Revista de software, hardware, ciencia y tecnología

gaiabit®

https://gaiabit.com



14
10.11|2026

gaiabit®
https://gaiabit.com

"Los artículos publicados en esta revista reflejan opiniones de la exclusiva responsabilidad del autor"

Revista Gaiabit, año 14, núm. 14, octubre-noviembre de 2026, es una publicación independiente editada por la Mtra. Andrea Cinthya Dominguez Medina. Viaducto Tlalpan 5, Col. San Lorenzo Huipulco C.P. 14370, Ciudad de México. | Teléfono 55 31924347. | Página electrónica de la revista: https://www.gaiabit.com | Correo electrónico: gaiabit@gaiabit.com | Editor Responsable: Mtra. Andrea Cinthya Dominguez Medina. Colaborador: Dr. Jonathan Villanueva Tavira. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2025-090513012500-102, ISSN: 3122-380X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. | Responsable de la última actualización de este número: Mtra. Andrea Dominguez Medina fecha de última modificación: 17 de noviembre de 2026. Tamaño del archivo: 2.45 MB

Comentarios a la publicación
e-mail: gaiabit@gaiabit.com

Colaboradores
Dr. Jorge Eduardo Salgado Ponce
Fotografía, Video, Entrevistas

14
10.11|2026

Editorial

A los lectores de gaiabit, gracias por dedicar su tiempo a esta publicación. Vale la pena recordar un poco de su historia.

En 2011 apareció la primera revista descargable de gaiabit. Desde el inicio buscó ofrecer contenido de calidad que reuniera el trabajo de muchos investigadores. Para lograrlo, era necesario elevar el nivel de la publicación, contar con un comité científico y evaluador, y obtener un ISSN. No fue una tarea sencilla, y por eso gaiabit comparte con orgullo y alegría que consolida hoy una nueva etapa de crecimiento, respaldada por su comité científico y su ISSN.

La revista agradece a todas las personas e instituciones que creyeron en gaiabit y aceptaron el reto de involucrarse, aun cuando la publicación todavía no contaba con un registro que la reconociera formalmente. En esta etapa conserva el espíritu que, desde 2011, mantiene viva la llama de hacer de nuestro planeta un mundo mejor. Retoma, una vez más, la frase que define este camino: la que Stewart Brand, editor del Whole Earth Catalog (lanzado en 1968), eligió para cerrar su última edición, "Stay hungry, stay foolish" ("Sigan hambrientos, sigan alocados").

En este número, los lectores encontrarán artículos desarrollados por estudiantes de posgrado del TecNM que abordan el uso de la inteligencia artificial desde distintas perspectivas, además de un par de entrevistas con investigadores destacados en la materia.

Que disfruten la lectura.
El equipo editorial de gaiabit

Responsable de publicación:
Andrea Domínguez Medina.

Editor en jefe: Jonathan Villanueva Tavira / editor@gaiabit.com

Comité científico:

Dr. Raúl Pinto Elías Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Dr. Andrés Blanco Ortega Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Dra. Margarita Tecpoyotl Torres Centro de Investigación en Ingenierías y Ciencias Aplicadas
Dr. Jorge Salvador Váldez Martínez Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos
Dr. Francisco Jurado Zamarripa Instituto Tecnológico de la Laguna
Dra. Karla Graciela Cedano Villavicencio Instituto de Energías Renovables de la UNAM
Dr. José Martínez Carranza Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
Dr. Juan Humberto Sossa Azuela Centro de Investigación en Computación del IPN
Dra. Mirna Castro Bello Instituto Tecnológico de Chilpancingo
Dra. María José Mirón Chacón Instituto de Estudios Superiores de Huatusco
Dra. Olivia Labastida Puertos Instituto de Estudios Superiores de Huatusco

Indice

4 **Inteligencia artificial entre aprender y dejar de pensar.**
Yessenia Díaz Álvarez[1], Virginia Lagunes Barradas[2], Miguel Ángel Hidalgo Reyes[2], Arnulfo Gamaliel Hernández Gonzalez[3], Luis José Muñiz Rascado[4]

10 **Control de posición con visión artificial de un Robot Móvil Autónomo con ESP32.** [1]Missael Eduardo Barrales Romero, [2]Antonio Camarillo Michua, [3]Héctor Bonilla Barranco, [4]Jesús Alberto Ordaz Rivera, [5]Jorge Dionisio Fierro Rojas [6]José Eladio Flores Mena.

23 **Control de Motores de un Robot Móvil Mediante Visión Artificial.**
[1]Omar Flores-Sánchez, [2]Gerardo Texis-Texis, [3]Alfredo Roldan-Caballero

33 **Entrevista con el Dr. Fernando Osorio.** Por Andrea Dominguez

36 **Entrevista con el Dr Jesús Alfonso López Sotelo.** Por Andrea Dominguez

43 **Campamento de Verano de Inteligencia Artificial 2026.**
Por: Jonathan Villanueva Tavira, Yessenia Díaz Álvarez y Noé Alejandro Castro Sánchez

49 **Aprendiendo de los datos ¿Cuánto líquido suelta un dron fumigador?**
Por Isay O. Huicochea-Rios, Jarniel García-Morales, Marisol Cervantes-Bobadilla, Jesus A. Vazquez Trejo, Arturo D. Espinosa Pedroza, Manuel Adam-Medina.

54 **Uso de Inteligencia Artificial y desempeño universitario en contextos rurales de Puebla.**
Por: Nicole Cardoso Castañeda, Juan Fernando Marín López, Marco Antonio Lara de la Calleja.

Inteligencia artificial entre aprender y dejar de pensar ¿Cómo aprovechar la ayuda de la IA sin perder autonomía ni pensamiento crítico?

Autores: Yessenia Díaz Álvarez[1], Virginia Lagunes Barradas[2], Miguel Ángel Hidalgo Reyes[2], Arnulfo Gamaliel Hernández Gonzalez[3], Luis José Muñiz Rascado[4]

Resumen: La inteligencia artificial generativa facilita el acceso a explicaciones, ejercicios y productos académicos, pero también permite delegar procesos necesarios para aprender. Este artículo explica la dependencia cognitiva asociada con su uso educativo y distingue entre desempeño asistido y aprendizaje autónomo. La evidencia reciente muestra que una herramienta puede mejorar el resultado durante una actividad sin asegurar que el estudiante pueda resolver después un problema sin ayuda, sobre todo cuando recibe respuestas completas. En cambio, los tutores diseñados con principios pedagógicos, preguntas y pistas graduales pueden favorecer la comprensión. Para conservar la participación cognitiva se propone un ciclo de cuatro acciones: intentar, consultar, verificar y transferir. La finalidad no es excluir la IA del aula, sino evitar que la fluidez de sus respuestas se confunda con conocimiento, autoría o pensamiento crítico.

Palabras clave: Inteligencia artificial generativa, dependencia cognitiva, pensamiento crítico, aprendizaje asistido, educación superior.

Declaración de importancia: La IA puede ampliar el acceso al apoyo educativo, pero su uso sin criterios puede ocultar vacíos de aprendizaje. Distinguir entre resolver con una herramienta y aprender una habilidad es indispensable para diseñar actividades y evaluaciones válidas.

Disciplina principal: Ciencias de la educación.
Áreas de aplicación: Educación superior, psicología del aprendizaje, didáctica y evaluación educativa.

Industria mayormente relacionada:
Tecnología educativa y salud.



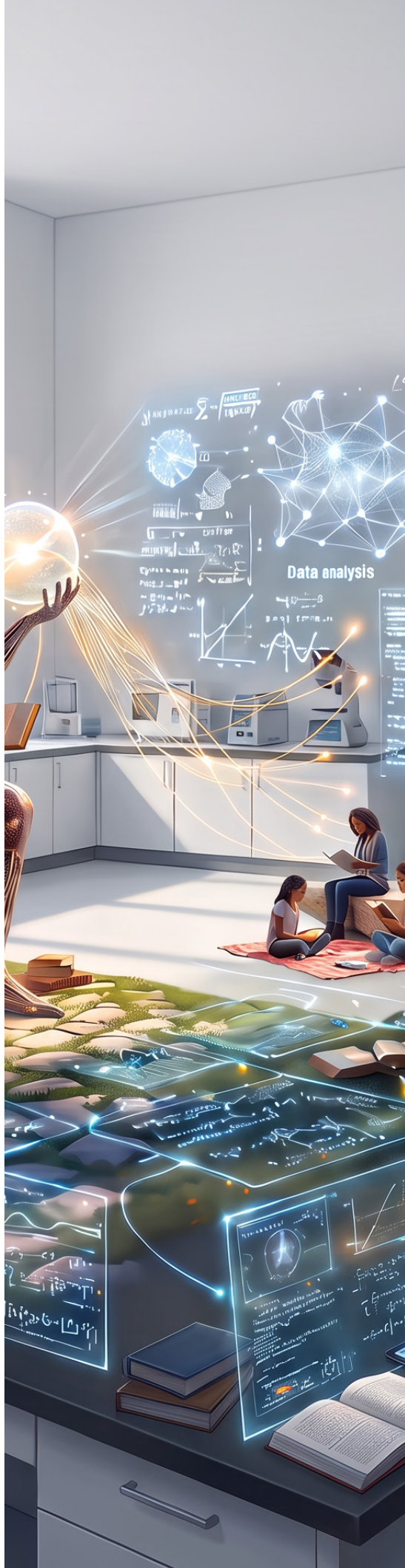

“La inteligencia artificial puede ayudarnos a resolver una tarea en minutos. El reto es descubrir si, además de obtener una buena respuesta, realmente aprendimos a pensar el problema”.

Una respuesta perfecta que no sabemos explicar

Imagine que una estudiante debe resolver un problema, escribir un ensayo o programar una función. Abre una herramienta de inteligencia artificial, copia la consigna y, en segundos, recibe una respuesta ordenada y convincente. El trabajo parece terminado. Pero cuando alguien le pide explicar el procedimiento, justificar una decisión o resolver una variante, aparece la dificultad: el resultado está ahí, aunque el aprendizaje no necesariamente.
Esta escena resume una paradoja de la inteligencia artificial generativa en la educación. La herramienta puede mejorar el producto inmediato, pero eso no garantiza que la persona haya comprendido, recordado o aprendido a aplicar el conocimiento por sí misma.
En otras palabras, resolver con ayuda no siempre equivale a aprender. La diferencia importa porque durante mucho tiempo una respuesta correcta funcionó como señal de comprensión. Hoy un texto fluido, un programa que corre o un ejercicio bien resuelto también pueden reflejar el trabajo de una herramienta. Para saber qué aprendió el estudiante ya no basta con mirar el producto final; es necesario observar el proceso y comprobar qué puede hacer después sin recibir la misma ayuda.

Resolver con ayuda y aprender por cuenta propia

El desempeño asistido es lo que una persona logra mientras dispone de una herramienta. El aprendizaje autónomo es lo que comprende, recuerda y puede aplicar cuando el problema cambia o la ayuda desaparece. Ambos pueden convivir, pero no deben confundirse.
Usar apoyos externos no es nuevo ni es negativo por definición. Tomamos notas, consultamos libros, usamos calculadoras y buscamos información. A esto se le llama descarga cognitiva: trasladamos parte del trabajo mental a un recurso externo para liberar atención y memoria. El problema surge cuando delegamos precisamente la capacidad que queremos desarrollar. Si el objetivo de una actividad es construir argumentos y la IA redacta todo el ensayo, el estudiante evita seleccionar evidencias, ordenar razones y detectar contradicciones. Si debe aprender a resolver ecuaciones y recibe el procedimiento completo desde el inicio, puede limitarse a observar. La herramienta facilita la entrega, pero reduce la práctica que hace posible aprender.





¿Cómo aparece la dependencia cognitiva?

La dependencia cognitiva aparece cuando una persona recurre de forma habitual a una tecnología para realizar procesos que podría o debería ejercitar, hasta disminuir su disposición o su capacidad para resolverlos por sí misma. No depende solamente de cuánto se utiliza una herramienta, sino de qué se delega, en qué momento y con qué propósito. La fluidez de los modelos de lenguaje aumenta el riesgo. Sus respuestas suelen sonar seguras aunque contengan errores, datos inventados o explicaciones incompletas. Para evaluar una respuesta hace falta cierto conocimiento del tema; justamente quien apenas está aprendiendo tiene menos elementos para descubrir una falla. Así puede formarse un círculo: se consulta la IA porque todavía no se domina un contenido, pero se acepta su respuesta sin verificarla y se pierde la práctica necesaria para dominarlo [2].

Lo que muestran los estudios

La investigación reciente no permite afirmar que la IA siempre perjudica o siempre mejora el aprendizaje. Los resultados cambian según el diseño de la herramienta, la actividad y el momento en que se mide el desempeño. Dos estudios publicados en 2025 ayudan a entender esa diferencia. Más rapidez durante la práctica menos aprendizaje después

En un experimento con cerca de mil estudiantes de matemáticas de nivel medio superior, Hamsa Bastani y sus colaboradores compararon tres condiciones: una IA semejante a un chatbot de uso general, un tutor configurado con apoyos pedagógicos y una condición sin IA. Durante la práctica, los grupos con inteligencia artificial resolvieron mejor los ejercicios. Sin embargo, cuando los estudiantes tuvieron que trabajar sin ayuda, quienes habían usado la versión sin controles obtuvieron resultados inferiores. El efecto negativo se redujo con el tutor que evitaba entregar soluciones directas y ofrecía apoyos graduales [1]. El hallazgo es incómodo, pero útil: una herramienta puede aumentar la productividad durante la tarea y, al mismo tiempo, disminuir el aprendizaje que permitiría resolverla de manera independiente.

Un tutor diseñado para enseñar

En otro estudio, Gregory Kestin y su equipo trabajaron con 194 estudiantes universitarios de física. Compararon sesiones presenciales de aprendizaje activo con un tutor de IA construido a partir de los objetivos y materiales específicos del curso. El grupo que utilizó el tutor alcanzó mayores ganancias de aprendizaje en menos tiempo y valoró favorablemente la experiencia [3].

Esto no significa que cualquier chatbot sea mejor que un docente. El tutor fue diseñado para ese curso, siguió principios pedagógicos y se probó en condiciones controladas. La diferencia central no fue la presencia de la IA, sino la forma en que intervenía: guiaba el razonamiento en vez de sustituirlo. Pensamiento crítico autoría y esfuerzo mental

Otros trabajos han explorado qué ocurre con el esfuerzo cognitivo. Un estudio de Hao Ping Lee y sus colaboradores analizó 936 ejemplos aportados por trabajadores del conocimiento. Los participantes informaron menor esfuerzo crítico cuando confiaban más en la IA. El pensamiento no desapareció por completo, pero se desplazó hacia formular consultas, revisar información e integrar resultados. Como se trató de autoinformes en población laboral, los datos no prueban una relación causal ni pueden trasladarse automáticamente a estudiantes [5].

También ha llamado la atención una prepublicación de Nataliya Kosmyna y su equipo sobre escritura asistida. En una muestra pequeña, el grupo que utilizó un modelo de lenguaje mostró menor conectividad cerebral durante la tarea y más dificultad para recordar fragmentos de sus propios ensayos. El estudio abre preguntas relevantes sobre involucramiento y autoría, pero no demuestra atrofia ni daño cerebral. Su tamaño, su diseño y su condición de prepublicación exigen cautela [4].

Señales que conviene observar

La dependencia no se identifica por usar IA una vez ni por preferir una herramienta concreta. Se reconoce mejor en patrones de conducta que dificultan demostrar comprensión.

• Consultar antes de intentar. La persona abre la IA sin explorar primero qué sabe o cómo podría comenzar.

• Aceptar sin verificar. Una explicación se usa porque suena convincente, aunque no se revisen la fuente ni los datos.

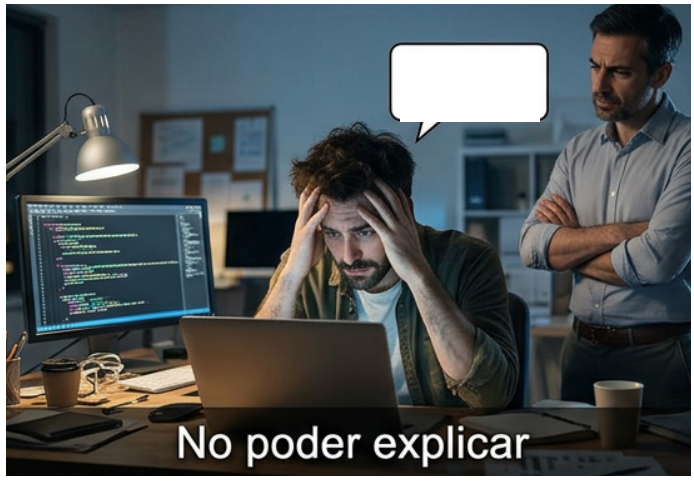
• No poder explicar. El producto es correcto, pero su autor no puede reconstruir el procedimiento ni defender sus decisiones.

• Sentirse incapaz sin la herramienta. Comenzar, revisar o terminar una tarea parece imposible sin asistencia generativa.

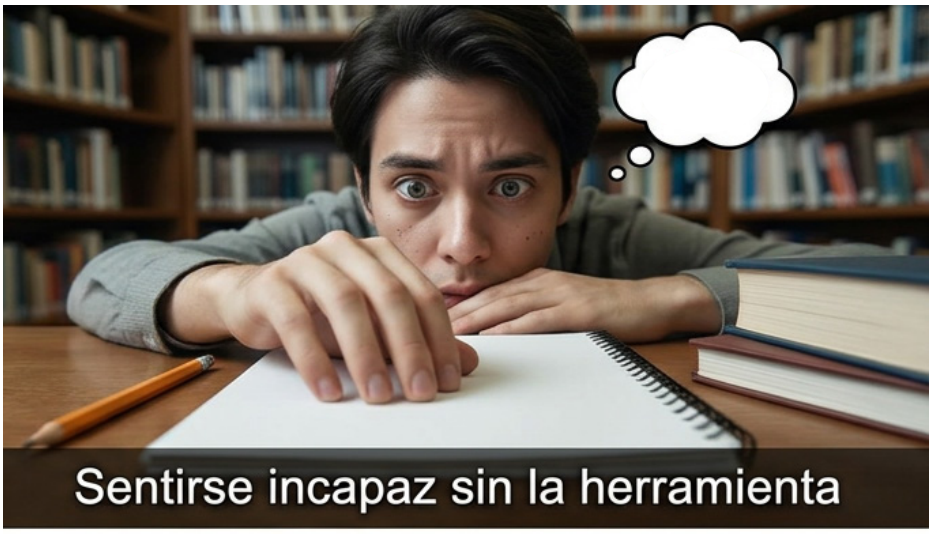
• Perder la voz propia. Los textos se vuelven genéricos y dejan de reflejar ejemplos, experiencias o elecciones personales.

• Fallar al cambiar el problema. La solución funciona con el caso conocido, pero no puede transferirse a una variante sin apoyo.

Estas señales no constituyen un diagnóstico psicológico. Son indicadores pedagógicos para revisar una actividad, conversar con el estudiante y pedir otras evidencias de comprensión.







Cuatro pasos para usar IA sin dejar de pensar. Una forma sencilla de conservar la participación cognitiva consiste en separar el trabajo en cuatro momentos. La idea es que la IA entre después de activar conocimientos propios y se retire antes de comprobar el aprendizaje.

Etapa	**Qué hace el estudiante**	**Qué puede hacer la IA**	**Evidencia**
Intentar	Activa lo que sabe y produce una primera respuesta.	Aclara la consigna, pero no resuelve.	Borrador o hipótesis
Consultar	Formula una duda concreta después del intento.	Ofrece una explicación, ejemplo o pista gradual.	Pregunta y apoyo recibido
Verificar	Contrasta la respuesta con fuentes y criterios.	Señala inconsistencias, sin decidir por la persona.	Fuentes y cambios justificados
Transferir	Resuelve una variante o explica el tema a alguien más.	Se retira o cambia de función.	Aplicación nueva o defensa

Este ciclo cambia la función de la tecnología. En vez de producir un resultado listo para entregar, la convierte en fuente de pistas, contraste y retroalimentación. El estudiante conserva las decisiones y deja una huella visible de su razonamiento.

La evaluación también debe cambiar

Si una calificación se basa únicamente en el producto final, resulta difícil saber quién tomó las decisiones y qué aprendió. Por eso conviene reunir evidencias del proceso: un intento inicial, las preguntas formuladas, las fuentes revisadas, los cambios realizados y una aplicación posterior.

Una breve defensa oral puede ayudar, pero no debe convertirse en la única respuesta ni crear barreras de accesibilidad. También es posible comparar versiones, pedir comentarios sobre las decisiones o plantear una variación corta del problema. La pregunta no es si el estudiante usó una herramienta, sino qué parte del conocimiento puede explicar, justificar y transferir.

Las reglas institucionales necesitan diferenciar los usos. Corregir ortografía no equivale a generar un análisis completo; solicitar una pista no es lo mismo que presentar una respuesta ajena. Antes de autorizar la IA, cada actividad debería aclarar qué habilidad busca desarrollar, qué apoyo está permitido y qué desempeño deberá demostrar personalmente el estudiante [6]; [7].

La meta es conservar la autonomía

La inteligencia artificial puede ampliar el acceso a explicaciones y retroalimentación, pero también puede ocultar vacíos de aprendizaje. El riesgo aparece cuando la facilidad de obtener una respuesta reemplaza de manera constante el esfuerzo necesario para comprender. Ese desenlace no es inevitable. Los asistentes que entregan soluciones completas pueden actuar como muletas cognitivas; los tutores que preguntan, ofrecen pistas y ajustan el apoyo pueden favorecer la comprensión. El diseño pedagógico y las decisiones de uso importan más que la simple presencia de la tecnología. Intentar antes de consultar, verificar antes de aceptar y transferir después de recibir ayuda permite aprovechar la IA sin confundir fluidez con conocimiento. La meta no es trabajar siempre sin herramientas. Es conservar la capacidad de explicar, decidir y actuar cuando la herramienta desconoce el contexto, se equivoca o deja de estar disponible.

