, Velasco Rodríguez, Isamayi Meyli, Martínez Rangel, Fabiola Guadalupe, Alonso Hernández, Luis Alberto,



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Modelado de visión por computadora y control de movimiento para la navegación autónoma de un robot móvil en entornos dinámicos

Enrique Sibaja Galindo¹, Florencia Bacilio López², Roberto Quintana Ramírez³, Jose Alberto Carrasco Francisco⁴, Armando Levid Rodríguez Santiago⁵

DOI: 10.56643/rcia.v3il.174

Como citar este artículo: Sibaja-Galindo E., Bacilio-López E., Carrasco Francisco J.A., Quintana-Ramírez R., Rodríguez-Santiago A.L. (2024) Modelado de visión por computadora y control de movimiento para la navegación autónoma de un robot móvil en entornos dinámicos. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura. 3(1). 44-60. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v3il.174>

RESUMEN

Este escrito aborda el desarrollo de un robot móvil que pueda interactuar con entornos dinámicos mediante la integración de visión por computadora y control de movimiento. Al respecto, se destaca la importancia de la detección y seguimiento de objetos en tiempo real para lograr una navegación segura en aplicaciones prácticas. Hoy en día, a pesar de los avances en visión por computadora y control robótico, persisten desafíos relacionados con la adaptación a entornos impredecibles. Por ende, la propuesta presentada consiste en un sistema que combina técnicas de procesamiento de imágenes y control robótico. El diseño del prototipo utiliza *hardware* y *software* libre, como lo son Python, Arduino, OpenCV y Numpy. La programación en Arduino se emplea para controlar un vehículo con cuatro motores mediante un módulo Bluetooth HC-05, mientras que el desarrollo de visión por computadora realiza el seguimiento de objetos de diferentes colores en tiempo real, enviando comandos a Arduino según el color detectado. El proyecto se considera un avance en robótica móvil, en tanto desarrolla un sistema integrado que permite a los robots navegar de manera segura en entornos dinámicos. En este caso, la combinación de visión por computadora y control de movimiento se presenta como una solución práctica respaldada por pruebas detalladas.

PALABRAS CLAVE: *Visión por computadora, Python, Arduino, OpenCV, Numpy.*

ABSTRACT

This writing addresses the development for the interaction of a mobile robot in dynamic environments by integrating computer vision and motion control. It emphasizes the importance of real-time object detection and tracking to achieve safe navigation in practical applications. Despite advancements in computer vision and robotic control, challenges persist in adapting to unpredictable environments. Therefore, the proposed solution consists of a system that combines image processing techniques and robotic control. The prototype's design utilizes open-source *hardware* and *software* such as Python, Arduino, OpenCV, and Numpy. Arduino programming is employed to control a four-motor vehicle using a Bluetooth HC-05 module, while computer vision development tracks objects of different colors in real-time, sending commands to Arduino

¹Egresado de la Universidad La Salle Oaxaca, Escuela de Ingenierías y Arquitectura. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2530-0652>. Correo electrónico: sibaja.enrique.am@gmail.com

²Universidad La Salle Oaxaca, Escuela de Ingenierías y Arquitectura.

³Universidad La Salle Oaxaca, Escuela de Ingenierías y Arquitectura.

⁴Universidad La Salle Oaxaca, Escuela de Ingenierías y Arquitectura.

⁵Maestro en robótica. Docente de la Universidad La Salle Oaxaca, Escuela de Ingenierías y Arquitectura y de la Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5510-9394>. Correo electrónico: levid.rodriguez@gmail.com

Recibido: 24/11/2023 | Aceptado: 21/03/24 | Publicado: 08/06/2024

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue financiada con recursos de los autores.

based on the detected color. The project is considered an advancement in mobile robotics by developing an integrated system that enables robots to navigate safely in dynamic environments. The combination of computer vision and motion control is presented as a practical solution supported by detailed testing.

KEYWORDS: Computer vision, Python, Arduino, OpenCV, Numpy

5. INTRODUCCIÓN

Según Ibarra (2009), la visión por computadora y el control de movimiento son pilares fundamentales en el campo de la robótica móvil y permiten que los robots interactúen de manera efectiva y segura en entornos dinámicos. En un entorno real, los objetos y agentes tienden a moverse de manera impredecible, lo que plantea un desafío significativo para la navegación de robots móviles. La interacción segura y eficiente con un entorno dinámico se convierte en un problema crucial que debe abordarse para lograr la autonomía deseada en la robótica móvil.