Referencias

[1] Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, Ö., & Mariman, R. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 122(26), Article e2422633122. https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122

[2] Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, 103, Article 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

[3] Kestin, G., Miller, K., Klales, A., Milbourne, T., & Ponti, G. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: An RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. Scientific Reports, 15, Article 17458. https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6

[4] Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X.-H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I., & Maes, P. (2025). Your brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.08872

[5] Lee, H.-P., Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R., & Wilson, N. (2025). The impact of generative AI on critical thinking: Self-reported reductions in cognitive effort and confidence effects from a survey of knowledge workers. Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Article 1121, 1-22. https://doi.org/10.1145/3706598.3713778

[6] Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO. https://doi.org/10.54675/ZJTE2084

[7] Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

QINSIGHTS

Informes Latam:
luis.loaiza@qualidialog.ai

Qinsights ya está en México y Latinoamérica

La plataforma para **análisis cualitativo con IA** creada para convertir tus datos en decisiones con rapidez, profundidad y rigor.

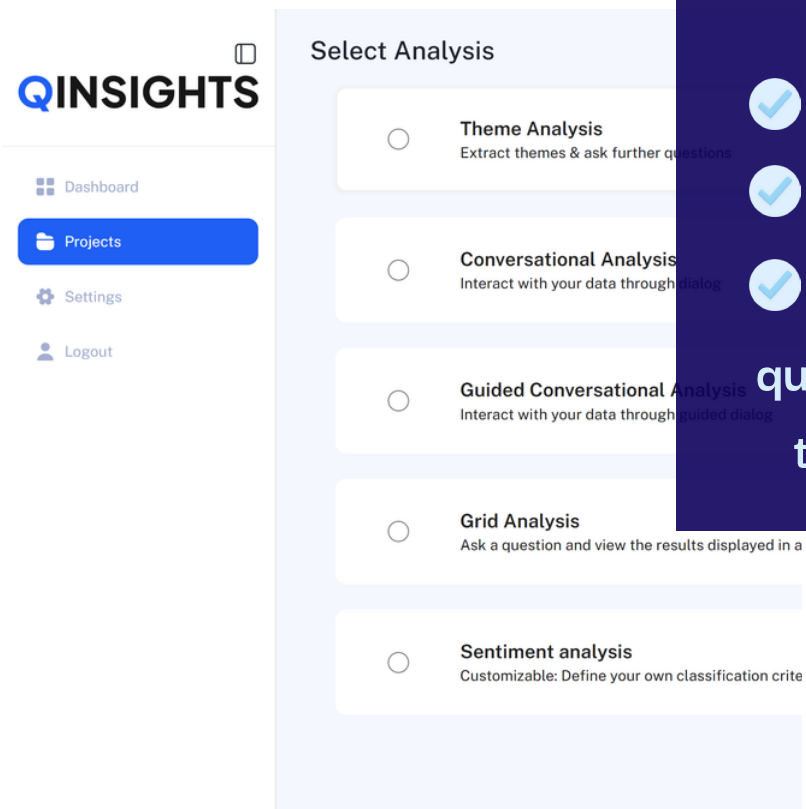
Por qué Qinsights?

Seguridad y propiedad de datos
enfoque de privacidad para que tu información no se comparta y no se use para entrenamiento de modelos.

Confiabilidad
diseñada para **minimizar errores** y entregar resultados consistentes y trazables.

Fácil e intuitiva
úsala desde el día uno, sin fricción.

Análisis conversacional
pregunta sobre tus datos y obtén **insights precisos** en minutos.



Ideal for:

- Académicos
- Investigadores de mercado
- Equipos de marketing

que necesitan profundidad, trazabilidad y velocidad

Más información:

www.qinsights.ai/

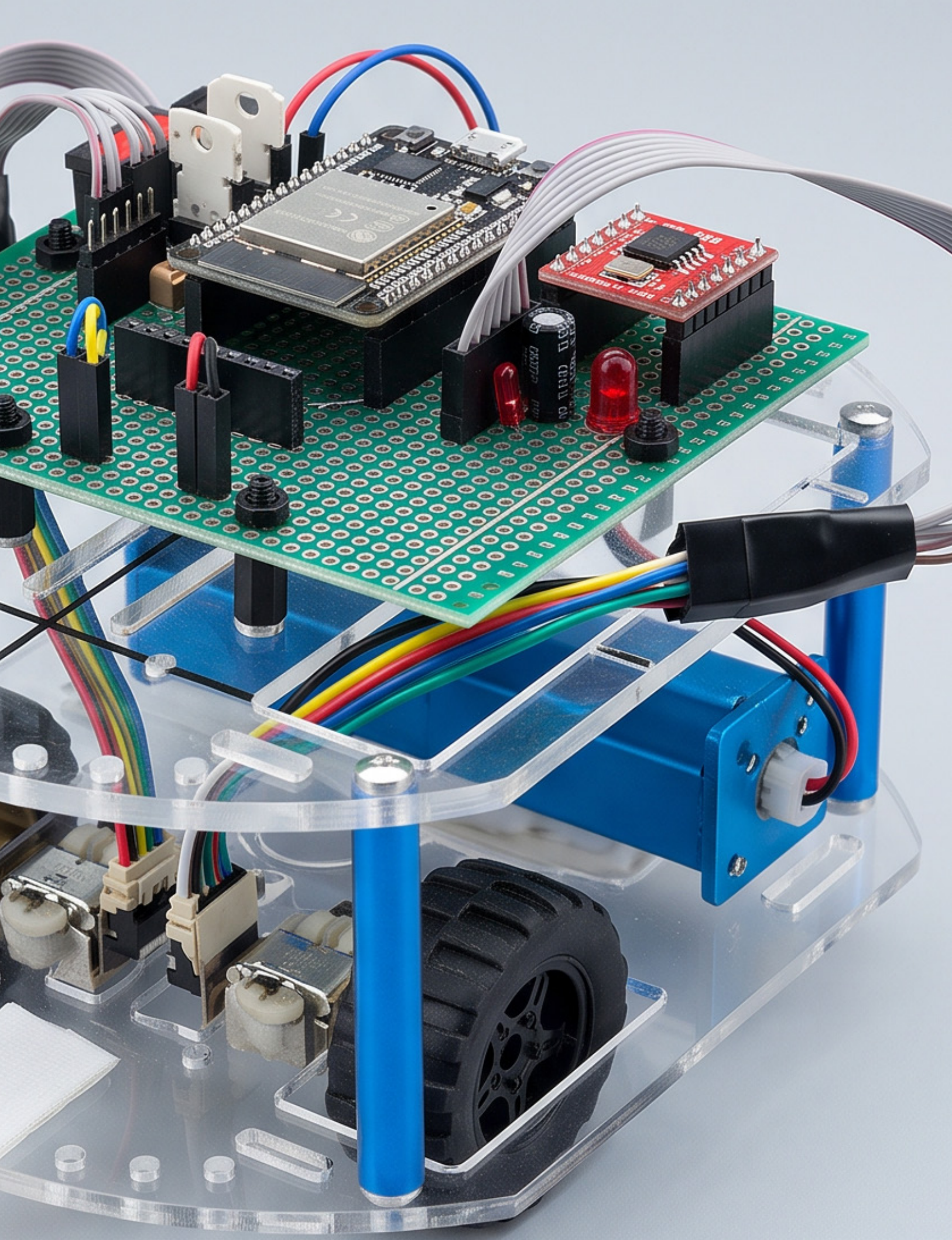
Control de posición con visión artificial de un Robot Móvil Autónomo con ESP32

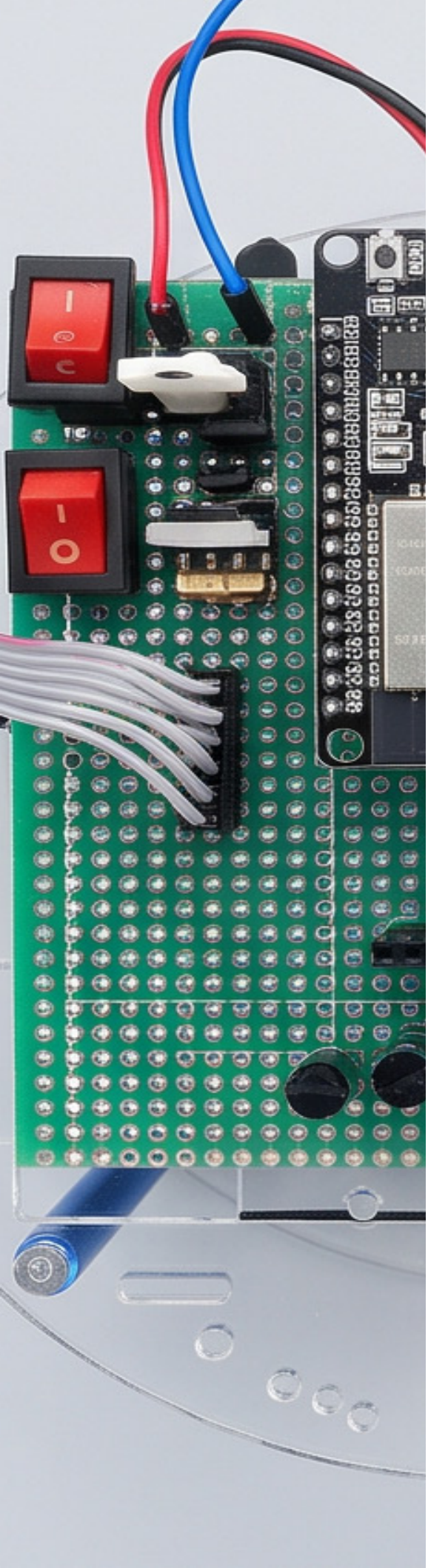
Autores:
1Missael Eduardo Barrales Romero
2Antonio Camarillo Michua
3Héctor Bonilla Barranco
4Jesús Alberto Ordaz Rivera
5Jorge Dionisio Fierro Rojas
6José Eladio Flores Mena
Facultad de Ciencias de la Electrónica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, México

Resumen: En este trabajo se presenta el control de un robot móvil diferencial de dos ruedas con visión artificial, se muestran los materiales utilizados en la construcción del robot en laboratorio, cuyo microcontrolador elegido es el ESP32 el cual cuenta con conexión wifi y bluetooth. Se caracterizan los motores utilizados y se obtiene un modelo de primer orden. Para modelar el robot, se utilizan ecuaciones cinemáticas para un punto desplazado.
El control aplicado es de posición con cámara fija y se analiza la estabilidad del sistema por el método de Lyapunov para un controlador saturado. Los resultados obtenidos permiten prever el comportamiento del vehículo autónomo para un punto.

Palabras clave: Control, robot móvil, autónomo, visión artificial.







I. Introducción

El desarrollo de robots móviles autónomos ha experimentado un notable crecimiento al igual que el de la visión artificial, impulsado por avances en áreas como el control de sistemas, la electrónica y robótica. Este proyecto se enfoca en el control de un robot móvil diferencial de dos ruedas con visión, utilizando como base el microcontrolador ESP32, el cual ofrece capacidades de comunicación mediante WiFi y Bluetooth. El diseño del robot incluye motores con encoders magnéticos, que permiten obtener una retroalimentación precisa de la velocidad y posición del vehículo, al igual que una cámara fija para implementar un control efectivo basado en la estabilidad de Lyapunov [1].

El estado del arte en robots móviles autónomos involucra diversas técnicas de control y modelado cinemático, como las descritas en este proyecto, donde se utilizan ecuaciones cinemáticas para derivar un modelo matemático que describe el movimiento del robot [2]. El punto deseado se localiza mediante visión artificial con cámara fija. Este enfoque, junto con la caracterización de los motores y el uso de técnicas de filtrado de imágenes y señales mejora la calidad de imagen y la precisión de los encoders, se garantiza un desempeño estable del sistema [3].

El uso del ESP32 como cerebro del robot no solo facilita la integración de algoritmos de control, sino que también permite la comunicación inalámbrica, lo que es crucial para aplicaciones de robótica en tiempo real y control remoto [5]. Este trabajo se distingue de las implementaciones reportadas en la literatura [4], [5] al integrar técnicas de control no lineal en una plataforma de bajo costo basada en ESP32, proporcionando un marco accesible y reproducible para la experimentación en Robótica móvil. Los detalles de esta contribución se explican en la sección 2.

II. Trabajos relacionados y aporte del presente trabajo

El control de robots móviles mediante técnicas de visión artificial y leyes de control basadas en Lyapunov constituye un área de investigación activa y bien establecida [1], [2], [3]. De manera similar, la utilización de funciones de saturación suaves, como la tangente hiperbólica (tanh), para limitar las señales de control y garantizar estabilidad es una práctica común en el diseño de controladores para sistemas no lineales [2], [3].

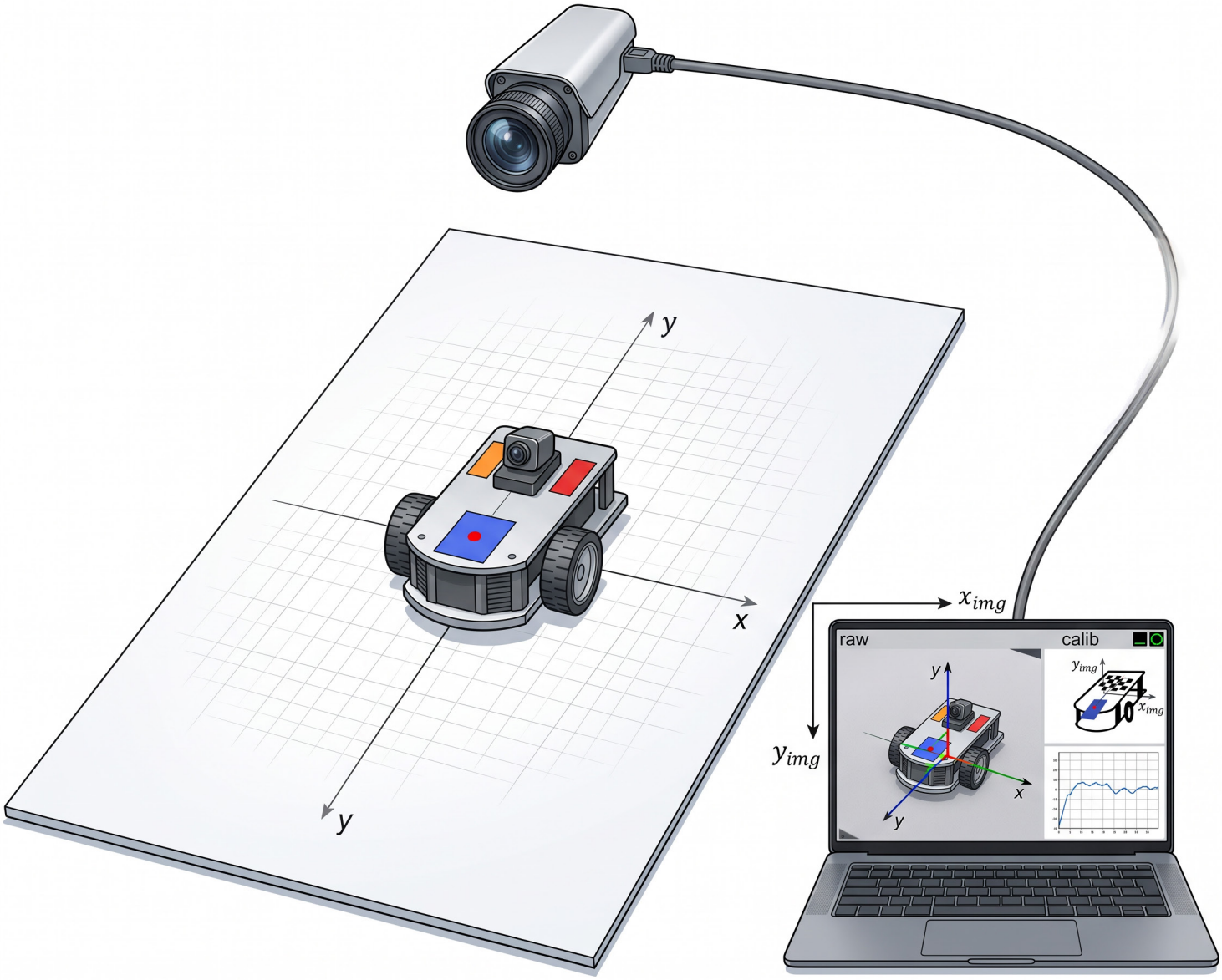
No obstante, muchas de las implementaciones reportadas en la literatura se apoyan en plataformas computacionales robustas y de relativo alto costo—como computadoras embebidas o tarjetas de adquisición de datos especializadas—para ejecutar los algoritmos de control y procesamiento de imágenes [4], [5]. Esto puede representar una barrera significativa para su adopción en entornos educativos y de prototipado rápido donde la accesibilidad y el bajo costo son factores críticos. *La principal contribución de este trabajo radica en la implementación exitosa y la integración de estas técnicas de control avanzado en una plataforma hardware de extremo bajo costo y completamente accesible, utilizando el microcontrolador ESP32 como núcleo de actuación y control.*

A diferencia de las arquitecturas más complejas, este sistema demuestra que es posible lograr el control estabilizante de posición de un robot móvil mediante una arquitectura híbrida: un microcontrolador económico (ESP32) se encarga de la adquisición de datos de los encoders, el control de bajo nivel (PID de velocidad) y la comunicación; mientras que el procesamiento de visión artificial y la ley de control de alto nivel (Lyapunov) se ejecutan en una computadora personal estándar, comunicándose ambos módulos de forma inalámbrica a través del protocolo Bluetooth.

Adicionalmente, se aporta una metodología integral y reproducible que abarca desde la caracterización experimental y modelado de los actuadores [6], [7], la calibración del sistema de visión, hasta la discretización e implementación práctica del controlador no lineal. Por lo tanto, este proyecto trasciende la mera aplicación de técnicas conocidas y se erige como un marco de referencia validado experimentalmente y un banco de pruebas accesible para el desarrollo, prueba y enseñanza de algoritmos de control en robótica móvil, actuando como un puente efectivo entre la teoría de control avanzada y su implementación práctica bajo restricciones presupuestarias.

III. Descripción del robot móvil

El robot móvil es un sistema electromecánico construido en laboratorio, el cual se mueve en el plano de forma autónoma. Para lograr partir de un punto a otro en el plano se cuenta con dos sensores de tipo encoder, los cuales suministran información acerca de la distancia recorrida. La configuración del robot móvil es de tipo diferencial. Para



la construcción del robot móvil se utilizó un chasis de acrílico con motorreductores N20 de la marca pololu. El chasis cuenta con una rueda de metal libre en la parte posterior y dos ruedas de goma en la parte frontal, todos estos elementos conforman la base. Los motorreductores que se utilizan tienen una velocidad de 350 rpm cuando se aplica un voltaje de 6V y cuentan con encoder de tipo magnético, con una resolución de 203 pulsos por revolución. El dispositivo para controlar la potencia de los motores es el TB6612FNG en cual puede suministrar una corriente máxima de 1.2 amperes y cuyo voltaje de motor se encuentra en el intervalo de 2.2v a 13.5v. El dispositivo que controla todo el robot móvil es el ESP32 de la empresa Espressif. Se ha utilizado el modelo de 30 pines para el control del robot.

La construcción completa del robot se realiza uniendo la base un chasis y se colocan cuatro soportes que sirven como base para otro chasis montado en la parte superior. En la parte inferior se montan los motores y una batería Lipo para la alimentación que suministra 7.4 Volts a 1100 mA, en la parte superior se fija la electrónica para el control del robot. La figura 1 muestra el prototipo armado.

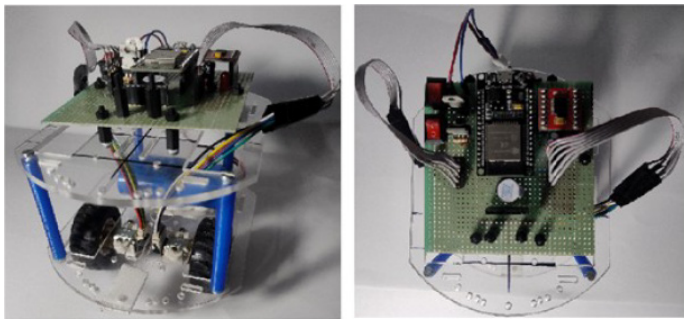
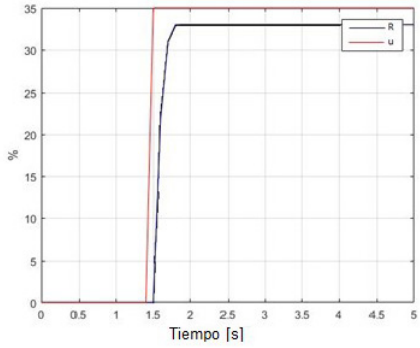


Figura 1: a) Robot móvil diferencial b) Vista superior



Para que el robot se pueda controlar por visión artificial se ha puesto una base azul en la parte superior, el sistema se ha dispuesto de forma que las barras en azul queden ocultas por cinta negra y la batería se le ha cubierto en un cajón blanco, esto permite que la cámara solo resalte el color azul, el cual va a ser usado para detectar la posición actual.

La disposición de la cámara se encuentra sujeta entre dos barras y se coloca sobre el robot móvil en la parte superior a 86 cm del piso. Se implementa un divisor de voltaje que va desde la batería a un pin análogo del ESP32 y sirve para sentir si la batería se encuentra en un nivel bajo de voltaje. Además, se conecta una indicación sonora para conocer el estado actual de la batería y se activa en el momento que la batería no tiene suficiente voltaje.

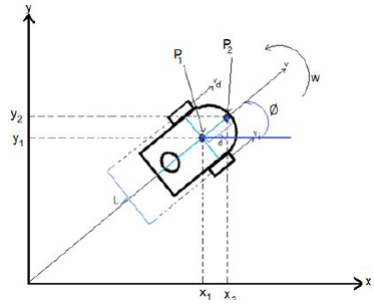


Figura 4: Sistema de visión en configuración cámara fija.

III-A. Sistema de visión

El origen del sistema coordenado se encuentra en la parte inferior de la imagen capturada por la cámara. La cámara se conecta a una computadora a través de un cable USB, cuya información será leída y procesada en el lenguaje Python 3.8. La imagen obtenida, cuadro a cuadro, se procesa obteniendo un filtro del color azul; posteriormente, se crea otra imagen en escala de grises para detectar el objeto y su posición actual.

La imagen procesada genera un punto actual en el sistema de coordenadas de la computadora, y esta información se utiliza para que el algoritmo de control calcule el error en píxeles y genere la señal de referencia que será la que mueva el robot móvil. El robot móvil se comunica con la computadora a través de Bluetooth y se le envían las velocidades lineal y angular para que llegue al punto deseado; en el

esquema actual, se ha realizado una prueba para el punto de la imagen (140, 160). La configuración del sistema de visión se muestra en la Figura 2.

En el sistema se han añadido dos fuentes de iluminación para evitar que la cámara tenga problemas a la hora de procesar la imagen, estas fuentes de iluminación se han colocado a cada lado de la cámara y se han ajustado para tener una iluminación uniforme. Sin una iluminación adecuada el robot no puede llegar al punto deseado.

IV. Caracterización de los motores de corriente directa

Para realizar el control del robot móvil se caracterizan los motores aplicando una señal escalón del 35% del voltaje máximo de funcionamiento. La respuesta obtenida se muestra en la figura 3. Se aprecia que la respuesta del sistema **R** para una entrada **u** se encuentra retrasada con respecto del escalón. El modelo de primer orden se obtiene a partir de toolbox de identificación de sistemas ("ident") de MATLAB el cual nos estima la función de transferencia con un 97% de precisión.

$$G(s) = \frac{0{,}94}{0{,}056s + 1} e^{-0{,}037s} \quad (1)$$

Donde el valor de K=0.94, Tp=0.056 y Td=0.037. Con este modelo se realiza un controlador PID (proporcional integral derivativo) para controlar la velocidad de cada motor y compensar los efectos dinámicos del robot. Para encontrar las ganancias del controlador se utiliza el toolbox de Matlab para la sintonía de control PID (pidTuner). Las ganancias que se obtienen de Matlab para el controlador son para la ganancia proporcional Kp=0.178, ganancia integral Ki = 6.3 y ganancia derivativa Kd = 0.00126, el modelo se muestra en la ecuación 2, este control se debe pasar al espacio discreto con un tiempo de muestreo de Ts = 0.1 segundo.

La selección de un controlador PID (Proporcional Integral-Derivativo), en lugar de un esquema PD (Proporcional-Derivativo) que podría inferirse de la realimentación de velocidad proporcionada por los encoders, se debe primordialmente a la necesidad de compensar las perturbaciones de par de carga constantes o de variación lenta que actúan sobre el robot.

Estas perturbaciones, como la fricción seca (Coulomb) no modelada, desniveles leves en la superficie de desplazamiento o imperfecciones mecánicas, se manifiestan como un error en estado estacionario en la velocidad de los motores. Un controlador PD, es efectivo para mejorar la estabilidad y la respuesta transitoria pero carece de la capacidad para eliminar este error de estado estacionario frente a perturbaciones constantes, ya que su salida es cero cuando la derivada del error y el error se vuelven cero, incluso si la perturbación persiste.

La acción integral del controlador PID, se incluye específicamente para resolver este problema. Esta acción integra el error a lo largo del tiempo, generando una señal de control que se incrementa constantemente mientras el error exista. Esto permite que el controlador genere una salida de valor finito (u) para contrarrestar exactamente la perturbación constante, incluso cuando el error de velocidad (e) es cero, logrando así un error en estado estacionario nulo y un seguimiento más preciso de la velocidad de referenc

$$u = K_p e + K_i \frac{1}{s} e + K_d e \quad (2)$$

A partir de la ecuación 3 del espacio en tiempo discreto el controlador se pasa a la forma de sumas y restas para poder imple-

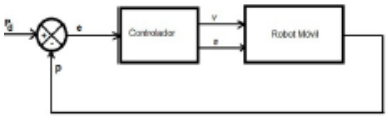


Figura 5: Diagrama de control.

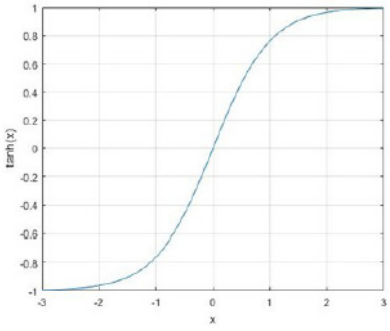


Figura 6: función tanh(x)

mentarlo en el microcontrolador ESP32. Se debe tomar en cuenta que las ganancias que calcula Matlab se deben modificar para sintonizar el controlador lo mejor posible.

V. Modelo del robot móvil y control El modelo cinemático del robot móvil se obtiene a partir de la suposición de que tenemos la condición de rodadura, en la cual las ruedas no presentan deslizamiento y se encuentran en una superficie plana. Para estas condiciones, se elige un sistema de referencia mostrada en la figura 4. En la figura se estudia el punto de control que se encuentra indicado como punto P_2, el cual es un punto desplazado del punto medio del eje de las ruedas, esto asegura que existe la matriz Jacobiana. Las velocidades del robot en el punto P_1 son:

$$\dot{x}_1 = v\cos\phi \quad (4)$$

$$\dot{y}_1 = v\sin\phi \quad (5)$$

Donde la posición del punto 2 en la figura 4 se calcula de la siguiente forma:

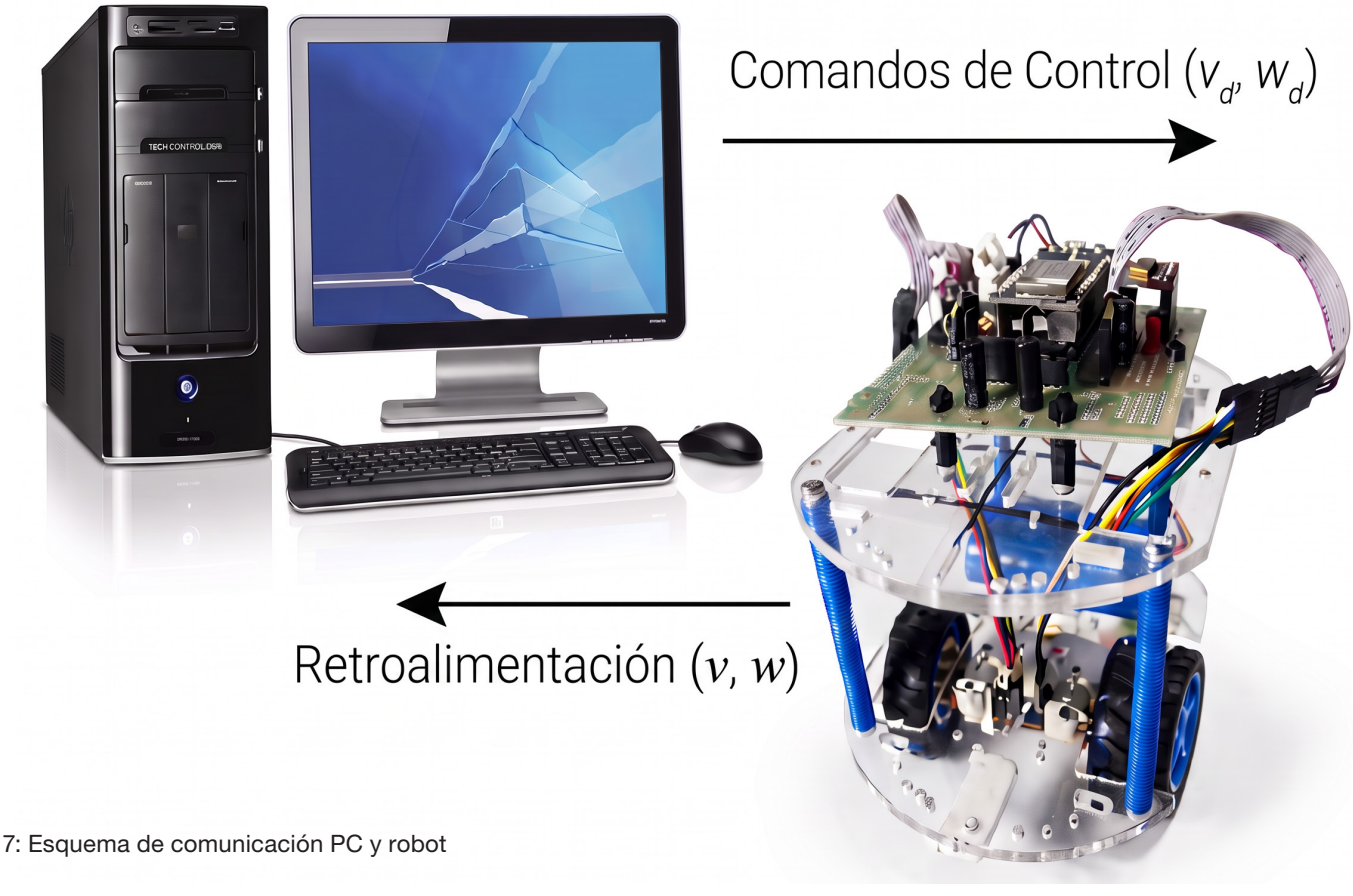
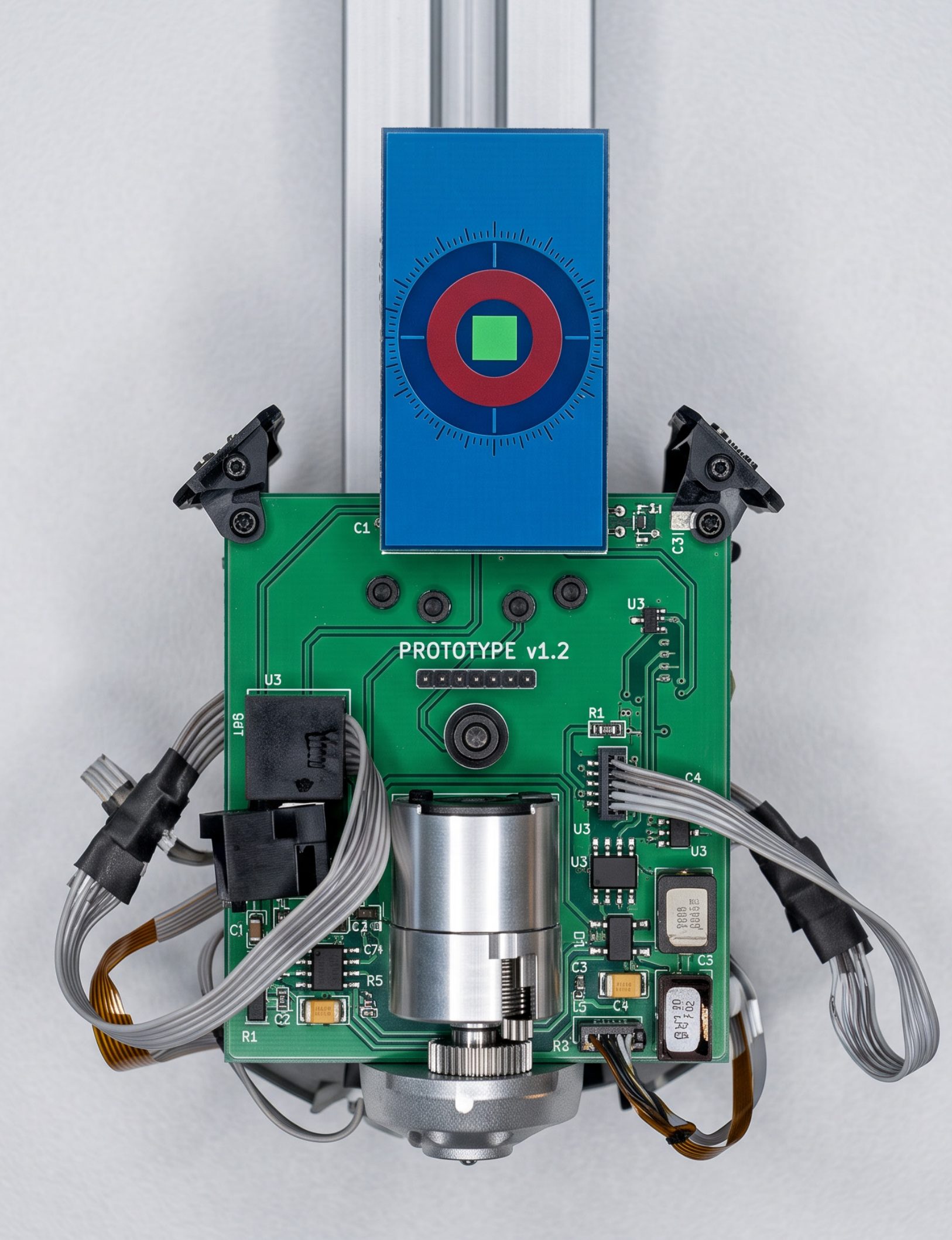


Figura 7: Esquema de comunicación PC y robot


PROTOTYPE v1.2
C1
C3
U3
R1
C4
U3
U3
U3
C1
C2
C7
R5
C2
R1
C3
C3
C4
R3

$$P_{2x} = x_1 + d\cos\phi \quad (6)$$

$$P_{2y} = y_1 + d\sin\phi \quad (7)$$

La derivada de P_{2x} y P_{2y} con respecto al tiempo se expresa en la siguiente ecuación:

$$\dot{P}_{2x} = v\cos\phi - d\omega\sin\phi \quad (8)$$

$$\dot{P}_{2y} = v\sin\phi + d\omega\cos\phi \quad (9)$$

En el sistema de ecuaciones (7) y (8), v es la velocidad lineal, la letra ω representa la velocidad angular del robot, la cual es la derivada de la posición angular ω con respecto del tiempo, d es la distancia del punto P1 al punto P2, para alinear el sistema de coordenadas de la cámara con el del robot, se aplica una rotación de 90° al modelo cinemático y el sistema de ecuaciones queda de la siguiente forma matricial

$$\begin{pmatrix}\dot{P}_{2x}\\ \dot{P}_{2y}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-\sin\phi & -d\cos\phi\\ \cos\phi & -d\sin\phi\end{pmatrix}\begin{pmatrix}v\\ \omega\end{pmatrix} \quad (10)$$

Las ecuaciones de movimiento se pueden expresar en forma vectorial:

$$\dot{\mathbf{P}} = \mathbf{J}\dot{\mathbf{q}} \quad (11)$$

Donde J representa el jacobiano del sistema. La ecuación(10) representa el modelo del sistema. También se muestran las relaciones de las velocidades globales con respecto a las velocidades de cada rueda.

$$\omega = \frac{1}{L}(v_d - v_i) \quad (12)$$

$$v = \frac{1}{2}(v_d + v_i) \quad (13)$$

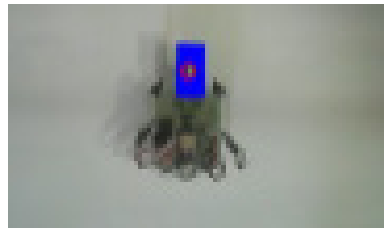


Figura 8: Sistema robot móvil en el origen del sistema marcado en un círculo rojo

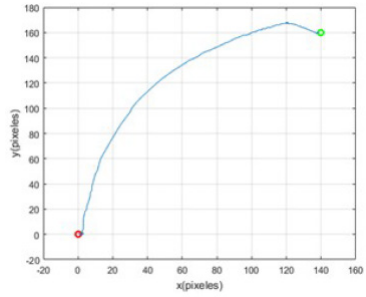


Figura 9: Gráfica del control de posición para el punto [140,160]

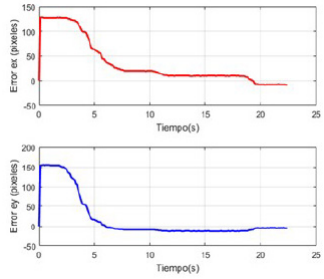


Figura 10: Gráfica de errores de posición para el punto [140,160]

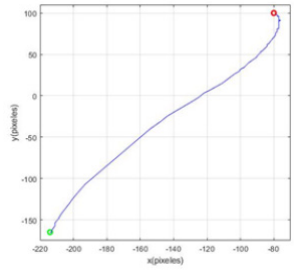


Figura 11: Gráfica del control de posición para el punto [-80,100]

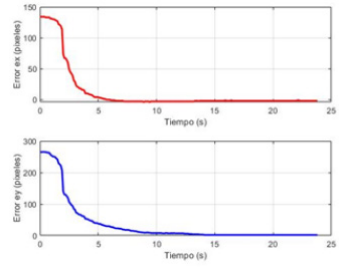


Figura 12: Gráfica de errores de posición para el punto [-80,100]

así como las ecuaciones de las velocidades de cada rueda en términos de las velocidades globales.

$$v_d = v + \frac{\omega L}{2} \quad (14)$$

$$v_i = v - \frac{\omega L}{2} \quad (15)$$

Donde la relación de las velocidades lineales con las velocidades angulares se describe como:

$$v_d = R\omega_d \quad (16)$$

$$v_i = R\omega_i \quad (17)$$

donde R representa el radio de la rueda.

V-A. Control del robot móvil

El control del robot móvil autónomo se realiza mediante la teoría de Lyapunov, donde el controlador suministra la energía necesaria para llegar al punto deseado y no se controla la orientación. A continuación, se muestra el diagrama de bloques del sistema de control. Como se muestra en la figura 5 se calcula el error de las posiciones y lo que se envía son las velocidades lineal v y angular ω al robot móvil el programa convierte estos
valores a velocidades en cada rueda, una vez que se aplican estas velocidades el controlador calcula la posición actual y se compara con la posición deseada para obtener el error y obtiene una nueva acción de control para llegar al punto deseado.

V-B. Diseño del controlador por Lyapunov

Para realizar el controlador propuesto se utiliza la teoría de control en el sentido Lyapunov. Esta teoría dice que se debe elegir una función V(x) definida positiva que debe cumplir [3]:

1) $V(x) > 0$
2) $\dot{V}(x) < 0$

Si las condiciones se cumplen entonces el sistema es estable. De acuerdo con el modelo del robot de las ecuaciones (8) y (9) se puede reescribir de la siguiente forma

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{J}^{-1}\dot{\mathbf{P}} \quad (18)$$

Donde se tiene el vector de velocidades globales que depende del vector de posición, a esta expresión se le llama la cinemática diferencial inversa. Para esta ecuación se propone la función candidata de Lyapunov.

$$\mathbf{V}(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}\mathbf{e}^T\mathbf{e} \quad (19)$$

Cuya derivada temporal es

$$\dot{\mathbf{V}}(\mathbf{x}) = \mathbf{e}^T\dot{\mathbf{e}} \quad (20)$$

Donde e representa el vector de error de posición definido como:

$$\mathbf{e} = \mathbf{P}_d - \mathbf{P} \quad (21)$$

El vector de posiciones deseadas se define como

$$\mathbf{P}_d = \begin{pmatrix} P_{xd} \\ P_{yd} \end{pmatrix} \quad (22)$$

Donde Pxd y Pyd son las coordenadas del punto deseado, el cual es un vector constante y el vector de posiciones actuales de acuerdo con las ecuaciones (6) y (7) es:

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} x_1 + d\cos\phi \\ y_1 + d\sin\phi \end{pmatrix} \quad (23)$$

En esta ecuación x1 y y1 son las coordenadas del punto P1 y se hallan integrando las ecuaciones (4) y (5)

Para cumplir la segunda condici´on de Lyapunov se elige la derivada del error de la siguiente forma

$$\dot{\mathbf{e}} = -\mathbf{G}\mathbf{e} \quad (24)$$

Lo que nos lleva a tener la derivada de la función candidata como:

$$\dot{\mathbf{V}}(\mathbf{x}) = -\mathbf{e}^T\mathbf{G}\mathbf{e} \quad (25)$$

La matriz G se elige definida positiva y es una matriz cuadrada de ganancias diferentes de cero en la diagonal, con esta elección la derivada es definida negativa y cuando el error tiende a cero el sistema es estable. La derivada del vector de posición P se puede despejar de la ec´ (21) y se obtiene:

$$\dot{\mathbf{P}} = -\dot{\mathbf{e}} \quad (26)$$

En esta ecuación la derivada del punto deseado en cero debido a que en control de posición su valor es constante. Al sustituir el valor de la ecuación (24) en (18) se tiene la forma del control:

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{J}^{-1}\mathbf{G}\mathbf{e} \quad (27)$$

La ecuación (24) representa un control proporcional y para la implementación del control se proponen la matriz de ganancias de dimensi´on dos de G y el vector de error e deuna columna por dos filas, ambos se calculan en cada tiempo de muestreo. También se propone que la derivada del error sea una función saturada de la forma.

$$\dot{\mathbf{e}} = -\mathbf{G}\tanh(\mathbf{e}) \quad (28)$$

Siguiendo el mismo procedimiento de las ecuaciones (21) a la (24) se obtiene el siguiente controlador

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{J}^{-1}\mathbf{G}\tanh(\mathbf{e}) \quad (29)$$

Esta última expresión representa un control saturado debido al comportamiento de la función tanh que se muestra en la figura 6. Estas funciones son estudiadas en otro tipo de robots como los vistos en [2], [3].

Al igual que en el control proporcional este también es estable, para valores negativos del error la función tanh los mantiene en el intervalo de [0,1] en el eje de la variable dependiente, de la misma forma para valores negativos del error se mantiene el error en el intervalo de [-1,0]. Este comportamiento es deseable cuando se quiere mantener un rango de control que no sobrepase la salida máxima controlada.