Este artículo se enfoca en la interacción de robots móviles con entornos dinámicos, destacando los desafíos que suponen estos ambientes en cuanto a variabilidad y cambio constante. Al respecto, se examinan las dificultades inherentes a la detección de objetos en tiempo real, entre ellas, la ocultación parcial, la variabilidad de iluminación y la presencia de objetos en movimiento rápido, los cuales complican significativamente el procesamiento visual y la toma de decisiones autónoma por el robot.

En un entorno en constante cambio, la detección y seguimiento de objetos son tareas críticas para evitar colisiones y garantizar una navegación segura. La capacidad de un robot para adaptarse de manera dinámica a situaciones imprevistas y reaccionar ante obstáculos en movimiento es esencial para su funcionamiento en aplicaciones del mundo real, como la logística, la atención médica y la exploración de entornos desconocidos (Arroyave et al., 2018).

A lo largo de las últimas décadas, se han realizado avances significativos en el campo de la visión por computadora y el control de robots móviles. Sin embargo, la interacción con entornos dinámicos sigue siendo un desafío técnico importante.

Los enfoques tradicionales basados en mapas estáticos y planificación de trayectorias predeterminadas a menudo resultan insuficientes para lidiar con entornos impredecibles. Al respecto, se han propuesto soluciones como la fusión de sensores, algoritmos de aprendizaje profundo y técnicas de control más avanzadas, pero todavía existe una brecha entre la investigación teórica y la implementación práctica en entornos reales (Ericksen y María, 2017).

La justificación que sustenta el abordaje de este problema de investigación radica en la necesidad de desarrollar sistemas de navegación de robots móviles más robustos y autónomos, a fin de que éstos puedan operar de manera segura en entornos cambiantes y dinámicos. Según Velázquez et al. (2015), la capacidad para detectar, rastrear y responder a objetos en movimiento en tiempo real no sólo mejora la seguridad del robot, sino que también amplía su gama de aplicaciones prácticas.

Este estudio se distingue de investigaciones anteriores en que integra los últimos avances en inteligencia artificial y aprendizaje automático para optimizar el procesamiento visual y la reactividad en tiempo real. Además, se exploran aplicaciones emergentes de la robótica en áreas críticas como la asistencia sanitaria y la gestión de desastres, abordando tanto las tendencias tecnológicas actuales

como los futuros desafíos en robótica móvil. Estos aspectos representan una mejora significativa en comparación con los enfoques tradicionales y se alinean con las necesidades y expectativas del campo.

Desde el punto de vista de la robótica aplicada, se trata de un problema de gran relevancia, con alto impacto en diversas áreas de la vida cotidiana y la industria. Por ejemplo, en el ámbito doméstico, robots móviles equipados con capacidades avanzadas de detección y navegación pueden realizar tareas de limpieza y mantenimiento de manera más eficiente, adaptándose a cambios en la disposición del hogar.

En la industria, estos sistemas mejoran la logística interna en almacenes dinámicos en que los robots deben navegar entre estanterías en constante cambio y evitar colisiones con empleados o vehículos de carga. Además, en el sector salud los robots móviles podrían desempeñar roles críticos en hospitales, como la entrega de medicamentos y el traslado de equipos, adaptándose a entornos altamente variables y ocupados. Estas aplicaciones concretas evidencian la relevancia y el potencial de las investigaciones en robótica móvil, para transformar significativamente nuestras interacciones con la tecnología en el día a día y en contextos industriales.

Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es desarrollar un sistema integrado de modelado de visión por computadora y control de movimiento que permita a un robot móvil navegar de manera segura y eficiente en entornos dinámicos. Este sistema detecta objetos en movimiento y adapta trayectorias en tiempo real.

Para evaluar la efectividad de este sistema, se utilizarán criterios específicos, como la precisión y la rapidez de detección de objetos en movimiento, y la capacidad del robot para ajustar su ruta en respuesta a cambios imprevistos sin intervención humana. Además, se medirá el éxito de la adaptación de trayectorias mediante la reducción de incidentes de colisiones y la eficiencia en la ejecución de rutas en pruebas de campo.