VI. Resultados

El algoritmo de control se implementó en Python versión 3.8 y la computadora se comunica a través de la transmisión bluetooth del microcontrolador ESP32 para recibir los datos de velocidades medidas en el robot, este calcula el error, obtiene el siguiente valor de control y envía las velocidades que debe seguir el robot cada periodo de muestreo de 0.1 segundos. La comunicación entre la computadora y el robot tiene un retardo de 8 segundos a 10 segundos para establecer la conexión vía bluetooth, Además la cámara le toma 3 segundos para obtener una imagen adecuada.

VI-A. Parámetros

La tabla que se muestra a continuación muestra los valores de las variables del robot móvil las cuales se utilizan para el cálculo de velocidades y distancia recorrida.

Parámetro	**Valor**
Longitud entre ruedas	L 0.073m
Distancia del centro de las ruedas al punto de control d	0.06m
Radio de las ruedas R	0.022m

Cuadro I: Parámetros del robot móvil

El sistema inicia en el origen coordenado y la posición deseada se encuentra en el punto (140,160) en pixeles marcadoen color verde como se muestra en la figura 8:

Las gráficas del movimiento en el plano del robot móvil y de los errores se muestran en las figuras 9, 10 y 11.

Como se observa en las figuras anteriores para un punto sobre el eje el robot empieza a trasladarse al punto deseado sin embargo llega a un valor cercano, en este caso las ganancias se eligen como:

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 0{,}00051 & 0 \\ 0 & 0{,}00051 \end{pmatrix} \quad (30)$$

Las ganancias se sintonizaron para converger al punto deseado, para valores superiores el robot tiene un comportamiento oscilatorio cerca del punto deseado y para valores inferiores el robot no alcanza el punto deseado.

La relación de un pixel es de 0.00166 metros, para el punto (140,160) la coordenada en metros es (0.2324, 0.2656).

El tiempo para alcanzar el valor deseado es de 22.4 segundos, Además como se puede observar en las gráficas los errores convergen una vecindad cercana a cero. Cerca del punto deseado existen oscilaciones alrededor del punto deseado y los errores no alcanzan el valor cero, esto ocasiona que el tiempo para alcanzar la posición deseada sea indefinido. Para tener un tiempo finito y alcanzar el punto deseado se ha establecido un área de convergencia de ± 10 píxeles. Por lo que en la gráfica de error en y se acerca a cero y el valor en x se encuentra en -8 píxeles de error y con estos valores el algoritmo se encuentra en la región deseada.

Para un punto deseado en (-80,100), el robot parte del punto inicial (-214,-165). Las ganancias tienen el mismo valor que en el caso anterior. Las figuras del comportamiento del robot se muestran a continuación:

En este caso el tiempo de para alcanzar el punto deseado es de 23.8 segundos, los errores convergen a una vecindad de -2 píxeles en el eje x y -2 píxeles en el eje y. El tiempo para alcanzar el valor deseado depende del área de convergencia de ± 10 píxeles. El robot al entrar en esta área ha alcanzado su valor deseado. Sin embargo, esto varía el tiempo registrado cuando se alcanza el punto deseado y los valores de los errores varían dentro del área de convergencia.

La variación de los errores depende del tiempo en el que se llega al área de convergencia y estos en el primer caso en el eje x se aleja ocho píxeles y en el segundo caso solo dos.

VII. Conclusiones

En este trabajo se muestra el control de un robot móvil tipo diferencial con visión artificial para el cual se ha probado un control basado en la teoría de Lyapunov. El control saturado limita el error de posición. Las velocidades lineal y angular de referencia del robot son seguidas por el robot, pero existen perturbaciones físicas que provocan que el robot se desvíe de los valores de referencia. Los errores en los ejes x e y convergen a cero; sin embargo, alcanzan una vecindad cercana al punto deseado.

Este prototipo sirve como una plataforma para probar distintos algoritmos de control y se seguirán probando nuevos algoritmos que disminuyan el error de posición y también en el área de convergencia para el control por visión artificial.

Referencias

[1] S. Tzafestas, “Introduction to Mobile Robot Control”, Elsevier, London, UK, 1st ed., 2014.

[2] F. Reyes, “Robótica. Control de robots manipuladores”, Alfaomega, México, 1ra ed., 2011.

[3] R. Kelly and V. Santibáñez, “Control de movimiento de robots manipuladores”, Pearson Education, España, 1ra ed., 2003.

[4] A. Benítez, V. López, and I. García, “High-level control of a mobile robot using an embedded single-board computer: A case study,” Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol. 95, no. 2, pp. 571-585, Aug. 2019.

[5] R. Sánchez, M. Pérez, and J. Herrera, “A comparative study of embedded platforms for vision-based mobile robotics,” in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA), Singapore, 2017, pp. 1234-1239.

[6] J. Guzmán, C. Rivera, and L. Fernández, “System identification of DC gear motors for educational mobile robotics,” IEEE Latin America Transactions, vol. 18, no. 5, pp. 889-896, May 2020.

[7] “PID Tuning Methods for Industrial Processes,” Technical Report, MathWorks, Natick, MA, USA, 2021. [Accessed: Aug. 10, 2023]. [Online]. Available: https://www.mathworks.com/help/control/ug/pid-tuningmethods.html

[8] K. Ogata, “Ingeniería de control moderna”, Pearson Educación, S.A, Madrid, España, 5ª ed., 2010.

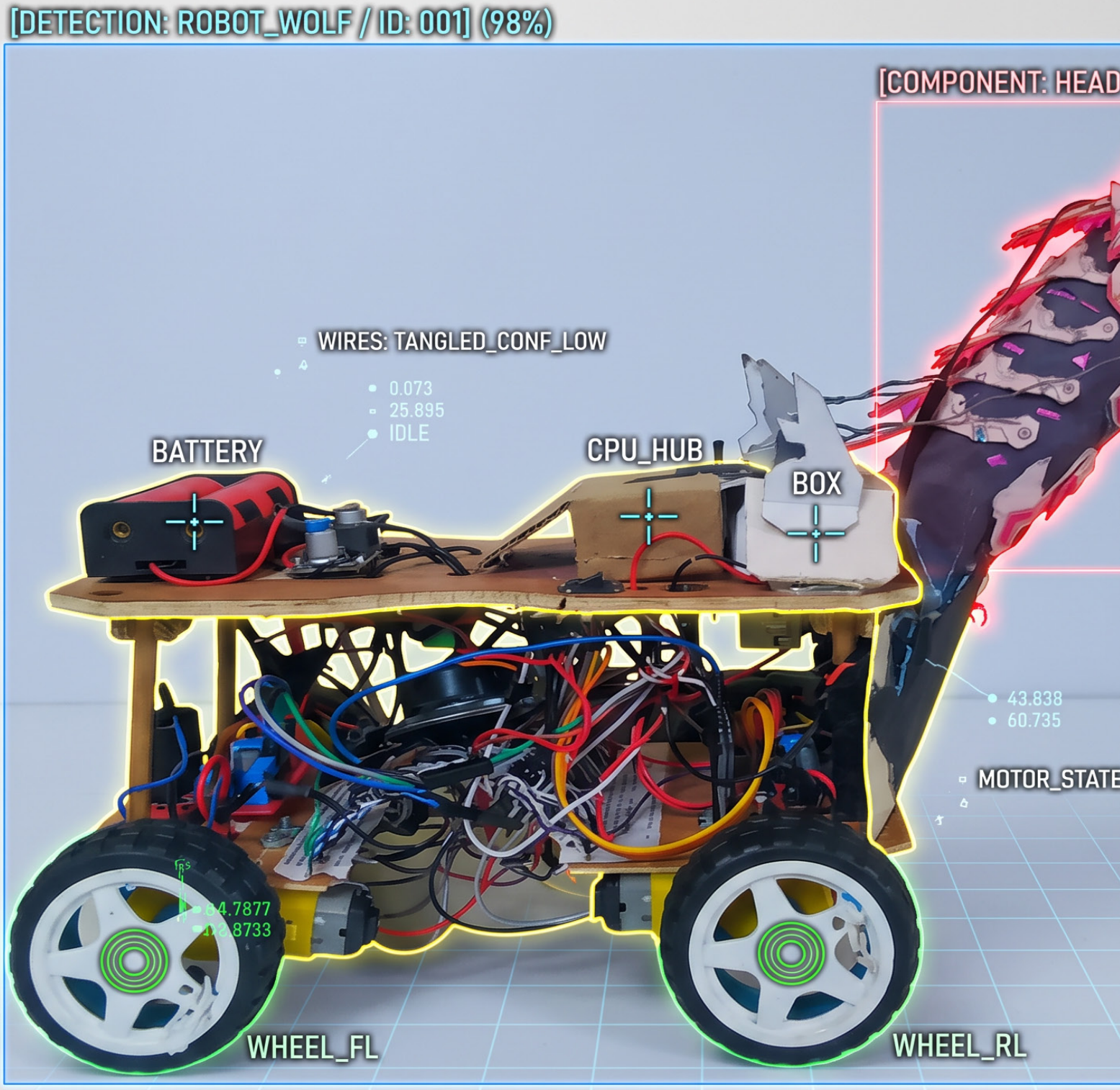
[9] R. Miranda, “Cinemática y dinámica de robots manipuladores”, Alfaomega, México, 1ra ed., 2016.

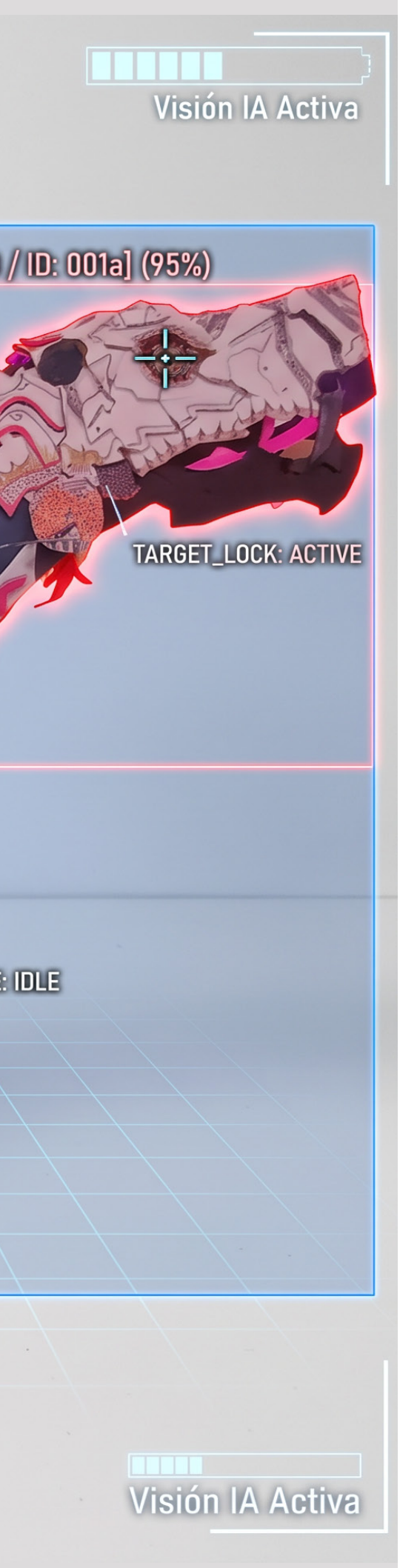
[10] V. Alfaro, “Métodos de sintonización de controladores PID que operan como reguladores”, Ingeniería, vol. 12, no. 1-2, pp. 21-36, San José, Costa Rica, 2002.

[11] F. Guagchinga, P. Calvopiña, S. Alpúsig, and M. Cajas, “Control PID de procesos autorregulados e integrantes sintonizados con el método lambda”, Perspectivas, vol. 3, no. 1, pp. 43-49, 2021.

[12] R. Barsanti, “Teaching PID Controller Design Using Matlab”, in ASEE Southeast Section Conference, American Society for Engineering Education, The Citadel, United States, 2022.

[13] E. Pruna, E. Sasig, and S. Mullo, “PI and PID controller tuning tool based on the lambda method”, in CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), IEEE, Chile, 2017.


[DETECTION: ROBOT_WOLF / ID: 001] (98%)
[COMPONENT: HEAD
WIRES: TANGLED_CONF_LOW
0.073
25.895
IDLE
BATTERY
CPU_HUB
BOX
43.838
60.735
MOTOR_STATE
WHEEL_FL
WHEEL_RL



Control de Motores de un Robot Móvil Mediante Visión Artificial

Autores:
1st Omar Flores-Sánchez , 2nd Gerardo Texis-Texis, 3rd Alfredo Roldan-Caballero

Resumen: Se implementó un controlador PID para regular la velocidad de los motores implementados en un robot móvil, dicha velocidad es manipulada por gestos manuales, los cuales so para la captura de estos gestos. Mediante visión artificial, es posible generar señales de control.
Escuela: Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Tlaxcala, IPN.
Palabras clave: Control, robot móvil, visión artificial, reconocimiento de gestos.
Disciplina: Ingeniería
Área: Ingeniería

I. Introducción

El desarrollo de robots móviles con capacidades de interacción humana se ha convertido en una prioridad en múltiples áreas de la ingeniería y la tecnología. En particular los sistemas de control que permiten una comunicación intuitiva entre el usuario y el robot, sin necesidad de interfaces físicas convencionales, están cobrando gran relevancia [1]. Dentro de este contexto, mencionamos que el reconocimiento de gestos mediante visión artificial destaca como una herramienta eficaz para la manipulación remota de robots móviles, permitiendo la interpretación de movimientos corporales, lo que habilita el control sin contacto físico [2], [3]. Wameed y Alkamachi, demostraron que es posible establecer comandos robustos a través de simples configuraciones de gestos captados por una cámara simple, logrando una interacción efectiva para cumplir tareas de desplazamiento [4]. Por otro lado, el uso del control proporcional-integral-derivativo (PID) es esencial para regular la velocidad de los

motores a un porcentaje del máximo permitido, es por ello, que sigue siendo una de las estrategias más eficaces y ampliamente implementadas, su aplicación permite regular variables como la velocidad angular de motores, suavizar respuestas dinámicas y minimizar errores frente a perturbaciones externas, especialmente en robots móviles con motores de corriente directa [4], [5]. En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de un sistema de control para un robot móvil, que combina el reconocimiento de gestos manuales captados por una cámara integrada al robot, con un control PID para regular la velocidad de los motores.

II. Justificación

En los avances tecnológicos, los robots móviles han dejado de ser herramientas exclusivas de entornos industriales para incorporarse a aplicaciones cotidianas. Sin embargo, uno de los principales desafíos para su amplia adopción, radica en cómo se interactúa con los usuarios, es decir, los sistemas convencionales de control, como botones físicos o interfaces gráficas pueden ser limitantes y no aptos para su interacción rápida y remota [1]. Ante esto, el reconocimiento de gestos mediante visión artificial se presenta como alternativa prometedora y competente, al permitir una comunicación directa, natural y sin contacto [1]. De esta forma, no es necesario una gran experiencia técnica, e incluso mejora la accesibilidad para personas con capacidades diferentes [2], [4]. Además, el uso de bibliotecas de código abierto como MediaPipe Hands ha mejorado la comunicación en tiempo real y con bajo costo computacional [6]. A pesar del gran potencial en el reconocimiento de gestos, es necesario un control robusto que garantice la respuesta adecuada del robot ante las órdenes recibidas por el usuario, en este sentido el controlador PID es una de las estrategias más efectivas para el control de sistemas dinámicos, especialmente en robots móviles de motores de corriente continua, obteniendo un comportamiento estable [5].

III. Control

Como primer paso, se desarrollaron las ecuaciones y modelos matemáticos que permiten representar el sistema con el control seleccionado. En esta sección se presenta paso a paso el desarrollo de las ecuaciones utilizadas para obtener una representación del sistema.

III-1. Función de transferencia

Para representar un motor de corriente directa, se sigue el diagrama eléctrico de la Fig. 1, en la cual, Ra es la resistencia de arranque, La es la inductancia de arranque, w es la velocidad angular del motor, Ia es la corriente de arranque y v es la energía o voltaje de alimentación del circuito.

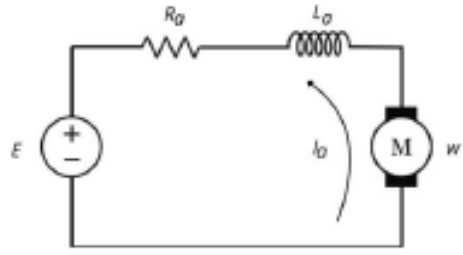


Fig. 1. Diagrama eléctrico de un motor dc.

De la representación anterior, se obtienen la Ecuación (1) y Ecuación (2), las cuales representan la parte eléctrica y la parte mecá nica del sistema respectivamente. En estas, se incluye km, que es la constante del motor, ke, que e s la constante de fuerza contraelectromotriz del motor y b es la fricción viscosa.

$$v = R_a I_a + L_a\left(\frac{dI_a}{dt}\right) + k_e \quad (1)$$

$$J\frac{dw}{dt} = k_m I_a - bw \quad (2)$$

Las anteriores expresiones contienen ecuaciones diferenciales, las cuales, en el dominio de la frecuencia se representan mediante una transformada de Laplace, tal como se puede ver en la Ecuación (3) y (4). Cabe mencionar que en un instante de tiempo 0, los valores w(0) y Ia(0) son 0.

$$v(s) = R_a I_a(s) + L_a\big(sI_a(s) - I_a(0)\big) + k_e w(s) \quad (3)$$

$$J(s(w(s)) - w(o)) = k_m I_a(s) - bw(s) \quad (4)$$

Posteriormente, se despeja Ia(s) en la Ecuación (4), generando así la Ecuación (5), la cual se remplaza en la Ecuación (3), obteniendo así la Ecuación (6), que representa la unión de la parte mecánica del motor dentro de la parte eléctrica.

$$I_a(s) = \frac{J_s + b}{k_m} w(s) \quad (5)$$

$$+\frac{L_a {J_s}^2 + L_a bsw(s)}{k_m} + k_e w(s) \quad (6)$$

Finalmente, de la Ecuación (6) se obtiene un cociente entre w(s) y v(s), obteniendo la Ecuación (7), que es la representación final del motor de corriente directa.

$$G(s) = \frac{w(s)}{v(s)} = \frac{k_m}{L_a + {J_s}^2 + (R_a J + L_a b)s + bR_a + k_m k_e}. \quad (7)$$

III- 2. Control proporcional, integral y derivativo

Un sistema de control Proporcional, Integral y Derivativo (PID) se representa con el diagrama de la Fig. 2. En el cual R(s) es el valor de referencia, e(s) es el error, el bloque C(s) representa el control PID, v(s) es el voltaje de entrada del motor y el valor de salida de la etapa de control, G(s) es la planta o el motor con el que se trabaja, w(s) es la velocidad angular del motor.

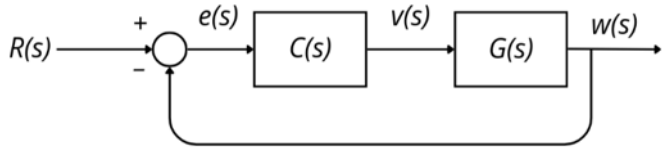


Fig. 2. Diagrama de un control PID.

El sistema de control PID se representa con la Ecuación , en la cual kp es la constante de control proporcional, ki es la constante del control integral y kd es la constante del control diferencial. En la parte integral, se multiplica ki por la integral del error evaluada en el dominio del tiempo, a su vez, en la parte derivativa, se multiplica kd por la derivada del error con respecto del tiempo.

$$v(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(t)dt + k_d \frac{de}{dt} \quad (8)$$

Sin embargo, para evaluar esta ecuación de forma computacional, es necesario discretizarla como se muestra en la Ecuación (9). Dentro de esta, se utiliza el método de suma de trapecios para la parte integral, haciendo uso de la constante ω la cual indica el tiempo de muestreo.

Por su parte, la derivada se obtiene mediante aproximación a la derivada con Euler

$$V(n) \approx k_p e(n) + k_i \sum_{i=1}^{n} \frac{e(i) + e(i-1)}{2}$$

$$+k_d \frac{e(n) - e(n-1)}{\tau} \quad (9)$$

La Ecuación (9) involucra una sumatoria, la cual a nivel computacional supone un coste el cual se irá incrementando con el tiempo, para ello, se representa el mismo sistema por medio de la Ecuación (10), en la cual se consideran los errores de iteraciones anteriores como parte del cálculo de V(n).

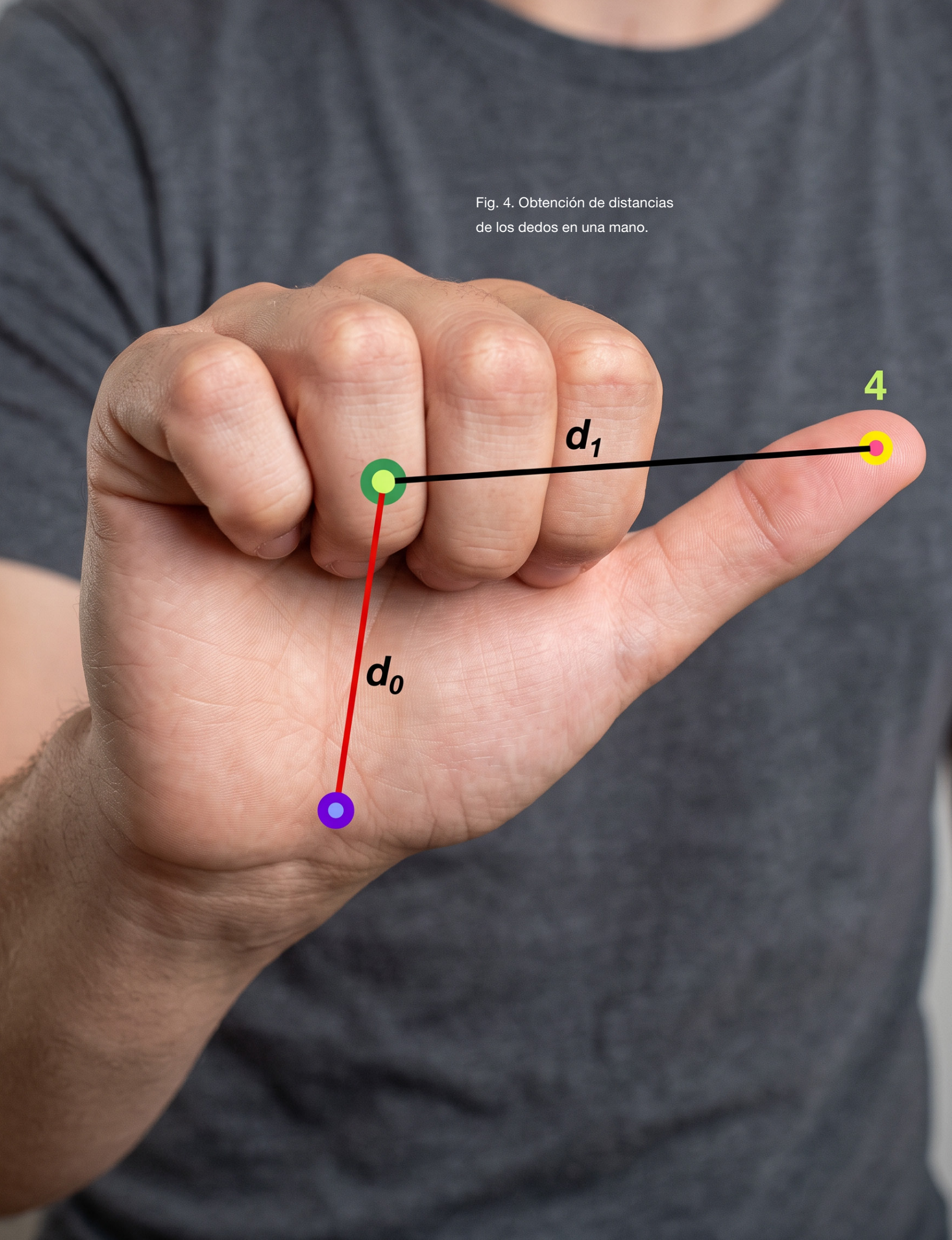
$$V(n) = \frac{k_d}{\tau} e(n-2) + \left(-\frac{2k_p}{\tau} - k_p + \frac{k_i}{2}\tau\right) e(n-1) + \left(k_p + \frac{k_i}{2}\tau + \frac{k_d}{\tau}\right) e(n) + V(n-1) \quad (10)$$

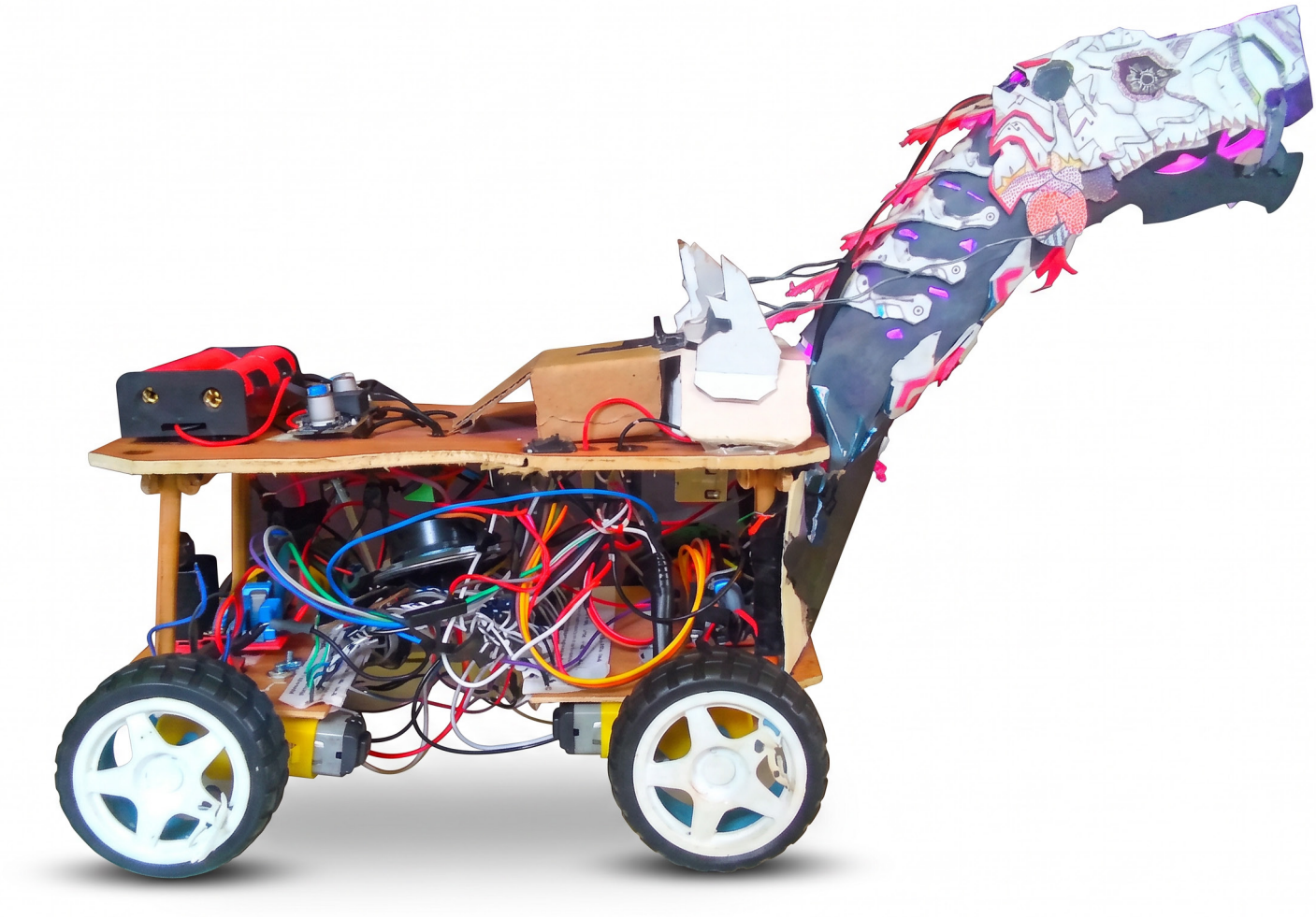
Considerando que el sistema está integrado en un robot cuyo desplazamiento se pretende sea en todo momento lineal, se hace una transformación de la velocidad angular a velocidad lineal, la cual se presenta en la Ecuación (11). Para esto se considera un promedio de la velocidad angular a la que se mueven los motores izquierdos y derechos, tanto de la parte trasera como delantera del robot.



Fig. 3. Gestos manuales con sus comandos asociados.

Fig. 4. Obtención de distancias de los dedos en una mano.





$$v = \frac{w_{l1} + w_{r1} + w_{l2} + w_{r2}}{4} \quad (11)$$

IV. Visión Artificial

Para obtener las velocidades de referencia para el control de la velocidad de los motores se utilizó visión artificial. En este proceso se propuso el uso de gestos manuales captados por una videocámara, de este modo, la referencia del control se ajustaría según el gesto reconocido.

El sistema desarrollado constó en su totalidad de 5 gestos distintos, los cuales se asociaron con 5 comandos para el robot, de los cuales, el levantar el dedo índice fue asociado para establecer la velocidad al a 30 rad/s, asimismo, el dedo índice y medio levantados se le asoció con una velocidad del 60 rad/s.

Se desarrolló una aplicación que hace uso de la biblioteca de código abierto MediaPipe Hands, la cual genera puntos característicos en imágenes de manos, utilizados para desarrollar el algoritmo que hace el reconocimiento de cinco gestos propuestos: Mano abierta, dedo índice levantado,

Se desarrolló una aplicación que hace uso de la biblioteca de código abierto MediaPipe Hands, la cual genera puntos característicos en imágenes de manos, utilizados para desarrollar el algoritmo que hace el reconocimiento de cinco gestos propuestos: Mano abierta, dedo índice levantado, dedos índices y medio levantados, dedos meñiques y pulgares y ningún dedo levantado. En la Fig. 3 se presentan las distintas funcionalidades del robot a las que se le asocia cada gesto. Cabe mencionar que el proceso para el reconocimiento de cada gesto se basó en la identificación de la combinación de distintos dedos levantados en una mano.

Para determinar si un dedo está o no levantado, se obtiene la distancia de la yema de cada dedo con un centroide en la palma de la mano; posteriormente, dependiendo de si esta distancia sobrepasa o no un determinado umbral, se considera un dedo levantado o abajo. En el proceso, se calcula la distancia Manhattan entre el punto de referencia 0 y el punto en el centro de la mano para medir la cercanía, de esta forma se obtiene un valor d0. Asimismo, se obtiene la distancia de cada yema de los dedos al centro de la mano, generando así las distancias d1, d2, d3, d4 y d5 respectivamente para cada dedo. En la Fig. 4 se observa cómo se realizó la obtención de distancias para el dedo pulgar.

Cabe mencionar que el proceso mencionado para obtener las distancias de cada dedo al centro de la mano y determinar si el dedo respectivo está levantado, se realiza en cada imagen que se captura, de este modo, se garantiza que se reconozca cada uno de los gestos mencionados anteriormente.

V. Desarrollo del Robot

Para la construcción del robot, se utilizaron componentes electrónicos descritos en la Tabla 1, así como la cantidad utilizada de cada uno, el voltaje de alimentación necesario, y el papel que cumplen dentro del robot.

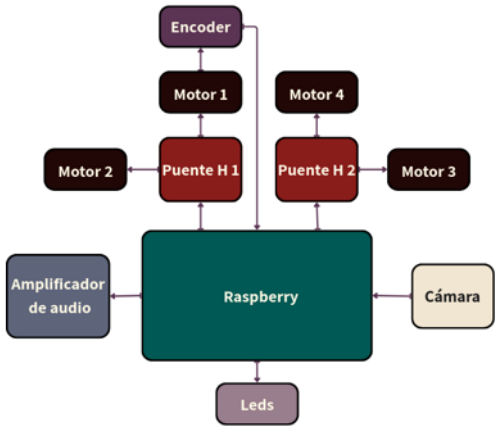


Fig. 5. Conexiones entre componentes electrónicos.

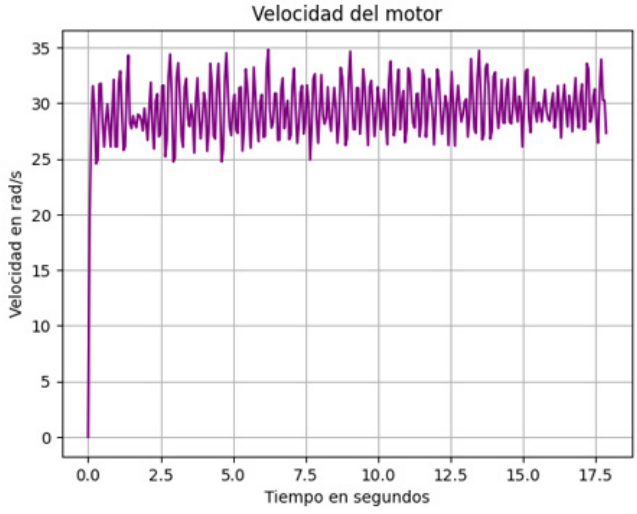


Fig. 6. Gráfica de velocidad de los motores con PID.

Tabla 1.Componentes del Robot

Componente	Cantidad	Alimentación	Función
Raspberri Pi 3B+	1	5.1Vcc	Controlar el robot
Motores DC	4	5Vcc (3Vcc- 9Vcc)	Dotar de movimiento al robot
Modulo L298	2	8Vcc (5Vcc- 12Vcc)	Controlar los motores
Encoder HW-040	1	3.3Vcc	Obtener lectura de la velocidad de los motores

Circuito amplificador de audio	1	3Vcc-9Vcc	Amplificar audio de la Raspberry
Leds rosas	2	1.5Vcc	Emitir luz
Leds RGB	1	4.5Vcc	Indicar cambio de estado
Modulo LM2595	1	7Vcc-12Vcc	Alimentar al robot

En consideración con los voltajes mencionados en la tabla anterior, se optó por incluir las siguientes fuentes de alimentación a los componentes utilizados: 2 Baterías de Litio de 4Vcc, reguladas a 5.1Vcc para alimentar la Raspberry, cámaras, encoder y leds conectados, y 2 Baterías de Litio de 4Vcc para alimentar los motores y el amplificador de audio. La conexión entre los módulos de los motores con la Raspberry se observa en la Fig. 5.

VI. Resultados

VI. 1. Control PID

Conforme a las ecuaciones realizadas en la sección del control, se inició regulando la velocidad de un motor dc, el cual fue alimentado con un voltaje de 8Vcc. El propósito fue regular la velocidad de cuatro motores de modo que se movieran a una velocidad de 30 rad/s. Para esto, se toma en cuenta que cada uno de los motores utilizados se mueven a aproximadamente a 60 rad/s con un pwm del 100%, esto basándonos en las especificaciones del fabricante del encoder HY-040 o sensor de velocidad utilizado.

El proceso para encontrar los valores de kp, ki y kd fue iterativo, de modo que se observó la respuesta del motor ante los distintos valores. Se partió considerando que el valor de kp inicia en 1, y los valores ki y kd en 0. Con esto, se aumenta paulatinamente con tal de lograr valores que se acerquen a la referencia deseada. Posterior a ello ki y kd se aumentan, logrando que la señal se estabilice más rápido y reduzca oscilaciones, respectivamente para estas variables. Finalmente, se consideraron kp=1.6, ki=0.2 y kd=0.007. Con estos valores, se obtuvo una respuesta de la velocidad que se observa en la Fig. 6.

La gráfica anterior muestra un comportamiento estable de la velocidad angular prácticamente al instante de iniciar el proceso. Sin embargo, se demuestra existencia de ruido en la regulación de la velocidad angular del motor. Lo anterior, puede deberse a factores físicos como el enconder, ya que al trabajar a 20 pulsos por revolución llega a tener una resolución limitada, no obstante, para el presente trabajo se considera suficiente, ya que solamente se pretende llegar a un estimado de la velocidad media de los motores para mover al robot.

El inicio de la etapa de control en los motores fue posteriormente vinculado para ser iniciada mediante un gesto manual, el cual es reconocido por visión artificial.

VI. 2. Reconocimiento de gestos manuales

Se puso a prueba el sistema en un ambiente bajo techo y contando con luz de día, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 2, los cuales validan al sistema respecto al reconociendo de gestos manuales, así como la asociación de estos con los cambios de velocidad de los motores. De igual forma, se muestran los resultados obtenidos de los distintos gestos realizados, con las funcionalidades del robot a las que se le asocia y el tiempo transcurrido en que se detectaron, asimismo se muestra el tiempo en que se estabiliza la velocidad de aquellos gestos que la modifican.

Tabla 2. Resultado del reconocimiento de gestos manuales

Gesto	Acción realizada	Tiempo transcurrido en detectarse	Tiempo transcurrido para estabilizar velocidad
Dedo índice	Motores funcionando al 50% de su velocidad total	2.56s	0.545
Dedo índice y medio levantados	Motores funcionando al 100% de su velocidad total	1.28s	0.98s
Mano abierta	Motores se detienen	1.38s	Desde 60 rad/seg: 1.6s Desde 30 rad/seg: =Os
Puño	Se activa un sonido	1.39s	No se modifica la velocidad
Pulgar y meñique levantados	Se activa un sonido	1.20S	No se modifica la velocidad

VI. 3. Construcción del robot

Tomando en cuenta lo anterior la lista de componentes de la Tabla 1, se desarrolló el robot que se observa en la Fig. 7.

VII. Conclusiones

Fue posible desarrollar un robot móvil en el cual se pudieron integrar las partes tanto de control, como la parte de la programación con visión artificial. La etapa de control resultó útil para el fin que se tenía, puesto que se logró obtener una de velocidad de 30 rad/s. Por su parte, la visión artificial fue correctamente vinculada al con el robot, para así iniciar el proceso del control de la velocidad mediante el reconocimiento de cada gesto realizado.

Como trabajo futuro se pretende estabilizar el comportamiento de la gráfica de velocidad angular, esto por medio de programación que permita cubrir las fallas físicas producidas por el sensor de velocidad de los motores. Así mismo, se pretende agregar una variable de control para cada rueda, con el fin de comparar el comportamiento de los motores individualmente y en conjunto. Este trabajo demuestra que el realizar tareas de control de hardware mediante técnicas intuitivas de interacción humano máquina como son el reconocimiento de gestos es una idea posible y factible, y la cual abona a un campo de estudios creciente y cada vez más escalable en distintas industrias de la sociedad actual.

Referencias

[1] M.Isotupa Cañizal, Interacción entre personas y robots aéreos mediante técnicas de visión artificial, Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid, 2024.

[2] J. A. Pajuelo Martín, Reconocimiento en tiempo real de gestos manuales a partir de vídeos capturados con cámara de profundidad, Proyecto de Fin de Carrera, Universidad Autónoma de Madrid, 2010.

[3] M. Wameed y A. M. Alkamachi, “Hand gestures robotic control based on computer vision,” International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, vol. 11, no. 2, pp. 1013–1021, 2023. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.18201/ijisae.2023.11.2.1287. [Accedido: 28 de mayo de 2025].

[4] G. Sajuana, “Control embebido de robots móviles con recursos limitados basado en flujo óptico,” Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, vol. 8, no. 3, pp. 250–257, 2011. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.riai.2011.06.012. [Accedido: 28 de mayo de 2025].

[5] H. Bonifacio-Trujillo, E. Yime-Rodríguez y J. Roldán-McKinley, “Comandos de movimiento de un robot Delta por medio de gestos manuales,” Prospectiva, vol. 21, no. 1, pp. 113–124, 2023. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.15665/rp.v21i1.2979. [Accedido: 28 de mayo de 2025].

[6] J. Zamora Esquivel, J. R. Camacho Pérez, C. Vargas Jesús Adán, P. López Meyer y H. Cordourier Maruri, “Acceso automático por video detección de gestos manuales utilizando técnicas eficientes de segmentación dinámica de color de piel,” Research in Computing Science, vol. 148, no. 7, pp. 469–476, 2019.

Nosotros + Marketing + AI

https://perrodigital.com/

Tu growth partner
en Marketing que vende
y ventas que crecen!

perro digital

Atendemos solo a DIEZ socios de negocio para darte enfoque y exclusividad.

Gestión de Google Ads (setup)
SEO (Auditoría)
SEO (Mensual)
Manejo de Redes Sociales (Mensual)
Google Mi Negocio (Optimización Inicial)
Google Mi Negocio (Mensual)
Diseño Web (Landing Page)
Diseño Web (Sitio Corporativo)
Diseño Web (Ecommerce)
Creación y edición de video
Foto profesional
Branding y diseño de información



Somos especialistas en Marketing Digital

+52 55.31.92.43.47



Fotografía y Video: Dr. Jorge Eduardo Salgado

Entrevista con el Dr. Fernando Osorio Santos

Por Andrea Dominguez

El Dr. Fernando Osorio Santos es licenciado y máster en Informática por la UFRGS (1988 y 1991) y doctor por el INP-UGA y la ENSIMAG en Francia (Grenoble, INP-G/IMAG, 1998) en «Sistemas inteligentes híbridos neuro simbólicos». Investigador y profesor desde 1998 en la Universidad Unisinos y, desde 2008, en el ICMC, USP São Carlos, donde imparte clases y supervisa programas de grado y posgrado. Coordina el Laboratorio LRM-ICMC/USP. (Laboratorio de Robótica Móvil) y forma parte del equipo que desarrolló el primer coche autónomo (sin conductor) de la USP en 2010 (actualmente en la cuarta generación de vehículos autónomos de la USP). Es miembro e investigador del Centro de Robótica (CRob-USP/SC) y del Centro de Inteligencia Artificial (C4AI/USP), en colaboración con IBM y FAPESP. Miembro de las sociedades IEEE, ACM y SBC e investigador y miembro del Consejo Ejecutivo del Centro de Inteligencia Artificial (C4AI - USP). Tiene dos patentes en el INPI (Brasil), ha publicado 32 artículos en revistas especializadas, más de 170 trabajos en actas de congresos y es autor u organizador de más de 15 capítulos de libros. Ha supervisado y graduado a 30 estudiantes en programas de posgrado, incluyendo maestrías, doctorados y posdoctorados. Sus principales intereses de investigación son la inteligencia artificial, los sistemas inteligentes, las redes neuronales, el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, la visión por ordenador, la robótica autónoma y los vehículos inteligentes.

Andrea: ¿Cuáles son los mayores retos en la integración de la movilidad autónoma con la infraestructura urbana actual en América Latina? ¿Cuáles son los mayores retos para los vehículos autónomos e inteligentes en América Latina?

Dr. Fernando Osório S: Aumentar la seguridad es lo primero, no es tan importante tener vehículos autónomos sin conductor. Lo que nosotros queremos es más seguridad, menos problemas de accidentes y de riesgos a los humanos, la seguridad siempre está primero. Ya que en las ciudades de América Latina tenemos muchos riesgos. En Brasil tenemos muchas personas con motocicletas que hacen entregas y tienen muchos accidentes con los carros. Pienso que se pueden hacer muchas cosas buenas que no son tan caras, ni tan costosas que pueden preservar la vida humana y más seguridad. Se puede hacer una detección de riesgos de colisión, con toda la tecnología que tenemos, que no es tan cara, ni difícil de hacer, al igual que en los países de América Latina.
Yo trabajo en la investigación y desarrollo de carros autónomos. Es un reto para la universidad, y sabemos que no es una cosa que vamos a llegar a hacer ahora, es más para el futuro.

Andrea: ¿Por qué un estudiante debería meterse en este mercado? ¿Cuál es la principal razón para entrar a la investigación de la movilidad autónoma.