Este enfoque integrado, que combina técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y control robótico, está diseñado para superar los desafíos que supone interactuar con un entorno en constante cambio y contribuir al avance de la robótica móvil en aplicaciones del mundo real.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño de arquitectura del prototipo

Los elementos esenciales para este proyecto incluyen tanto *hardware* como *software* de código abierto. En la parte de *software*, se seleccionaron herramientas específicas para el desarrollo y la programación: Visual Studio Code, Python, el ide de Arduino y las librerías de OpenCV y Numpy. Se eligieron estas herramientas por el grado de aceptación con que cuentan en la comunidad de desarrollo, por su flexibilidad para la integración y su robustez para procesar imágenes y controlar dispositivos de *hardware*. Visual Studio Code proporciona un entorno versátil para escribir y depurar código, Python ofrece una extensa biblioteca de paquetes para el procesamiento de datos, Arduino facilita la interfaz con *hardware* y OpenCV; junto con Numpy, son fundamentales para las operaciones de visión por computadora.

- El procedimiento experimental se llevó a cabo en varias etapas claves:
- Configuración del entorno: instalación de los ide y bibliotecas necesarias en un entorno de desarrollo unificado.
- Programación y simulación: uso de Python y Arduino para desarrollar y simular el algoritmo de detección y el seguimiento de objetos.
- Integración *hardware-software*: conexión del código con los componentes físicos a través del ide de Arduino, asegurando la comunicación efectiva entre el *software* y el *hardware*.
- Pruebas de campo: implementación del sistema en un entorno controlado para monitorear la detección de objetos en movimiento y la adaptación de trayectorias. Con base en los resultados obtenidos, se realizaron ajustes iterativos.

Cada paso fue documentado meticulosamente, de manera de garantizar la reproducibilidad y validar la efectividad del sistema propuesto. La elección de estas técnicas y herramientas está directamente alineada con los objetivos de la investigación de mejorar la capacidad de navegación autónoma de los robots en entornos dinámicos.

En lo relativo al *hardware*, se utilizó una placa de desarrollo compacta y versátil que se basa en el microcontrolador ATmega328P de Atmel, con una frecuencia de reloj de 16 MHz. Ofrece 32 KB de memoria flash para almacenar programas, 2 KB de sram para datos en tiempo de ejecución y 1 KB de eeprom para almacenamiento no volátil. Integra 14 pines de entrada/salidas digitales, seis de ellos capaces de generar señales pwm y seis pines de entrada analógica, con capacidad de comunicación serial y usb y con un entorno de desarrollo basado en C/C++, así como módulos de acondicionamiento de señales que se describen a continuación.

El *protoboard* es un dispositivo esencial en el montaje de prototipos electrónicos, como se ilustra en la figura 1. Su forma es rectangular y está compuesto por una matriz de contactos interconectados dispuestos en filas y columnas. Cada intersección de esta matriz constituye un punto de conexión eléctrica, en el que se pueden insertar componentes electrónicos y cables. Las filas dentro del *protoboard* están conectadas horizontalmente, por lo general en grupos de cinco o 10, lo que facilita la conexión de componentes en paralelo. En contraste, las columnas están unidas verticalmente, posibilitando conexiones en serie entre diferentes elementos del circuito. Esta organización facilita el ensamblaje rápido y flexible de circuitos experimentales sin necesidad de soldadura, lo que hace

posible ajustar fácilmente las configuraciones durante la fase de pruebas y desarrollo.



Figura 1. Protoboard de ensamble a presión, 1 bloque, 2 tiras y 830 perforaciones

El motorreductor, un componente mecánico crucial en numerosas aplicaciones de automatización y robótica, se compone de un motor eléctrico acoplado a una caja de engranajes. Este conjunto es del tipo doble eje tipo I y permite la transmisión de movimiento en dos direcciones diferentes. Como se muestra en la figura 2, el motorreductor opera con un voltaje de 3 a 6 Vcc, lo que lo hace adecuado para proyectos que requieren portabilidad y eficiencia energética. Su relación de transmisión es de 1:48, lo que optimiza la fuerza de salida del motor a expensas de la velocidad, con un límite operativo de 207 RPM a 6 Vcc. Esta configuración permite un equilibrio eficiente entre velocidad y torque, haciendo que este motorreductor sea ideal para aplicaciones en las que se requieren movimientos precisos y controlados.



Figura 2. Motor reductor de doble eje.

El módulo Bluetooth HC-05 es un componente esencial para la comunicación inalámbrica en proyectos de tecnología, especialmente en aquellos relacionados con la robótica y la automatización. Este módulo permite establecer conexiones Bluetooth y opera principalmente en modo esclavo, como se ilustra en la figura 3. Para la comunicación, utiliza una interfaz UART, que hace posible la transmisión de datos entre el módulo y el dispositivo que maneja la lógica de la visión por computadora. La funcionalidad UART facilita la integración con diversos microcontroladores y sistemas de procesamiento, lo que convierte al HC-05 en una opción versátil y eficaz para añadir capacidades de

comunicación inalámbrica a sistemas que requieren interacción remota o control a distancia, sin la necesidad de conexiones físicas directas.