Dr. Fernando Osório S: Porque un estudiante debe de decidir estudiar esto, si ya existen compañías muy grandes que hacen esto en Europa, Estados Unidos y Asia. Pienso que se tiene que hacer porque hay una diferencia en las carreteras y toda la infraestructura que tenemos en América Latina a diferencia de lo que hay en Europa, en Estados Unidos y Japón. Entonces, hay que hacer una adaptación de la realidad de estos países, que tienen sistemas que son muy avanzados. Por ejemplo, en Brasil tenemos vehículos que están preparados para la nieve y no hay nieve en Brasil, ¿no? como en Europa. Entonces, tenemos una relación muy fuerte con Francia y Alemania en colaboración para hacer la adaptación de los vehículos que vienen de allá, y esto representa empleos. Se tienen que hacer cosas en Brasil para los vehículos que vienen de Alemania, de BMW, Audi, Mercedes etc. Al mismo tiempo las grandes empresas tienen la necesidad de personas que estén bien preparadas para el desarrollo, un desarrollo que está muy ligado a la realidad de América Latina. Estos vehículos tienen muchos sensores, muchas cosas muy sofisticadas, que hay que mantener, para hacer el mantenimiento, hay que entender cómo funciona. Hoy tenemos mecánicos que hacen el servicio en todos los carros más viejos y en los nuevos, ¿Cómo se hace? Entonces, hay muchas oportunidades, muchas oportunidades que pueden tener los estudiantes que hagan tanto el desarrollo técnico, pero también el científico. Nosotros hacemos esto en Brasil porque tenemos un vehículo autónomo desde 2015, 2012. Antes, no se hablaba mucho de vehículos con movilidad autónoma nosotros lo hicimos, lo hicimos en colaboración con grandes empresas, también con un camión autónomo en colaboración con Screen, en Brasil, en México, en toda América Latina, hay que desarrollar tecnología, porque la tecnología es una manera de ganar más, de invertir en nuevos empleos, impacta el desarrollo de la sociedad y la seguridad con las condiciones locales. Entonces, es muy importante, que los estudiantes puedan reconocer la importancia que tiene el desarrollo de las tecnologías de movilidad autónoma, urbana e inteligente, no solo autónoma.

Andrea: Estos autos que ya existen, este auto que ya existe en Brasil, son algoritmos propios, patentados?

Dr. Fernando Osório S: Tenemos patentes y registros de los softwares de desarrollos en Brasil. Tenemos algunos, pero en Brasil trabajamos mucho con software libre. Esto es muy importante porque no tenemos cómo competir con las grandes compañías, los grandes fabricantes. Si el desarrollo se hace de manera abierta, se puede contribuir más por la sociedad, más que un producto con una patente que otros no van a poder pagar.Es conocido que los chinos miran las patentes y hacen productos copiados, algunos, no todos, no estoy hablando de todos los productos chinos, pero algunos son copias de productos con patente. Y qué pasa con las patentes? hasta que usted haga un proceso contra las empresas para que haya una restitución de valores, la empresa se cierra y usted no gana nada. Entonces, ¿por qué hacer una patente? al colocar la patente pública todos tienen acceso a lo que se está haciendo. Yo tengo dos patentes.

Andrea: ¿De qué son sus patentes?

Dr. Fernando Osório S: Son de automatización, no son específicamente

de vehículos, pero trabajo con sensores. Tengo una patente de un dispensador médico. Es un aparato que se usa para los adultos mayores. El dispensador les avisa, si se tendrá que hacer un tratamiento con medicación, y si está correcta la hora y el día. Todo esto con sensores que pueden hacer un seguimiento del uso del medicamento para saber si una persona con Alzheimer está utilizando correctamente el medicamento. Utilizamos muchos sensores que son de vehículos, pero para hacer una alarma de invasión de espacio, como en los vehículos. Al hacer la percepción de todo el entorno de la escena. Con un dispositivo móvil, que se puede colgar en una mesa, en donde quieras, dentro del carro, en la casa, sin hacer una instalación. Con esto se hace mapeamos de toda la escena. Y si alguna cosa cambia, hay un alarma que envía un mensaje. Entonces es muy útil porque si estoy en una casa que no es mi casa, yo pongo el dispositivo y tengo un alarma sin hacer una instalación, sin filo, sin majari, eh se hace el alarme con las tecnologías de los sensores que utilizamos en la automación de vehículos y de otros de otros dispositivos.

Andrea: En el tema de movilidad en las ciudades, ustedes también han investigado el tema de ciberseguridad en estos vehículos autónomos.

Dr. Fernando Osório S: La cuestión de la ciberseguridad en vehículos autónomos, en vehículos inteligentes, en todos los vehículos es un gran problema. En nuestro laboratorio tenemos una colaboración con un laboratorio que trabaja con seguridad. En la comunicación con los vehículos y la comunicación con los drones, hay muchos aspectos que son muy importantes en las cuestiones de ciberseguridad, porque un vehículo puede servir como un arma. Hay muchos vehículos que son utilizados más en Europa y otros países para cometer atentados contra las personas con camiones, como lo sucedido en Múnich. Pocos días después sucedió con un camión en una feria local con muchas personas heridas y muertas. Entonces, sí hay maneras, con un vehículo autónomo sin motorista, de detener el control en cuestiones como estas. Nosotros queremos evitar, queremos hacer cosas para que no existan problemas de seguridad en situaciones como estas.

Andrea: Qué han contemplado para el manejo de los residuos de pilas, de baterías. han contemplado esa parte de la parte ecológica.

Dr. Fernando Osório S: Sí, la parte ecológica en los vehículos modernos más actuales es muy importante. Los vehículos eléctricos, los vehículos híbridos son una tecnología que es más interesante, más sustentable que los vehículos con combustibles fósiles. Esto es cierto, pero no es muy fácil hacer un cambio muy rápido de todo esto. En Brasil tenemos el combustible de etanol alcohol, entonces podemos hacer un combustible que es renovable, es más eh más correcto que la utilización de combustibles con más emisiones de de gases de efecto invernadero. Tenemos vehículos eléctricos. Nuestro primer carro autónomo prototipo, fue un vehículo eléctrico. Entonces entendemos todo lo que está asociado a la tecnología de las baterías de litio y otras. Uilizamos la tecnología de las baterías eléctricas para todo esto. En la universidad tenemos un centro de investigación en tecnologías limpias y de electricidad.

Andrea: ¿Qué mensaje le gustaría agregar?

Dr. Fernando Osório S: Sí este mensaje es para los estudiantes. Tenemos que hacer que los estudiantes tengan más interés en la universidad, en el estudio y en la producción de nuevas tecnologías y nuevos empleos.Tengo muchos estudiantes que hicieron startups y que están muy bien. Una de las startups es la empresa Tractian , que es una empresa brasileña de un estudiante que ha trabajado conmigo, fue fundada en 2019 y tiene representación en México y Estados Unidos, ésta startup tiene una valuación aproximada de un billón de dólares, desarrolla sensores industriales con IA para mantenimiento predictivo.
Tenemos que hacer que los estudiantes tengan la idea de que sí es posible. Sí, podemos, como decía un presidente, sí se puede, se pueden hacer cosas increíbles, se puede hacer una empresa que en 7 años pase de cero con la pandemia de COVID hasta un billón de dólares con representación en Brasil, San Pablo, en Ciudad de México, y en Austin, Texas. Y que trabaja cosas con inteligencia artificial, sensores, tecnología que se utiliza en robótica, automatización etc. Entonces, ¿es posible? Sí, es posible. La persona que es el director general, CEO de Tractian es una persona que ha creado muchos empleos, muchos. Todos los otros estudiantes que estaban al mismo tiempo en la universidad son contratados, están trabajando ahí y muchos otros trabajaron conmigo.
Al generar empleos, hay más riqueza, Muchas cosas que tenemos vienen de los Estados Unidos, o de otros países. Entonces,un producto brasileño hecho en Brasil, o hecho en México ayuda más a nuestras economías locales. Tenemos que hacer esto, porque es una cuestión de equilibrar un poco las fuerzas. Compramos muchas cosas, muchos procesadores, computadoras, teléfonos de otros países, pero también podemos hacer nuestros productos con más empleos, empleos siempre, empleos con más calidad. Esto es lo más importante. Es por eso que tenemos que estudiar, trabajar, hacer ciencia, tecnología, e invertir en la ciencia y tecnología para hacer más daños, porque todo lo que inviertes en tecnología se vuelve a favor de la sociedad siempre.
Muy bien. Muchas gracias.

Referencias

(1) Currículo Lattes:
Osório, F. S. (s.f.). Currículo Lattes. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Recuperado el 23 de septiembre de 2026, de http://lattes.cnpq.br/7396818382676736

Página institucional ICMC-USP:
Osório, F. S. (s.f.). Prof. Dr. Fernando Osório: Homepage. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo. Recuperado el 23 de septiembre de 2026, de https://sites.icmc.usp.br/fosorio/fosorio-en.html

Perfil FAPESP:
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. (s.f.). Fernando Santos Osório [Perfil de investigador]. Recuperado el 23 de septiembre de 2026, de https://bv.fapesp.br/en/pesquisador/92886/URL

Academia.edu:
Osório, F. S. (s.f.). Fernando Santos Osório [Perfil académico]. Academia.edu. Recuperado el 23 de septiembre de 2026, de https://fflch.academia.edu/FernandoSantosOsório

MedinaMazari

+ 52 55.31.92.43.47
ventas@medinamazari.com

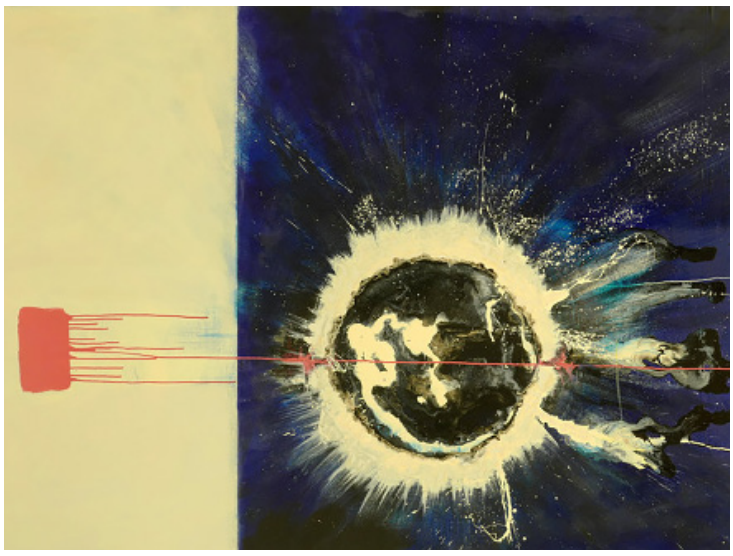
Arte y espiritualidad en conexión humana. Venta de arte online



Jorge Salgado I *Entrega,* 2007 I Giclée 90 x 120 cm, 35’ x 47’



Ricardo Salcido I *Feudo*, 2020 I
Óleo sobre tela, 100 x 80 cm
Oil on canvas, 39’ x 31’



Alejandro Lopart
Realising a Legend, 2016
Acrílico sobre madera 122 x 183 cm
Acrylic on Wood, 4’ x 6’



Figura 1: El dron agrícola EFT G410 rociando agua durante un vuelo.



Aprendiendo de los datos ¿Cuánto líquido suelta un dron fumigador?

Autores:
Isay O. Huicochea-Rios, Jarniel García-Morales, Marisol Cervantes-Bobadilla, Jesus A. Vazquez Trejo, Arturo D. Espinosa Pedroza, Manuel Adam-Medina.

Resumen: Los drones agrícolas que fumigan cultivos tienen una particularidad. Pierden peso mientras vuelan, porque van vaciando el líquido de su tanque sobre un cultivo. Saber cuánto líquido han soltado en cada momento sirve tanto para dosificar bien el producto como para que el dron conozca su peso, el cual cambia durante la misión y afecta su forma de volar. En este trabajo medimos la señal que controla la bomba de un dron fumigador y, en lugar de deducir su comportamiento con ecuaciones de física, hicimos que los datos nos lo enseñaran. Comparamos tres formas de construir un modelo que replique el comportamiento de vaciado del tanque a partir de mediciones y encontramos que la que recuerda lo que acaba de pasar, llamada NARX, reproduce el flujo de salida con un error cercano al 1 %, contra alrededor de 10% de las otras dos.

Palabras clave: Drones, agricultura de precisión, fumigación, modelado a partir de datos, NARX

Escuela: Depto. de Ingeniería Electrónica CENIDET Cuernavaca, México.

Figura 2: El dron en tierra. Al centro, el tanque blanco de 10 L; bajo los brazos se alcanzan a ver las mangueras y las boquillas por donde sale el líquido.



I. Drones Agrícolas

Hace no mucho, los drones eran sobre todo herramientas militares. Hoy los vemos repartiendo paquetes, inspeccionando zonas de desastre, buscando personas extraviadas y, cada vez más, trabajando en el campo. En la agricultura, los drones multirrotor (los que tienen varias hélices) se usan para rociar fertilizantes y plaguicidas sobre los cultivos [1]. Cargan un tanque, vuelan sobre el cultivo y una bomba va expulsando el líquido a través de boquillas colocadas bajo sus brazos, como se ve en la Fig. 1.

La mayoría de los drones vuelan con una carga fija: una cámara, un paquete o un sensor que pesa lo mismo al despegar que al aterrizar. Un dron fumigador no. El que usamos en este trabajo carga hasta 10 L, unos 10 kg si se trata de agua, y los va perdiendo durante el vuelo. Para el piloto automático del dron (controlador), que corrige su posición e inclinación muchas veces por segundo, esto importa. Si el piloto automático supone que el dron pesa lo mismo que al despegar, sus correcciones se van desajustando conforme el tanque se vacía.Saber cuánto líquido ha salido, y por lo tanto cuánta masa ha perdido el dron, nos sirve para aplicar la cantidad correcta de producto al cultivo y ayudar al dron a volar con mayor precisión. Otros investigadores ya han estudiado el tanque de estos drones, pero casi siempre como una molestia, porque además de que el dron pierde peso, el líquido se agita y desestabiliza el vuelo [2].

Lo que nosotros proponemos es analizar el sistema de descarga del tanque a partir de datos medidos directamente en el dron, es decir, registrar la orden que se le da a la bomba y el flujo de líquido que realmente sale, y con ellos construir un modelo que nos diga, en cada momento, cuánto líquido ha perdido el tanque.

II. ¿Por qué no usar solo Física?

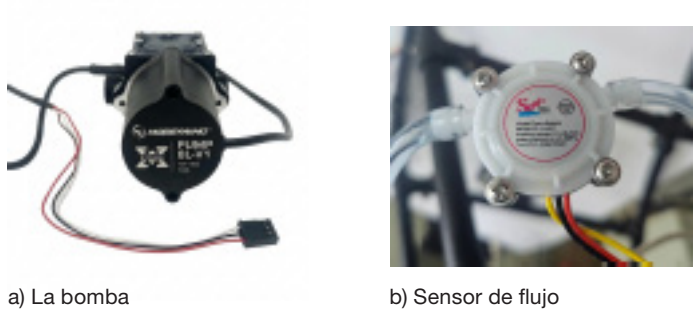
Describir el comportamiento del tanque basándonos en leyes de la física puede bastar para algunos propósitos. Sin embargo, en la práctica, el sistema completo (bomba, man-

gueras, boquillas y sensor) tiene demasiados detalles difíciles de medir, como la eficiencia real de la bomba, las pérdidas en las mangueras, cómo cambia la succión conforme baja el nivel del tanque, etcétera. Para este tipo de casos suele usarse un enfoque llamado identificación de sistemas, que consiste en replicar el comportamiento de un sistema a partir de mediciones de lo que entra y lo que sale. En este caso funciona como una caja negra. En otras palabras, no nos preocupamos por lo que pasa adentro; le damos al sistema distintas entradas, medimos lo que sale y le pedimos a la computadora que encuentre una fórmula que conecte unas con otras. Es parecido a cuando usamos un microondas nuevo, no sabemos cómo funciona por dentro, pero después de calentar unas cuantas veces la comida aprendemos cuántos minutos necesita cada plato. Este tipo de modelos ya se ha usado para describir el vuelo de los drones y el comportamiento de algunas de sus partes, como los motores y las hélices [3], [4], pero hasta donde sabemos no se había aplicado al sistema de descarga de un dron fumigador.

III. Vaciado del tanque

Trabajamos con un dron agrícola comercial, el EFT G410, de cuatro brazos con dos hélices cada uno y un tanque de 10 L montado al centro (Fig. 2). Del tanque sale una manguera hacia la bomba, y de ahí el líquido se reparte por mangueras más delgadas que corren por los brazos hasta las boquillas.

El sistema de fumigación tiene tres piezas principales. La primera es una bomba eléctrica Hobbywing (Fig. 3a), que empuja el líquido fuera del tanque. La segunda es el circuito que la controla, que recibe la orden de la computadora de vuelo y decide qué tan rápido gira la bomba. La tercera es un sensor de flujo, el YF-S401 (Fig. 3b), que se coloca en la manguera y tiene en su interior una turbina. Cada vez que la turbina da una



a) La bomba b) Sensor de flujo

Figura 3: La bomba que extrae el líquido del tanque y el sensor de flujo que usamos para medir cuánto sale.

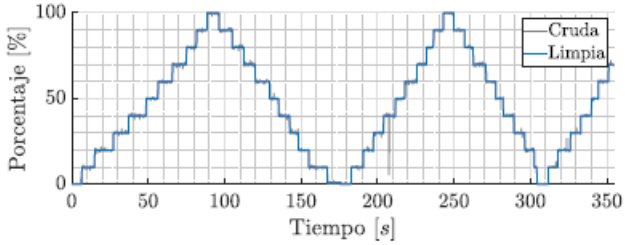


Figura 4: Esquema del sistema de fumigación, con la orden que recibe la bomba y el sensor que mide el líquido que sale.

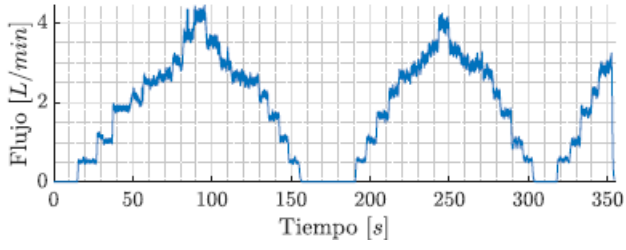


(a) El dron colgado de la grúa (b) Peso durante el vaciado

Figura 5: Montaje de la prueba, con el dron colgado de la grúa y la báscula midiendo su peso.



(a) La orden enviada a la bomba (qué tan fuerte trabaja), antes y después de limpiar la señal.



(b) El flujo de líquido que salió, en litros por minuto.

Figura 6: Lo que entra y lo que sale del sistema durante la prueba.

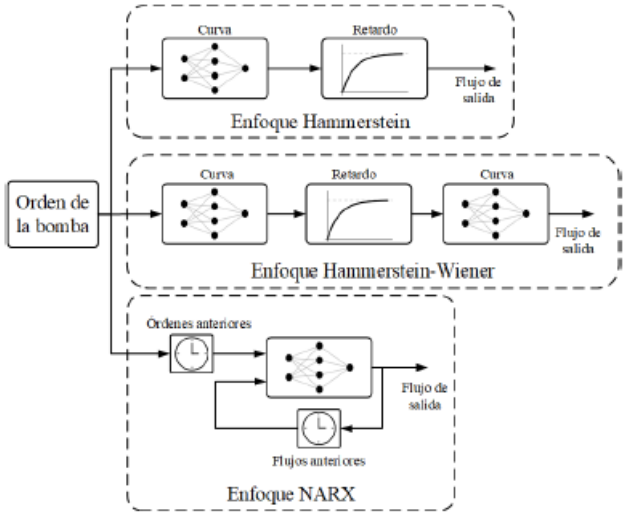


Figura 7: Las tres estructuras de modelo que comparamos: NARX, Hammerstein y Hammerstein-Wiener.

Modelo	Error promedio (%)	Error típico (L/min)
NARX	1.2	0.024
Hammerstein	10.6	0.178
Hammerstein-Wiener	10.5	0.179

Tabla I: ¿Qué tanto se equivoca cada modelo?

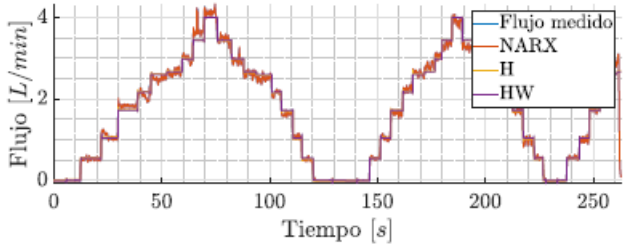


Figura 8: El flujo medido comparado con lo que predijo cada modelo. La curva del NARX casi no se distingue de la medición.

vuelta, el sensor manda un pulso eléctrico; mientras más líquido pasa, más rápido gira y más pulsos envía. Contando esos pulsos sabemos cuánto líquido está saliendo. (a) Bomba (b) Sensor de flujo. La Fig. 4 muestra cómo se conectan estas piezas.

El primer obstáculo fue que el fabricante no permite leer lo que pasa dentro de la computadora que controla todo el dron. Así que construimos nuestro propio sistema de medición con una tarjeta electrónica (un microcontrolador ESP32-S3) que medía en paralelo la orden enviada a la bomba y los pulsos del sensor de flujo. Registró ambas mil veces por segundo. La prueba se hizo en tierra, sin que el dron volara. Lo colgamos de una grúa de taller con una báscula digital (Fig. 5), de modo que la bomba trabajara igual que en una misión real mientras nosotros podíamos ver, en la pantalla de la báscula, cómo el dron se iba aligerando conforme el tanque se vaciaba. Sobre el dron va montado el microcontrolador con sus cables conectados a la bomba y al sensor. La orden de la bomba es una señal eléctrica que indica qué tan fuerte debe trabajar, de 0% (apagada) a 100% (máxima potencia). Para conocer bien su comportamiento hay que probarla en todo su rango. Por eso la hicimos subir poco a poco, hasta llegar al máximo, y luego bajar de la misma forma, como una pirámide (Fig. 6a). La prueba empezó con el tanque lleno y terminó cuando dejó de salir líquido. Los datos medidos casi nunca están listos para usarse. La señal de la bomba tenía lecturas erróneas, picos que no correspondían a nada real, los cuales fueron eliminados usando un filtro que reemplaza cada dato por el valor de en medio de sus vecinos. Los pulsos del sensor los convertimos en litros por minuto usando su dato de calibración (98 pulsos por litro) y suavizamos el resultado. En la Fig. 6 se ve cómo la señal limpia conserva la forma de pirámide sin el ruido.

IV. Tres Formas de describir el vaciado del tanque. Con los datos listos, probamos tres maneras distintas de construir el modelo (Fig. 7). Las tres usan una red neuronal artificial (un conjunto de operaciones matemáticas que pueden ajustarse para imitar casi cualquier curva), pero la acomodan de forma diferente según dónde está la complicación del sistema.

IV-A. Hammerstein.

Una bomba no responde de forma proporcional a la orden que recibe. Con órdenes muy pequeñas ni siquiera arranca (zona muerta), y cerca del máximo ya no puede dar más aunque se le pida. El modelo Hammerstein supone que toda la complicación está ahí: primero traduce la orden mediante una curva fija y después aplica un retardo suave, parecido a lo que tarda el agua en recorrer una manguera.

IV-B. Hammerstein-Wiener.
Según su fabricante, el sensor de flujo es confiable en un rango de entre 0.3 y 6 litros por minuto. Cuando el flujo es muy pequeño, al final del vaciado, podría medir de forma imprecisa. Este modelo añade una segunda curva al final para corregir ese posible defecto del sensor. *IV-C. NARX*
Conforme el tanque se vacía, la bomba tiene que succionar el líquido desde más abajo, así que la misma orden no siempre produce el mismo flujo. Una curva fija no puede representar eso. El modelo NARX (siglas de modelo no lineal autorregresivo con entrada externa) estima el flujo de este instante a partir de la orden de la bomba y también de cuánto líquido estaba saliendo en los instantes anteriores. Es parecido a conducir en una curva, donde lo que pasará en el siguiente segundo depende tanto del volante como de la velocidad que ya llevas.

V. ¿QUÉ ENCONTRAMOS? Para comparar los modelos les dimos la misma orden que usamos en la prueba y revisamos qué tanto se parecía el flujo estimado al flujo que realmente medimos. La Tabla I resume los resultados con dos medidas: el error promedio en porcentaje y el error típico en litros por minuto. El modelo NARX ganó con amplia ventaja: su error fueunas ocho veces menor que el de los otros dos. En la Fig. 8 senota que su curva prácticamente se encima sobre la medición real, mientras que las otras dos se desvían, sobre todo en los momentos en que la bomba cambia de nivel.

El resultado también nos dice algo del sistema físico. Los modelos Hammerstein y Hammerstein-Wiener dieron prácticamente lo mismo, lo que indica que agregar la corrección del sensor no ayudó: el sensor se comportó bien. La complicación está en la bomba y en cómo su comportamiento cambia con el tiempo, y para capturar eso el modelo necesita memoria.

VI. ¿QUÉ UTILIDAD TIENE ESTO? Con un modelo así, el dron podría calcular cuánto líquido ha soltado y, por lo tanto, cuánto pesa en cada momento, usando únicamente la orden que ya le envía a la bomba, sin depender de un sensor de flujo durante la misión. Esa información puede alimentar al piloto automático para que ajuste sus correcciones conforme el dron se aligera, y servir como una pieza del modelo completo de cómo se mueve el vehículo en el aire. A futuro, el plan es probar el modelo en vuelos reales, con distintos patrones de uso de la bomba, e integrarlo en el diseño de controladores de vuelo que sepan cuánto pesa el dron. El objetivo final es tener drones agrícolas que fumiguen con más precisión, desperdicien menos producto y vuelen de forma más estable de principio a fin.

Referencias

[1] V. Vannini, G. de Moura Souza, and C. F. M. Toledo, "Harpia: A hybrid system for agricultural uav missions," Smart Agricultural Technology, vol. 4, p. 100191, 2023.

[2] M. R. Kartal, D. Ignatyev, and A. Zolotas, "Comprehensive review of agriculture spraying uavs challenges and advances: modelling and control," The Aeronautical Journal, vol. 129, pp. 2859–2879, 2025.

[3] M. F. Mazhar, J. Ahmad, I. Shafi, M. Wasim, M. Abbas, and I. Ashraf, "Advanced practices in aircraft system identification: Perspective evaluation and practical implementation schemes," International Journal of Aeronautical and Space Sciences, vol. 27, no. 3, pp. 1950–1976, 2026.

[4] G. Szafranski, R. Czyba, and M. Błachuta, "Modeling and identification of electric propulsion system for multirotor unmanned aerial vehicle design," in 2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). IEEE, 2014, pp. 470–476.

Entrevista con el Dr Jesús Alfonso López Sotelo.

Por Andrea Dominguez

Doctor Jesús Alfonso López: Yo vengo de la Universidad Autónoma de Occidente en Cali, Colombia. Llevo trabajando temas de inteligencia artificial con 30 años ya con exactitud. Todo este tiempo he trabajado particularmente el tema específico dentro de la inteligencia artificial que son las redes neuronales artificiales que hoy en día pues se han cogido bastante popularidad con el nombre de Deep Learning. El Deep Learning hoy en día es la tecnología que más ha potencializado la inteligencia artificial porque es la base de muchos modelos que usamos en la actualidad. Por ejemplo, cuando usamos modelos de lenguaje como ChatGpt o Gemini, estamos usando modelos de DL o tu celular para reconocimiento y tu rostro también están usando algoritmos de DL. Entonces, me he especializado en esa área particularmente, redes neuronales artificiales y deep learning en sus diferentes aplicaciones, y tengo como dos áreas que me interesan mucho.Primero es todo el impacto social que tiene la inteligencia artificial porque es una tecnología de mucho impacto como la hemos hoy en día, pero también ¿qué repercusiones puede tener a nivel social y también los temas que tiene que ver con inteligencia artificial en dispositivos embebidos o de borde, es decir, estos algoritmos no solamente se pueden ejecutar en lo que llaman técnicamente la nube, que son servidores que están en partes estratégicas, sino que se puedan trabajar de manera local es decir ejecutar inteligencia artificial en dispositivos que trabajen de manera local para que la persona pueda interactuar con la IA en sitio, básicamente.

Andrea: ¿Cuáles son los retos que usted considera más importantes a los que se va a enfrentar la humanidad en deep learning e inteligencia artificial?



Doctor Jesús Alfonso López: Sí, de hecho hoy en día ya estamos viendo muchos de esos retos. Ya algunos autores como Yuval Noah Harari en varios de sus libros, han planteado estas inquietudes. Es decir, la tecnología que ya empieza a moldear a nuestra sociedad. Así como facilita muchas cosas buenas, como por ejemplo: poder luchar contra enfermedades, poder tener sistemas que sean capaces de hacer las maravillas que hacemos cuando trabajamos con lenguajes como Gemin, chat GPT, pero eso tiene sus contras. Entonces hay varios retos que a nivel de inteligencia artificial se habla. Son lo que yo llamo los riesgos que tiene la inteligencia artificial. Un primer riesgo tiene que ver con lo que llamamos los sesgos de estos algoritmos. Es decir, las decisiones que toman estos algoritmos pueden perjudicar a las personas, por ejemplo, no están representadas dentro de los datos con que se crean.

Por ejemplo: ya hay casos documentados de personas a las que el algoritmo no les da un préstamo para estudiar, y resulta que es algo que está afectando a estas personas o algoritmos que al evaluar el desempeño laboral de ciertas personas, los algoritmos inclusive están produciendo despidos. El tema de los sesgos es muy importante para que IA en realidad sea lo más justa posible. Otro tema es la desinformación. Hoy en día, y es una de las cosas que plantea Harari, cada vez va a ser más complicado saber lo que es cierto y lo que es falso. Hoy en día vemos una imagen, no sabemos si la imagen fue generada por inteligencia artificial o es una imagen real. Entonces, hay retos fuertes para saber distinguir efectivamente la realidad de la ficción. Otro tema es el que tiene que ver con el desplazamiento del mercado laboral. Hay muchos trabajos que pueden ser desplazados por la inteligencia artificial. A nivel latinoamericano y México, podemos crear currículos y estrategias para que nuestros alumnos sepan lo que es la inteligencia artificial y la puedan usar de una manera productiva para los problemas de nuestro entorno.
No quiero perder la ocasión de mencionar que cuando hablamos de riesgos de inteligencia artificial se piensa en el escenario tipo Terminator donde el robot empieza a perseguirnos. Ese escenario, aunque posible para algunas personas, es algo que conceptualmente y tecnológicamente está muy lejos de suceder.

Hoy en día hay muchos problemas que ya genera la inteligencia artificial que son los que mencioné. Yo creo que el reto ahí es poder usar la inteligencia artificial de una manera que se convierte en una herramienta que potencie a la humanidad como tal, que le ayude a resolver los retos y que no se convierte en una herramienta para crear más desigualdad, las dictaduras digitales, es decir, que tú puedas controlar poblaciones enteras con las mismos algoritmos de inteligencia artificial. Estamos en un momento de transición y yo creo que eso es parte de lo que en estos momentos tenemos que empezar a cuestionarnos hasta dónde queremos llegar con esta tecnología.

Andrea: ¿Cuáles serían las áreas que más impacto tendrán sobre la inteligencia artificial?

Doctor Jesús Alfonso López: El área médica en aplicaciones es un área muy transversal.
De hecho, lo que tiene que ver con salud es una de las áreas donde más aplicación ya está teniendo la inteligencia artificial. En lo que yo veo, no hay área que se me escape de ser impactada por la inteligencia artificial o quizás una más que otras, Es algo que vemos en estos días colegas de la universidad, bueno, la salud, es uno de los casos, pero hay áreas donde en apariencia el impacto podría ser poco, pero ya se están automatizando

muchos procesos. Por ejemplo, en la parte legal ya se están creando asistentes basados en Ia IA para abogados y así pues en diferentes áreas. Yo creo que es una tecnología transversal y como mencioné ahora en las instituciones universitarias necesitamos que sin importar la profesión el estudiante sepa las bases de la IA. En la universidad de donde yo vengo esa es una de las apuestas. Estamos haciendo unos cambios curriculares y sin importar que sea de comunicación social o periodismo, o ingeniería, tiene que tener bases de cómo utilizar la inteligencia artificial de la mejor manera posible.

Andrea: ¿Podemos entrar a una sociedad donde se pueda mejorar al humano con partes inteligentes como lo menciona Harari? ¿Qué nos puede decir al respecto?

Doctor Jesús Alfonso López: La inteligencia artificial es una tecnología que puede, potencializar a las personas en diferentes aspectos. Eh, por ejemplo, la parte que tiene que ver con prótesis, etcétera. Imagínate, tú puedes tener un modelo, ¿sí?, una prótesis con los grupos de inteligencia artificial que sea capaz de procesar de una manera más inteligente la información propia de tu cuerpo, las señales, bioseñales que tú tienes. Entonces, esto puede hacer más eficiente todo este tipo de prótesis, ¿no? Entonces eso es algo más que unas promesas que se puede tener con inteligencia artificial.

Pero sin embargo, hay algunos elementos que uno se empieza a cuestionar. Es decir, en esa parte yo creo que sí puede haber avances positivos, pero también Harari a veces plantea algunos escenarios más apocalípticos, digamos así. Ahí yo ahí sí yo discrepo en cierta medida porque aunque la inteligencia artificial hay que tomar que hay que tomar digámoslo así las medidas del caso, tampoco podemos decir pues que ya va a caer con la humanidad, entonces, yo creo que sentarse en un punto medio, tampoco ser súper positivo, que la IA va a ser super buena y ya va a mejorar todo, porque al final va a depender del uso que hagan las personas y desafortunadamente la tecnología no es neutra y depende de cómo la usas, así como va a haber personas que la usan muy bien, como personas pioneras de inteligencia artificial que han ganado Premio Nobel (2024-David Baker) con el famoso algoritmo llamado *AlphaFold* (*AlphaFold Protein Structure Database*) el algoritmo ayuda a predecir el plegado de proteínas. Eso se usa para el desarrollo de nuevas medicinas, etcétera. Sin embargo, hay que estar en el punto medio, es decir, yo creo que en esos momentos la posición debe ser de cautela, ser una tecnología que está en desarrollo y como mencionaba, estamos en un punto de inflexión que de aquí se va a moldear lo que va a suceder en el futuro con la inteligencia artificial. Entonces, varios autores lo han planteado y algunos dicen que sí que estamos en ese punto donde entra todo lo que es la biotecnología, que va a empezar a ser de fácil acceso y por ende va ha crear muchos cambios de una manera positiva o negativa. Ahora sume esas dos cosas y tiene así un escenario en el que hay que prestar atención tanto por lo positivo y lo negativo que puede llegar a ser.

Andrea: Ustedes como investigadores en inteligencia artificial, deep learning, etcétera, tienen una parte que hable de la ética y de la inteligencia artificial, la investigan también.

Doctor Jesús Alfonso López: Sí, en mi caso es una de las áreas que yo he tenido cierta curiosidad. De hecho, yo en Colombia, y otros colegas creamos un programa de posgrado en inteligencia artificial hace algunos años, lo creamos exactamente antes de la pandemia.

Nos dieron la aprobación. Bueno, por la pandemia lo empezamos a ofertar ya en el 2021, si mal lo recuerdo, y desde ahí estamos hablando ya de 2018, cuando dice el benchmarking de ha un día de la inteligencia artificial, empecé a ver eso. Es decir, hablar hoy en día de inteligencia artificial, sino hablar de las connotaciones éticas que tiene la tecnología para mí es una conversación incompleta, porque sucede todos los que, yo estoy con los colegas, todos los que estamos en este mundo nos enceguecemos con la parte técnica, ¿no?, que el código, que el modelo hace esto, pero bueno, ¿qué implicaciones tiene eso? Yo creo que es un campo, digámoslo así, de estudio interesante. Yo lo he estado leyendo, he estado inclusive tengo un curso de estos temas en la universidad y ahora con unos estudiantes de doctorado he empezado a indagar en temas de la gobernanza de la inteligencia artificial.

Ya en diferentes países a nivel latinoamericano ya se empieza a hablar de leyes normativa rol de inteligencia artificial, entonces vemos que se está creando una una vertiente para que la inteligencia artificial se use de una manera regulada, y también así como necesitamos personas que sepan de la parte algorítmica de inteligencia artificial, necesitamos también personas que sepan cómo es el impacto ético que tiene esta tecnología, pero definitivamente también hay que enseñarlo. A los muchachos en charlas les mostramos el robot que trae inteligencia artificial y el lenguaje que hace maravillas y también hablamos sobre los riesgos y las implicaciones éticas. Eso también hay que enseñarlo y es parte de la apuesta que para mí como parte de una institución de educación superior debemos tener.

Andrea: Usted menciona sobre S
kynet de la película Terminator, si el algoritmo se sigue mejorando, ¿qué puede llegar a suceder en veinte o cincuenta años?

Doctor Jesús Alfonso López: Como mencioné es algo que puede suceder en algún tiempo, pero hay dos elementos que hay que considerar. Cuando hablamos de este tipo de riesgos uno es que el algoritmo puede estar desalineado con las expectativas de lo que hacemos los humanos, no como lo plantea Skynet, que es cuando el algoritmo adquiere conciencia, es decir, yo creo que el problema no es que el algoritmo adquiera conciencia. Porque una de las cosas que inclusive filosóficamente uno se puede preguntar, es si el algoritmo adquiere conciencia, ¿qué conciencia va a adquirir? Es decir, va a adquirir una conciencia similar a la mía, a la de los humanos? ¿O es un nuevo tipo de inteligencia? ¿Cómo va a ser esa conciencia? puede ser una conciencia inclusive divina que nos vea, digámoslo así, como los hijos perdidos y necesite guiarnos?

Pero el escenario que nos plantean es, no va a ser una conciencia muy humana que nos ve como el enemigo. Eso es muy eso a lo que llamamos muchas veces humanizar la inteligencia artificial. Estamos proyectando esas falencias que tenemos como seres humanos, que somos competitivos, que si vemos una tribu que amenaza nuestro territorio, vamos y la matamos. Eso es algo que viene de la evolución del primate que tenemos nosotros. Entonces, la inteligencia artificial requiere conciencia, ¿no? Para mí es complicado en el nivel humano porque para eso necesito una base fisiológica, física, biológica inclusive, pero sí hay un riesgo, y es que tú puedes pedirle al algoritmo que haga tareas y ahí y si tú no defines bien esas restricciones, puede ser un algoritmo que empieza a hacer las tareas tan bién que puede empezar a tener efectos colaterales catastróficos, es decir, eso es el verdadero riesgo que hoy en día puede tener la inteligencia artificial.

Yo puedo decirle, de hecho, hay una parábola muy famosa en el mundo de la inteligencia artificial que se llama como una parábola como un ejercicio mental que consiste en lo siguiente, que se le dice a una inteligencia artificial super poderosa que domina todos los medios productivos de la humanidad a que haga clips, los clips, para el papel, entonces ésta inteligencia artificial, aquí en México, empieza a hacer clips. Y como tiene el dominio de todo el aparato productivo, empieza a generar todos los recursos y empieza a crear clips la tarea es maximizar clips empieza a maximizarlo click. Cuando te das cuenta, México se convierte en un país que solo produce clips y deja de producir todo lo demás. Entonces, hay una sociedad en ese ejercicio hipotético que nadie puede parar. Esa inteligencia artificial puede incluso dominar todo el aparato productivo mundial para producir y acabar con la humanidad. No adquirió conciencia, pero el efecto colateral fue desastroso porque se dedicó solamente a producir clips. Entonces ahí es donde viene un problema filosófico que se llama el problema del desalineamiento. Es decir, tenemos que hacer que estos algoritmos trabajen pero dentro de una serie de restricciones para que en realidad hagan las cosas que tienen que hacer, pero sin afectar a los humanos.

Eso que te acabo de decir es el problema para mí conceptual real de la inteligencia artificial más que si adquiere conciencia, porque primero no está claro que la inteligencia artificial vaya a llegar a adquirir conciencia, segundo como mencioné ahora, ¿qué tipo de conciencia va a adquirir? Esas hipótesis son muy humanizantes, y como dije, el verdadero problema es cómo lograr alinear la inteligencia artificial con las necesidades de los seres humanos.

Andrea: La inteligencia artificial va a eliminar empleos actuales, ¿va a mejorar? ¿Cuál será el futuro?

Doctor Jesús Alfonso López: Muchas cosas en la vida son Yin y Yang. Hay empleos que se están creando, hay otros que definitivamente cada vez van a ser menos requeridos. Lo digo por experiencia propia, hace diez o doce años, uno necesitaba para hacer un artículo en inglés, ayuda de un traductor, que revisara el texto y diera su opinión, etcétera. Ahora con el inglés que manejo más la asistencia de la AI yo no necesito un traductor. Son trabajos que, la verdad, cada vez empiezan a ser menos requeridos.

Creo que no vamos tampoco tapar el sol con un dedo. La inteligencia artificial está cambiando trabajos y está inclusive disminuyendo la oferta laboral en varias áreas. Esos campos como de traducción, obviamente, aunque hay campos específicos que quizás necesiten la experiencia de un traductor, para traducir un libro, etcétera. Hagamos una obra de un escritor latinoamericano para pasarla a un contexto anglosajón. Necesitas alguien que maneje el contexto. Igual la IA te puede hacer una primera aproximación, pero van a ser las menos. Hay otras áreas que en relación se empiezan a fortalecer. Es decir, lo que menciono ahora es una oportunidad para Latinoamérica. Necesitamos personas que sepan de inteligencia artificial para que los problemas locales que se puedan resolver con inteligencia artificial los resolvamos nosotros. ¿Por qué? Si yo traigo la solución que hicieron allá en Europa para un contexto europeo y la coloco acá, no va a funcionar. Entonces, no podemos esperar que venga la empresa europea a solucionarnos el problema.

Nosotros debemos ser capaces de resolver nuestra inteligencia artificial. Entonces, sí se van a crear nuevos empleos, otros van a desaparecer y tenemos que por eso desde la reflexión de las universidades, inclusive gubernamentales, empezar a fortalecer esas

competencias de inteligencia artificial porque cada vez va a ser más necesario hacer inteligencia artificial para casi cualquier profesión. Los abogados van a evitar la inteligencia artificial, los médicos la inteligencia artificial, los diseñadores van a usar la inteligencia artificial. Entonces, una frase por ahí que tiene cierta verdad es -"No es que la inteligencia artificial vaya a acabar con tu trabajo, pero es muy probable que alguien que sí sepa usarla más, en ese contexto, será capaz de quitarte el trabajo.

Andrea: ¿Cuáles son las áreas más importantes para América Latina en las que nos tenemos que enfocar?

Doctor Jesús Alfonso López: Lo primero en inteligencia artificial es empezar a hablar de soberanía digital, es decir, ya vienen esos modelos como Chat GPT que lanzan allá en Estados Unidos, Gemini por Google, eso digámoslo así es un riesgo. ¿Por qué? Porque son modelos entrenados con datos de allá. Bueno, aunque ahora se hace un barrido de tanta información y hay mucha información nuestra, hay cosas que no tienen del contexto, entonces la clave es que formemos usuarios de inteligencia artificial, personas que sepan utilizarla obviamente en los contextos que necesitamos pero que en realidad sean capaces de desarrollar soluciones nuevas.