Figura 3. Módulo Bluetooth HC-05

2.2 Programación en Arduino

El código de Arduino se utilizó para controlar un vehículo con cuatro motores mediante un módulo Bluetooth HC-05. Dicho módulo permitió la comunicación inalámbrica con un dispositivo, como un teléfono móvil o una computadora, para enviar comandos que controlan el movimiento del vehículo. Al respecto, cabe detallar los aspectos señalados a continuación.

Se incluyó la biblioteca *SoftwareSerial.h* para habilitar la comunicación serial en pines digitales arbitrarios (en este caso, pines 10 y 11), junto con la definición de variables y pines necesarios.

Los pines digitales se configuraron y se estableció la comunicación con los motores y los pines de control. Cada motor tenía dos pines de control (In_1 e In_2, In_3 e In_4, In_5 e In_6, In_7 e In_8) destinados a controlar la dirección de giro; además, se establecieron pines de habilitación (EN_A, EN_B, EN_C, EN_D) que controlaban la velocidad de cada motor utilizando la función `analogWrite()`.

En la función `setup()` se inicializó la comunicación serial con el módulo HC-05 a una velocidad de 9600 bps y se configuraron los pines como entrada o salida según correspondiera.

En la función `loop()` se verificaba si había datos disponibles desde el módulo HC-05. Si se recibía un carácter válido, se ejecutaba un conjunto de instrucciones basado en el carácter recibido, que correspondía a un comando de control para el vehículo. Los comandos válidos son:

'1': Avanzar

'2': Girar a la derecha

'3': Retroceder

'4': Girar a la izquierda

'5': Detener todos los motores

Cada comando ejecutaba una función específica para controlar los motores y dirigir el movimiento del vehículo. Las funciones `adelante()`, `reversa()`, `giro_derecha()`, `giro_izquierda()` y `detener()` configuraban los pines de control de los motores para lograr el movimiento deseado.

El código realizaba el seguimiento de objetos de diferentes colores en tiempo real, utilizando para ello una cámara de video, y enviaba comandos a un dispositivo Arduino a través de una conexión serial, según el color del objeto detectado. A continuación, se explican a detalle partes importantes del código.

Se importaron las bibliotecas, siendo cv2 para OpenCV (para procesamiento de imágenes), numpy para operaciones numéricas, serial para comunicación con Arduino y time para introducir retrasos.

Se estableció la comunicación serial con el dispositivo Arduino conectado al puerto com7 y se introdujo un pequeño retraso para asegurar que la comunicación estuviera establecida.

La función dibujar (*mask*, color) detectaba y rastreaba objetos del color especificado (azul, amarillo o rojo) en la imagen capturada por la cámara, utilizaba la detección de contornos y calculaba el centro de masa del objeto para determinar su posición. Luego dibujaba un círculo y mostraba las coordenadas del objeto en la imagen.

Las máscaras de color se definieron en el espacio de color HSV para cada uno de los colores: azul, amarillo y rojo. Estas máscaras se utilizaron para aislar en la imagen los objetos de interés.

El bucle principal capturaba continuamente fotogramas de la cámara y aplicaba las máscaras de color para detectar objetos. Luego, llamaba a la función dibujar para procesar y rastrear objetos de cada color. Si se detectaba un objeto de color azul, se enviaba un comando "1" a Arduino; para el amarillo, se enviaba "2"; y para el rojo, se enviaba "3".

La ventana de video en tiempo real se mostraba en la pantalla y se verificaba si se presionaba la tecla "s" para finalizar el programa.

Finalmente, cuando se cerraba la ventana de video, se liberaba la cámara y se cerraban todas las ventanas abiertas. El código permitía realizar un seguimiento de objetos de diferentes colores utilizando una cámara y controlar un dispositivo Arduino según el color detectado. Los comandos enviados a Arduino podían utilizarse para realizar diversas acciones, por ejemplo, controlar un robot o activar actuadores en función de los objetos detectados.

2.4 Integración de códigos para desarrollo de software consolidado

A continuación, se muestra el diagrama de flujo inherente a la interacción de los programas:

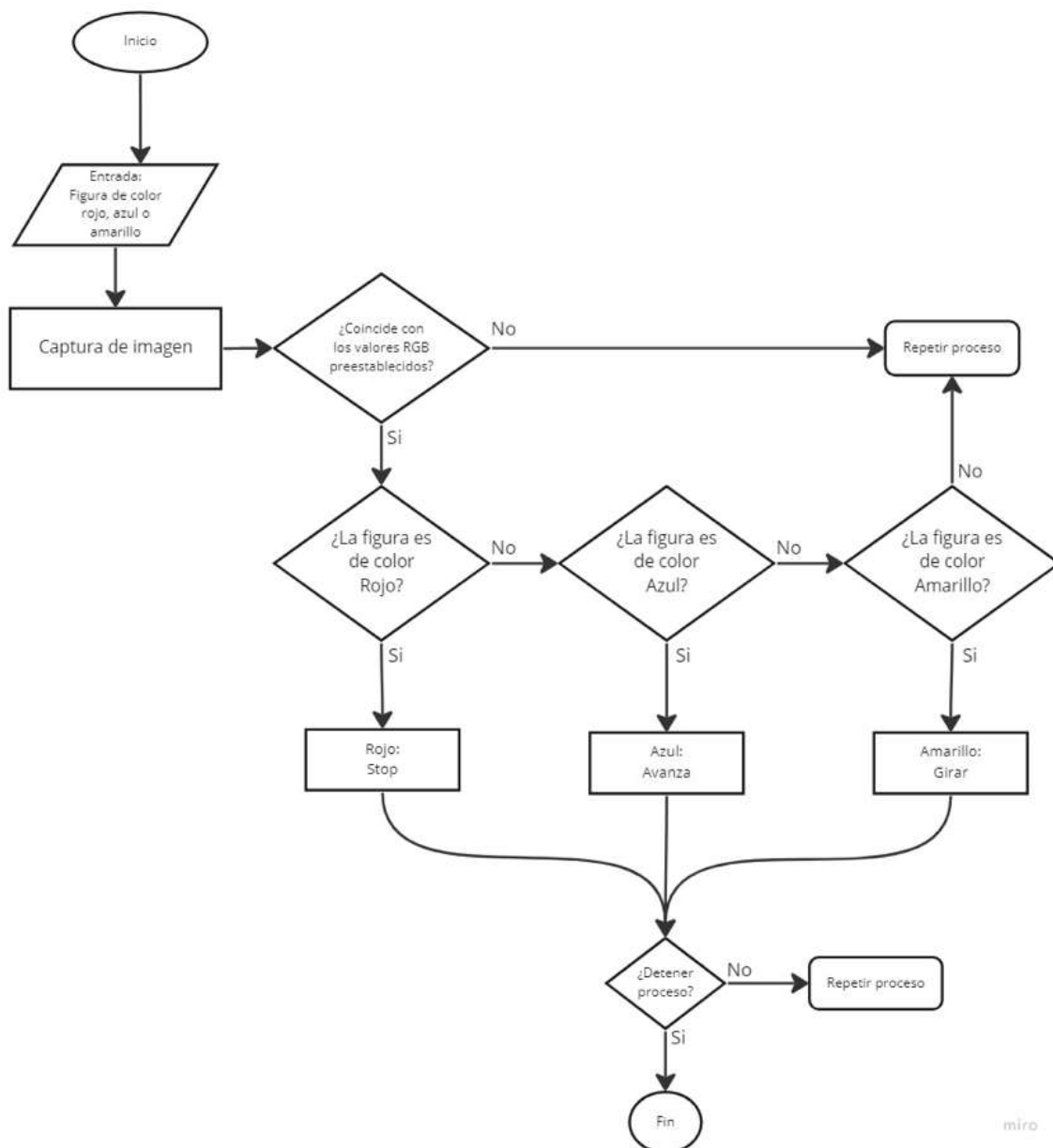


Figura 4. Diagrama de flujo de la interacción de los dos programas

2.5 Desarrollo del prototipo

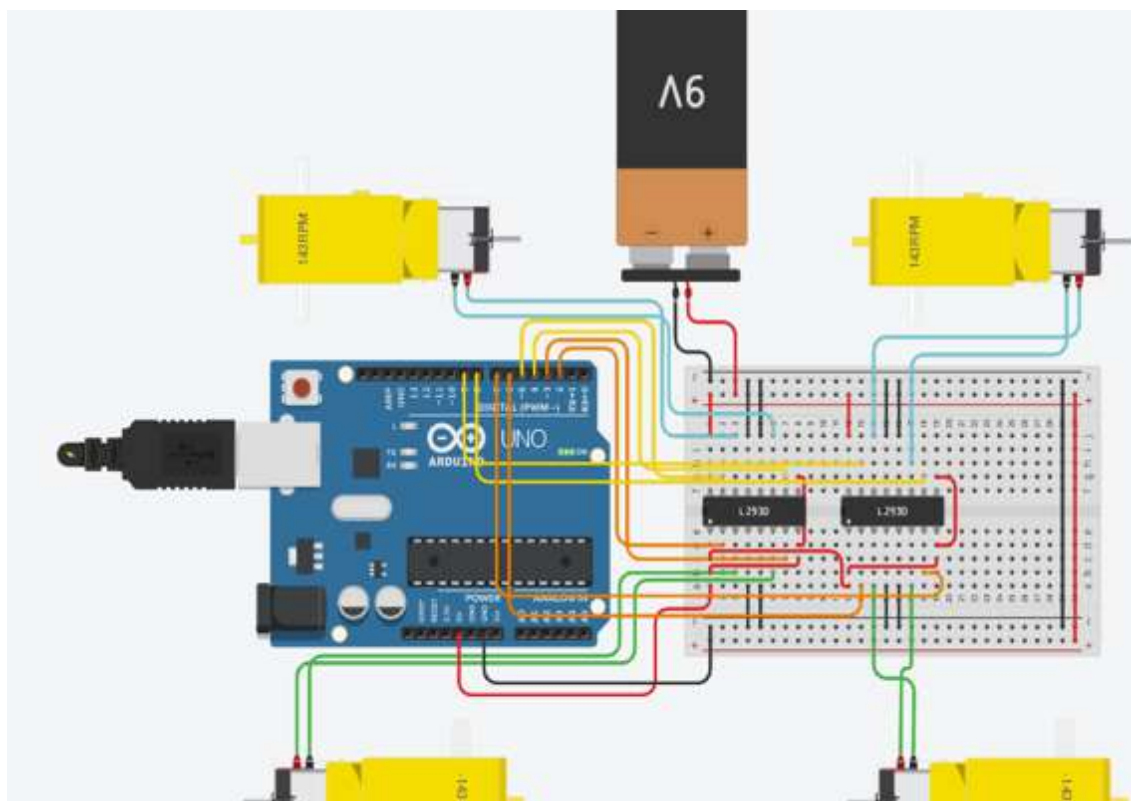


Figura 5. Simulación de la interacción del Hardware con la programación en Arduino.

En la figura 5 se presenta una simulación realizada en la plataforma TinkerCad; ésta ilustra la interacción entre los componentes de *hardware* y la programación en Arduino para el funcionamiento de un robot móvil.

En este escenario, el Arduino uno desempeña un papel crucial como emisor de señales de control hacia el microcontrolador L293D. Este último es responsable de gestionar y controlar la entrega de voltaje al motor. La señal emitida por el Arduino uno determina la dirección y el sentido del giro del motor. Para una implementación específica en el experimento, se configura el Arduino de manera que envíe comandos digitales al L293D, que modula la dirección del voltaje aplicado al motor según estos comandos.

Esto permite que el motor gire en sentido horario o antihorario, dependiendo de la instrucción recibida. Dicha configuración se prueba en un entorno controlado en el que se monitorean y ajustan las entradas del Arduino para optimizar la respuesta del motor y asegurar su funcionamiento correcto y eficiente en aplicaciones prácticas, como robots móviles o sistemas automatizados de transporte.