Hay muchos campos. Tenemos problemas de eficiencia, por ejemplo, en general en la atención médica. Podemos fortalecer mucho la atención médica en comunidades alejadas de la inteligencia artificial. Podemos potenciar inclusive zonas no interconectadas para que gestionen mejor sus procesos energéticos. La agricultura, nuestros países tienen mucho potencial en la agricultura. Ahí la inteligencia artificial puede hacer muchas cosas. Entonces en esas áreas propias, que normalmente han sido parte de colonialismo el poder pasar de ser solamente productores de materia prima, a darle un valor agregado a toda esa materia prima que producimos, tecnificar la minería, tecnificar la agricultura, y todo se puede hacer con inteligencia artificial. Hay algo también que nos ayuda, muchos de todos esos desarrollos de inteligencia artificial son libres, está ahí la información, para que podamos aprender de ella y aplicarla. Entonces también hay una gran vertiente de lo que llamamos ciencia abierta para esta Inteligencia artificial. Esa es mí recomendación, tecnificarse con herramientas de inteligencia artificial y resolver nuestros problemas apoyados en una tecnología tan poderosa como lo es ésta.

Andrea: ¿Algún otro mensaje que se nos esté escapando que sea importante mencionar?

Doctor Jesús Alfonso López: Compartir con colegas de México y de otras instituciones y países que han venido a esta arena para poder empezar a cuestionarnos cómo usamos la inteligencia artificial, que pasemos de ser usuarios a entender esta tecnología para resolver problemas que son muchos utilizando esta tecnología. Pasar de ser usuarios a desarrolladores para generar herramientas como chat gpt. Desarrollar un modelo basado en software libre para aplicaciones en medicina propias, es decir, para una comunidad determinada que en realidad sea capaz de entender ese contexto.

Entonces, hay una oportunidad muy grande, es decir, no quedarnos a esperar a ver ¿qué produce Google, ¿qué produce Open AI, sino que con el ecosistema que hay ya de inteligencia artificial en la parte de modelos abiertos, utilizar esas herramientas para resolver los problemas de nuestro entorno local. Gracias

Campamento de Verano de Inteligencia Artificial 2026



Por: Jonathan Villanueva Tavira, Yessenia Díaz Álvarez y Noé Alejandro Castro Sánchez
Tecnológico Nacional de México, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Cinco semanas para acercarse al futuro de la tecnología La Inteligencia Artificial (IA) ha dejado de ser una tecnología exclusiva de los grandes centros de investigación para convertirse en una herramienta con aplicaciones cada vez más presentes en la industria, la educación, la salud, la agricultura, la robótica, la movilidad y prácticamente todos los ámbitos de la sociedad. Ante este panorama, resulta fundamental acercar a las nuevas generaciones de ingenieros y profesionales a los fundamentos, herramientas y posibilidades que ofrece esta disciplina. Con este propósito se llevó a cabo el Segundo Campamento de Verano de Inteligencia Artificial, una iniciativa orientada a fortalecer la formación de estudiantes y profesionales de distintas áreas de la ingeniería, entre ellas Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Civil, mediante un programa que combinó conocimientos teóricos, programación, experimentación y desarrollo de aplicaciones prácticas.

El campamento fue concebido como un espacio de aprendizaje y convivencia académica en el que los participantes pudieran aproximarse a diferentes áreas de la Inteligencia Artificial desde una perspectiva práctica. A lo largo del programa se abordaron temas como: Aprendizaje Automático, Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Programación Genética, Visión por Computadora, Aprendizaje Profundo y Procesamiento del Lenguaje Natural, con el propósito de que

los asistentes no solo conocieran los fundamentos de cada técnica, sino que pudieran comprender cómo estas herramientas pueden emplearse para analizar información, reconocer patrones, automatizar procesos y desarrollar soluciones a problemas reales.

Un espacio de formación multidisciplinaria. Durante cinco semanas, el campamento reunió a más de 20 estudiantes provenientes de diferentes estados de la República Mexicana, entre ellos Tamaulipas y Veracruz, generando un espacio de intercambio de conocimientos y experiencias entre jóvenes con diferentes perfiles académicos. Esta diversidad representó uno de los elementos más enriquecedores de la actividad, ya que permitió observar cómo una misma tecnología puede adquirir diferentes aplicaciones dependiendo del área de conocimiento desde la cual se aborda. Mientras que para un estudiante de Mecatrónica la IA puede convertirse en una herramienta para desarrollar sistemas autónomos y robots inteligentes, para un estudiante de Sistemas Computacionales puede representar una oportunidad para desarrollar aplicaciones basadas en datos, y para otras disciplinas puede constituir una alternativa para automatizar procesos, realizar predicciones o apoyar la toma de decisiones. De esta manera, el campamento buscó transmitir una idea fundamental: la Inteligencia Artificial no es una disciplina aislada, sino un conjunto de herramientas que puede integrarse con diferentes áreas del conocimiento para generar soluciones innovadoras.

Primera semana: *Programación y aprendizaje automático.* La primera semana estuvo a cargo del Ing. Víctor Hugo Morales Mendoza, quien introdujo a los participantes en el lenguaje de programación Python, una de las herramientas más utilizadas actualmente en el desarrollo de aplicaciones de Inteligencia Artificial. Durante las sesiones se revisaron sus principales estructuras y elementos de programación, proporcionando a los participantes los conocimientos necesarios para comenzar a desarrollar pequeños programas y comprender posteriormente algoritmos de mayor complejidad. A partir de estas bases se abordaron los fundamentos del Aprendizaje Automático (Machine Learning), disciplina que permite desarrollar sistemas capaces de identificar patrones en los datos y utilizar la información disponible para realizar predicciones o tomar decisiones. El objetivo de esta primera etapa fue que los participantes comprendieran que detrás de muchas de las aplicaciones actuales de IA existe un proceso que comienza con los datos, continúa con la selección y entrenamiento de un modelo y culmina con la evaluación de sus resultados.

Segunda semana: *Cuando las máquinas pueden ver y aprender.* La segunda semana estuvo dedicada a la Visión por Computadora, área de la Inteligencia Artificial que busca proporcionar a las máquinas la capacidad de interpretar información visual. El M.C.I. Dominic Brian Román Padilla presentó los conceptos fundamentales relacionados con el análisis y procesamiento de imágenes, mostrando algunas de las aplicaciones que actualmente se desarrollan mediante esta tecnología. Los participantes pudieron conocer cómo una imagen digital puede ser procesada para extraer información relevante y cómo las técnicas de visión artificial pueden emplearse en tareas como la detección de objetos, reconocimiento de patrones, clasificación y análisis de imágenes.

Posteriormente, se abordaron los fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales, estableciendo una conexión entre los modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro y algunas de sus aplicaciones prácticas. Uno de los aspectos relevantes de esta etapa fue la integración



de la Inteligencia Artificial con sistemas embebidos, mediante ejemplos desarrollados con plataformas como Arduino. Con ello, los participantes pudieron observar que los algoritmos de IA no necesariamente deben ejecutarse únicamente en una computadora convencional, sino que también pueden incorporarse en dispositivos electrónicos capaces de interactuar directamente con el entorno. Para cerrar esta etapa, el alumno Ing. Jonás Sedeño Pérez introdujo a los participantes en el campo del Aprendizaje Profundo (Deep Learning), una de las ramas de mayor crecimiento de la Inteligencia Artificial contemporánea. A través de esta temática se mostró cómo las redes neuronales profundas han permitido alcanzar importantes avances en áreas como la visión por computadora, el reconocimiento de voz, el procesamiento del lenguaje y numerosos sistemas inteligentes utilizados actualmente.

Tercera semana: *Aprender inspirándose en la evolución*. La tercera semana estuvo dedicada a una perspectiva diferente de la Inteligencia Artificial: la Programación Genética. El tema fue desarrollado por el Dr. Eddie Helbert Clemente Torres, quien explicó los principios de esta técnica inspirada en los procesos de evolución natural. A diferencia de otros enfoques, la Programación Genética busca utilizar mecanismos como la selección, reproducción y mutación para encontrar soluciones a determinados problemas computacionales.

La actividad permitió a los participantes comprender que la Inteligencia Artificial no se limita exclusivamente a las redes neuronales o al aprendizaje basado en grandes cantidades de datos, sino que existen diferentes paradigmas computacionales capaces de abordar problemas complejos desde perspectivas distintas. La jornada continuó



con los talleres impartidos por los alumnos M.C.I. Dominic Brian Román Padilla y M.C.I. Víctor Manuel Romero Juárez, quienes abordaron la segmentación de imágenes mediante ejercicios y aplicaciones prácticas.

Esta actividad permitió profundizar en una de las tareas fundamentales de la Visión por Computadora: separar una imagen en regiones de interés para facilitar posteriormente su análisis e interpretación. La combinación de explicación conceptual y experimentación permitió que los participantes comprendieran de manera más clara la relación existente entre los algoritmos y sus resultados visuales.

Cuarta semana: *De la Inteligencia Artificial al control de sistemas físicos.* Durante la cuarta semana, el campamento dio un paso más hacia la integración de la Inteligencia Artificial con sistemas físicos mediante el estudio de la Lógica Difusa. El M.C. Rosendo Vargas Valle acercó cercó a los participantes a los fundamentos de esta técnica, que permite trabajar con información que no necesariamente puede describirse mediante valores estrictamente verdaderos o falsos. Como actividad práctica se implementó un circuito capaz de variar la intensidad de una fuente de luz utilizando un sensor LDR. Esta experiencia permitió observar de manera tangible cómo un sistema puede utilizar información obtenida de su entorno para modificar su comportamiento. Para los participantes, esta actividad representó una oportunidad para pasar de los conceptos abstractos a una aplicación física en la que sensores, procesamiento y actuación se integraron en un mismo sistema. La experiencia también permitió destacar una de las características más importantes de la Inteligencia Artificial aplicada: su capacidad para integrarse con otras áreas de la ingeniería, como la electrónica, el control y los sistemas embebidos. Posteriormente, los estudiantes de maestría Roberto de la Cruz Lara y Mateo Hernández Vargas presentaron otros algoritmos de Aprendizaje Automático No Supervisado.

En este tipo de aprendizaje, los algoritmos buscan encontrar estructuras, relaciones o agrupaciones dentro de los datos sin contar necesariamente con categorías previamente establecidas. Esta perspectiva permitió ampliar el panorama de los asistentes y mostrarles que existen diferentes formas de hacer que una máquina aprenda a partir de la información disponible.

Quinta semana: Comprender y generar lenguaje. La quinta y última semana estuvo dedicada al Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), una de las áreas que mayor transformación ha experimentado en los últimos años debido al desarrollo de nuevos modelos de Inteligencia Artificial. La M.S.C. Yessenia Díaz Álvarez presentó los fundamentos de los Transformers, arquitectura que ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de sistemas capaces de procesar, analizar y generar lenguaje.

Durante esta actividad se explicó cómo estos modelos permiten identificar relaciones entre diferentes elementos de una secuencia y aprovechar el contexto para mejorar la interpretación de la información lingüística. La temática permitió establecer un vínculo con algunas de las aplicaciones de IA que actualmente forman parte de la vida cotidiana, como los asistentes virtuales, los sistemas de traducción automática, los motores de búsqueda y las herramientas generativas de texto. Como actividad de cierre, el Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez impartió el taller "Redes Neuronales Generativas", con el que concluyeron las actividades académicas del campamento.

Este último tema permitió mostrar una de las vertientes más innovadoras de la Inteligencia Artificial: los sistemas capaces no solo de analizar información existente, sino también de generar nuevos contenidos a partir de patrones aprendidos de los datos. Aprender haciendo: el elemento central del campamento.

Uno de los principales elementos distintivos del Segundo Campamento de Inteligencia Artificial fue la combinación de teoría y práctica. A lo largo de las cinco semanas, los participantes tuvieron la oportunidad de programar, analizar imágenes, trabajar con modelos de aprendizaje, experimentar con sensores, interactuar con sistemas electrónicos y conocer nuevas arquitecturas de Inteligencia Artificial. Esta metodología buscó que los conceptos no permanecieran únicamente en el ámbito teórico. La intención fue que cada tema pudiera relacionarse con una experiencia concreta y que los participantes pudieran visualizar cómo los conocimientos adquiridos pueden transformarse posteriormente en proyectos de investigación, prototipos tecnológicos o soluciones para problemas específicos.

En este sentido, el campamento también funcionó como un espacio para despertar la curiosidad. Más que proporcionar respuestas definitivas, las actividades buscaron generar nuevas preguntas: ¿qué problema podría resolverse mediante IA?, ¿qué información se necesita?, ¿qué algoritmo sería más adecuado?, ¿cómo puede evaluarse una solución?, ¿cómo puede integrarse un modelo inteligente con un sistema físico?

Estas preguntas constituyen precisamente uno de los puntos de partida para la investigación y la innovación tecnológica.

Uso de Inteligencia Artificial y desempeño universitario en contextos rurales de Puebla

Nicole Cardoso Castañeda[1],
Juan Fernando Marín López[2],
Marco Antonio Lara de la Calleja[3]

1. Estudiante Ingeniería en Administración,
Tecnológico Nacional de México, Campus Zacapoaxtla

2. Profesor Investigador de Ingeniería en Administración,
Tecnológico Nacional de México, Campus Zacapoaxtla

3. Profesor Investigador Ingeniería en Administración
y Maestría en Ciencias Ambientales,
Tecnológico Nacional de México, Campus Zacapoaxtla







Resumen

El presente artículo analiza la integración de la inteligencia artificial (IA) en las actividades académicas de los estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla (ITSZ), ubicado en la Sierra Nororiental de Puebla. Mediante un enfoque cuantitativo y descriptivo aplicado a una muestra de 100 alumnos de segundo a octavo semestre, se examinan los patrones de uso, los tipos de tareas frecuentes, el grado de dependencia percibida y su impacto directo en el pensamiento crítico y la autonomía intelectual. Los hallazgos muestran una marcada ambivalencia: aunque la IA es valorada como un recurso útil para la organización y optimización del tiempo de estudio, el 82% de los estudiantes acepta la información generada sin un cuestionamiento crítico riguroso, lo que plantea retos significativos para la formación profesional en entornos rurales.

1. Introducción

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta cotidiana en la educación superior, transformando profundamente la manera en que los estudiantes acceden al conocimiento y resuelven sus compromisos escolares. Sin embargo, su adopción masiva en contextos rurales (donde los recursos bibliográficos y el acceso tecnológico

especializado suelen presentar limitaciones) genera nuevos escenarios de estudio sobre el desarrollo de habilidades cognitivas.

Esta investigación parte de la observación del uso constante de herramientas tecnológicas por parte de los alumnos de educación superior en la Sierra Nororiental de Puebla para abordar tareas cotidianas y complejas. El propósito principal es medir la relación entre el uso frecuente de la IA y el nivel de pensamiento crítico, así como evaluar la percepción de la dependencia tecnológica en el aprendizaje autónomo.

2. Metodología. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño descriptivo, orientado a recolectar datos objetivos y cuantificables sobre un grupo social determinado. Población y Muestra: Se encuestó a una muestra de 100 estudiantes universitarios del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla (ITSZ) cursando entre el segundo y octavo semestre (distribuidos en 12% de segundo, 30% de cuarto, 48% de sexto y 10% de octavo semestre). Demográficamente, la muestra estuvo integrada por 39 mujeres y 61 hombres. Instrumento se dividió por categoría: La primera categoría, uso académico de la inteligencia artificial, permitió identificar la frecuencia con la que los estudiantes utilizan herramientas de IA y las actividades académicas en las que las emplean. Los resultados mostraron que el 42% utiliza estas herramientas entre una y dos veces por semana, mientras que la actividad más frecuente corresponde a la búsqueda de información general (67.7%), seguida de la síntesis de información y la generación de imágenes (25.8%). La segunda categoría, dependencia percibida de la IA, evaluó el grado de necesidad que los estudiantes atribuyen a estas herramientas para el desarrollo de sus actividades académicas. Los resultados indicaron que el 58% presenta niveles altos de dependencia (niveles 4 y 5 de la escala utilizada), evidenciando que la inteligencia artificial se ha convertido en un recurso de apoyo habitual dentro de su proceso educativo.
La tercera categoría, pensamiento crítico en el aprendizaje, estuvo orientada a analizar el nivel de cuestionamiento y verificación de la información generada por la inteligencia artificial. En este aspecto, se encontró que solo el 18% de los estudiantes cuestiona siempre o frecuentemente la información obtenida, mientras que el 82% lo hace de manera ocasional o rara vez, lo que sugiere una limitada práctica de análisis crítico frente a los contenidos generados por estas herramientas. La última categoría percepción del impacto de la IA en el aprendizaje autónomo permitió conocer la valoración que los estudiantes otorgan al uso de la inteligencia artificial en su formación académica. Los resultados reflejan que la mayoría considera que estas tecnologías contribuyen positivamente a su aprendizaje autónomo, ya que facilitan la organización de información, la realización de tareas y el acceso rápido al conocimiento.

3. Resultados y Discusión *3.1 Frecuencia de uso y actividades académicas predominantes.* Los resultados indican que la IA forma parte constante de la rutina estudiantil, aunque con variaciones en su periodicidad: el 42% la utiliza entre 1 y 2 veces por semana, el 32% de 3 a 5 veces por semana, el 16% de forma diaria y el 10% de manera ocasional. En cuanto a las actividades en las que se emplea con mayor frecuencia, destacan las tareas de acceso inicial y organización de información:

- Búsqueda de información general: 67.7%
- Resumen o sistematización de información: 25.8%
- Generación de imágenes: 25.8%
- Resolución de problemas (matemáticos/técnicos): 22.6%
- Corrección o mejora de textos: 22.6%

3.2 Dependencia percibida y pensamiento crítico

Uno de los hallazgos centrales de la investigación radica en la dualidad entre la dependencia tecnológica y la capacidad de análisis: Dependencia académica: El 58% de los estudiantes se ubica en los niveles más altos de dependencia (41% en el nivel máximo de la escala y 17% en el nivel alto). No obstante, al evaluar la dificultad para trabajar sin acceso a IA, la mayoría (55%) señala que raramente experimenta bloqueos operativos.

Déficit en el cuestionamiento crítico: Al analizar la veracidad de los contenidos proporcionados por los sistemas inteligentes, solo el 5% de los alumnos siempre cuestiona la información y el 13% lo hace frecuentemente. Por el contrario, el 46% lo hace de manera ocasional y el 36% raramente, lo que revela que el 82% acepta los datos de forma pasiva sin un filtro analítico o de verificación rigurosa.

4. Conclusión

El análisis realizado en el Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla demuestra que la inteligencia artificial funciona como un recurso ambivalente en la educación superior rural. Por un lado, facilita la optimización del tiempo, la búsqueda de datos y la síntesis de contenidos académicos. Por otro lado, fomenta una alta dependencia intelectual y debilita de manera significativa el pensamiento crítico al propiciar la aceptación acrítica de la información. Se concluye la necesidad imperativa de promover directrices institucionales y una alfabetización digital que equilibre el aprovechamiento tecnológico con el fortalecimiento de las capacidades analíticas y la autonomía reflexiva de los estudiantes.

Créditos Fotos:Carl G, Giovani Baez, Google street view, Jesus Muñoz, Lux Herrera.

Referencias

[1] (RAE), R. A. (2022). Diccionario de la lengua española . Obtenido de plagio | Definición | Diccionario de la lengua española : https://dle.rae.es/plagio

[2] Bacon, F. (s.f.). Iberdrola. Obtenido de El valor del pensamiento crítico en la sociedad actual: https://www.iberdrola.com/talento/que-es-pensamiento-critico-como-desarrollarlo

[3] Cabining, R. &. (2024). Riesgos de la dependencia de IA en el aprendizaje universitario. Journal of Learning and Teaching.

[4] García, L. &. (5 de Septiembre de 2022). Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Rurales. Educación superior rural y tecnologías: brechas y oportunidades.

[5] Gayubas, A. (19 de Agosto de 2025). Enciclopedia Concepto. Obtenido de Método cualitativo: https://concepto.de/metodo-cualitativo/

[6] Gómez, M. I. (14 de Septiembre de 2025). Pensamiento crítico. Obtenido de Enciclopedia Concepto: https://concepto.de/pensamiento-critico/

[7] Gudiña, V. (26 de 12 de 2024). Definición de . Obtenido de Educación superior - Qué es, propósito, tipos y estructura.: https://definicion.de/educacion-superior/

[8] Hulatt, L. (13 de 12 de 2024). Studys marte. Obtenido de Educación superior: https://www.studysmarter.es/resumenes/educacion/concepcion-curricular/educacion-superior/

[9] Kavlakoglu, C. (. (4 de Mayo de 2026). IBM. Obtenido de Inteligencia artificial: https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/artificial-intelligence

[10] Martínez, R. &. (18 de Diciembre de 2021). RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Infraestructura digital en regiones marginadas de Puebla.

[11] McCarthy, J. (2004). ¿Qué es la Inteligencia Artificial? Obtenido de https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/artificial-intelligence

[12] Mimenza, O. C. (9 de Abril de 2026). Psicología y mente. Obtenido de ¿Qué es el pensamiento crítico y cómo desarrollarlo?: https://psicologiaymente.com/inteligencia/pensamiento-critico

[13] OpenAI. (2022). Presentamos ChatGPT. Obtenido de Presentamos ChatGPT: https://openai.com/es-419/index/chatgpt/

[14] Ricardo, R. (19 de Julio de 2024). Estudyando siempre se puede ser mejor. Obtenido de ¿Qué es la Educación Superior? Definición e historia: https://estudyando.com/que-es-la-educacion-superior-definicion-e-historia/

[15] Tableau. (2025). Tableau. Obtenido de Qué es la inteligencia artificial: definición, historia, aplicaciones y futuro: https://www.tableau.com/es-mx/data-insights/ai/what-is

[16] Vásquez Parra, J. L. M. S. (10 de Junio de 2024). Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa. Uso de IA en universidades mexicanas: factores determinantes.