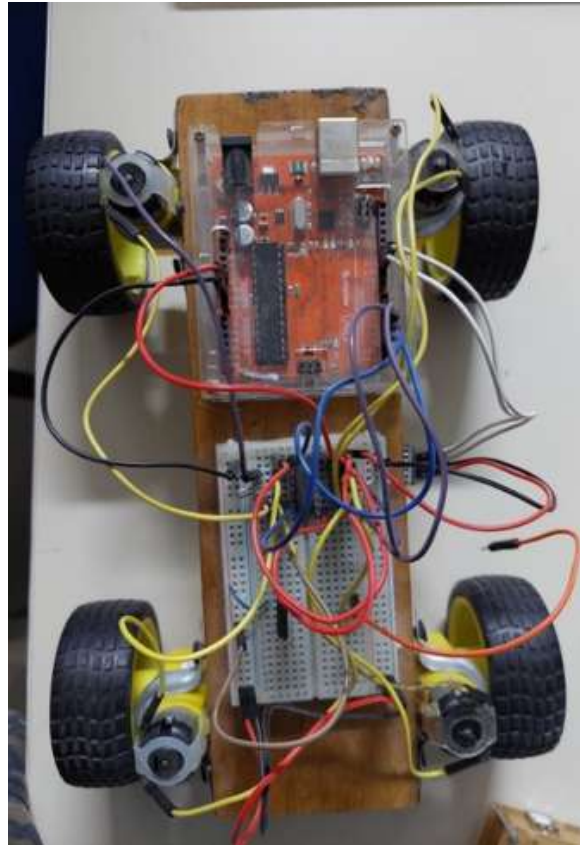


Figura 6. Prototipo armado

2.6 Realización de pruebas

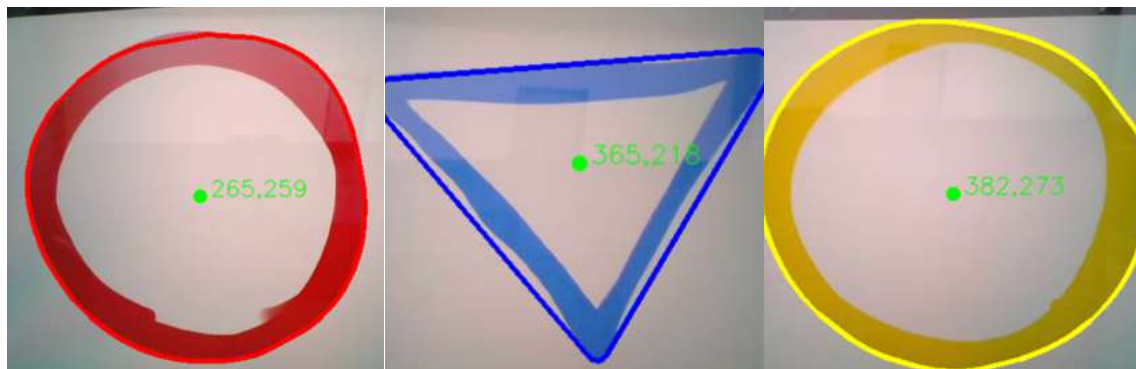


FIGURA 7. Detección de bordes de color rojo, enfatizando el centro de la figura

FIGURA 8. Detección de bordes de color azul, enfatizando el centro de la figura

FIGURA 9. Detección de bordes de color amarillo, enfatizando el centro de la figura

2.7 Desarrollo del prototipo final

La implementación del prototipo final para la navegación autónoma del robot móvil se centró en tres aspectos: el montaje mecánico, el control mediante la placa Arduino y la implementación de algoritmos de visión por computadora con Python.

En el ámbito mecánico se realizó un montaje de los motorreductores en el chasis, buscando el equilibrio entre tracción y potencia suficiente para el movimiento.

La configuración de la placa Arduino se enfocó en una programación para un control de los motorreductores y una comunicación con el módulo Bluetooth que permitiera el funcionamiento de la visión por computadora.

La implementación de algoritmos de visión por computadora se llevó a cabo con Python, para posibilitar el reconocimiento de obstáculos y la definición de rutas para la navegación autónoma en caso de detectar algún objeto que le impidiera seguir con el movimiento actual.

La sincronización entre los códigos de Arduino para el control de movimiento del prototipo y Python, así como para el análisis de visión por computadora y la elección de movimientos dirigidos al robot, se optimizó a fin de conseguir una operación fluida.

La calibración y los ajustes optimizaron los parámetros en aras de lograr una respuesta óptima de los motorreductores con base en la retroalimentación visual. Las pruebas validaron la estabilidad y eficiencia del prototipo, demostrando su capacidad para la navegación autónoma, lo que posibilitará incorporarle una carrocería que mejore su aspecto visual.

RESULTADOS

Durante las pruebas de detección de objetos en tiempo real utilizando la visión por computadora y el sistema de control implementado se obtuvieron los siguientes resultados.

3.1 Precisión de detección:

La detección de objetos de diferentes colores (azul, amarillo y rojo) mostró una precisión promedio de 90%, siendo verificada por medio de múltiples pruebas de seguimiento en entornos variados. Es importante mencionar que, en ocasiones, la precisión de 90% se vio afectada por factores externos como el contraste o la iluminación ambiental. Se recomienda evitar elementos externos que puedan influir en la tonalidad del color detectado, como la luz solar o la oscuridad.

3.2 Integración de visión por computadora y control de movimiento

Control de movimiento:

El control de movimiento fue altamente efectivo, ya que los comandos enviados al Arduino permitieron un control eficiente y preciso del vehículo; éste fue controlado y cumplió con las instrucciones de avance, retroceso y giro, tanto a la derecha como a la izquierda, de manera satisfactoria.

3.3 Pruebas de funcionalidad del prototipo

Maniobrabilidad del robot:

En los casos de prueba el robot móvil logró navegar y evitar obstáculos de manera efectiva en entornos dinámicos.

Para visualizar el funcionamiento del prototipo desarrollado, se puede acceder al siguiente enlace:
Video

CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación del sistema de visión por computadora y control de movimiento para la navegación de un robot móvil produjo resultados significativos y perspectivas prometedoras en el campo de la robótica aplicada. A partir de los resultados y hallazgos obtenidos, se puede mencionar que la combinación de la visión por computadora y el control de movimiento demostró ser efectiva para lograr una navegación segura y adaptable.

Se debe profundizar en el perfeccionamiento de la detección de objetos, considerando posibles mejoras en el algoritmo para minimizar la influencia de factores externos. Asimismo, es necesario explorar estrategias que permitan aumentar la adaptabilidad del robot a entornos más desafiantes.

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la viabilidad y efectividad de la combinación de visión por computadora y control de movimiento en la navegación autónoma de robots móviles. Estos logros representan un paso enorme hacia el desarrollo de sistemas robóticos más avanzados y adaptativos para diversas aplicaciones en el mundo real.

REFERENCIAS

- Arroyave, L. F., Carvajal, M., y Ceballos, N. D. M. (2018b). Navegación de robots móviles en entornos con discontinuidades: una revisión. *Revista Politécnica*, 14(27), 103-115. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n27a10>
- Velásquez Hernández, C. A., Chávez Chávez, J. J., Córdoba Nieto, E. (2015). Implementación de sistema de navegación autónomo en robot móvil experimental para reconstrucción y exploración de entornos desconocidos. *Revista eia. Memorias*. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/mem/article/download/817/734/2346>
- Cazorla, M., y Viejo, D. (2015). Experiences Using an Open Source *Software* Library to Teach Computer Vision Subjects. *Journal of Technology and Science Education*, 5(3), 214-227.
- Ericksen, P., y María, A. (2017). Implementación y comparativa de algoritmos de control y planificación local para robots móviles utilizando ros. Archivo Digital UPM. <https://orcid.org/0000-0002-8652-0300>
- Espinosa Valcárcel, F. A., Gordillo Cháves, C. A., Jiménez Moreno, R., y Avilés Sánchez, O. F. (2013). Machine vision algorithms applied to dynamic traffic light control. *Dyna*, 80(178), 132-140.
- Ibarra Bonilla, M. N. (2009). *Navegación autónoma de un robot con técnicas de localización y ruteo*. Tesis de maestría. inaoe repositorio. <http://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1009/394>
- Montoya Holguín, C., Cortés Osorio, J. A., y Chaves Osorio, J. A. (2014). Sistema automático de reconocimiento de frutas basado en visión por computador. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(4), 504-516.
- Muñoz, D. J. (2006). Proceso de reconocimiento de objetos, asistido por computador (visión artificial), aplicando gases neuronales y técnicas de minería de datos. *Scientia Et Technica*, XII(30), 385-390.
- Rehman, U. et al. (2023). Human tracking robotic camera based on image processing for live streaming of conferences and seminars. *Heliyon*, 9(8).
- Rosenfeld, A., y Chellappa, R. (2003). Image Processing. *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Third Edition), 595-630.
- Saldaña, E., Siche, R., Huamán, R., Luján, M., Castro, W., y Quevedo, R. (2013). Computer vision system in real-time for color determination on flat surface food. *Scientia Agropecuaria*, 4(1), 55-63.
- Tarlak, F., Ozdemir, M., y Melikoglu, M. (2016). Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part I. development of methodology. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 36(2), 382-388.
- Terashima, N. (2002). 12 – Computer Vision. Intelligent Communication Systems.
- Urbano López, J., Bacca Cortes, E. B., y Buitrago Molina, J. (2021). Vision-based *Software* Tool System for Position Estimation Using a Smartphone. *Ingeniería*, 26(2), 284-305.
- Valencia, C. et al. (2020). Driver-Assistant System Using Computer Vision and Machine Learning. *Revista Facultad de Ingeniería*, 29(54).

Derechos de Autor© 2024 Sibaja Galindo, Enrique, Bacilio López, Florencia, Carrasco Francisco, José Alberto, Quintana Ramírez, Roberto, Rodríguez Santiago Armando Levid



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.