




La robótica en México

Robotics in Mexico

O. A. Domínguez-Ramírez ^a, J. P. Ordaz-Oliver ^a, R. Villafuerte-Segura ^{a,*}

^a Área Académica de Computación y Electrónica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Apreciables lectores de Pädi

En estos tiempos en los que la economía, la salud y la paz mundial es un tema recurrente en el quehacer del día a día, me complace presentarles el número especial 5 de nuestra revista “Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI”. En esta ocasión dedicado a la Robótica en México, con el apoyo de la Asociación Mexicana de Robótica e Industria (AMRob), comunidad más grande e importante en áreas asociadas a la robótica y su contribución e impacto en distintos sectores de México y Latinoamérica con más de 25 años desde su creación, y para conmemorar el Congreso Mexicano de Robótica (COMRob) realizado en las instalaciones del ICBI de la UAEH los días 9, 10 y 11 de noviembre del 2022.

Sin lugar a dudas, para toda persona educada las siguientes frases son innegables “*las ciencias resultan factor básico de la tecnología*” y “*la tecnología factor de la industria*”, más aún, para muchos son el credo y la razón de ser de la enseñanza/aprendizaje del quehacer docente y de investigación. Las diferentes áreas de la robótica no son una excepción, siempre con la intención de servir a la sociedad mediante mecanismos de transferencia tecnológica.

El llamado para este número especial fue para estudiantes, investigadores, y público en general que tuvieran interés en publicar trabajos en las siguientes áreas de robótica:

- Control de robots
- Robótica educativa
- Diseño de Robots
- Inteligencia artificial
- Robots manipuladores
- Robótica médica
- Robótica móvil

En esta ocasión se recibieron 26 manuscritos en las diferentes áreas definidas anteriormente, de estudiantes e investigadores

de diversos institutos, universidades y centros de investigación del país, tales como:

- Instituto Tecnológico de La Laguna,
- Instituto Tecnológico Superior De Pátzcuaro,
- Tecnológico Nacional de México Campus Tijuana,
- Instituto Politécnico Nacional,
- Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo,
- Universidad Autónoma de Baja California,
- Universidad Autónoma de la Ciudad de México,
- Universidad Politécnica de Atlacomulco,
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
- Universidad Tecnológica de la Mixteca,
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
- Universidad de Guadalajara,
- Universidad de Colima,
- Universidad Nacional Autónoma de México,
- Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital,
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada,
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados,
- Entre otras.

A continuación, les presento una breve reseña de los 26 manuscritos aceptados, después de una valoración por pares académicos, para la presente edición del Vol. 10 No. Especial 5, esperando sea de gran interés para los lectores, asimismo se invita a consultar y citar el manuscrito de su preferencia.

1. Control de robots

Comenzamos con el manuscrito titulado **Seguimiento de trayectoria de un robot manipulador móvil de 8 grados de libertad: KUKA youBot**, por Pérez-Fuentevilla et al (2022),

*Autor para la correspondencia: villafuerte@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: omar@uaeh.edu.mx (Omar Arturo Domínguez-Ramírez), jesus_ordaz@uaeh.edu.mx (Jesús Patricio Ordaz-Oliver), villafuerte@uaeh.edu.mx (Raúl Villafuerte-Segura).

Historial del manuscrito: recibido el 07/11/2022, última versión-revisada recibida el 07/11/2022, aceptado el 08/11/2022, publicado el 11/11/2022. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10199>



el cual se propone un controlador no lineal basado en un esquema de control por par calculado que resuelve el problema de seguimiento de trayectoria a nivel de posición y velocidad para un robot manipulador móvil (RMM) de 8 grados de libertad considerando una base móvil diferencial de tipo (2,0) que satisface la restricción no holonómica.

Seguido de **Seguimiento de trayectorias con evasión de colisiones para un robot autónomo 4.0**, por Hernández-Montalvo, et al. (2022), en donde se presenta el diseño, simulación e implementación de un control para el seguimiento de trayectorias, considerando evasión de colisiones, para un robot móvil AutoMiny versión 4.0.

En **Sistema multi-robot de manipuladores industriales coordinados por acoplamiento dinámico de segundo orden**, por Vargas-Belman et al. (2022), se presenta el desarrollo de un sistema coordinado conformado por dos robots industriales de la marca ABB equipados con sensores de fuerza. Sistema cuya función es la sujeción y manipulación de objetos utilizando un contacto puntual.

2. Robotica educativa

Continuando con **Seguimiento de trayectoria mediante un controlador basado en prealimentación, realimentación de estado y acción integral**, por Castano-Hernández, et al. (2022), en donde se presenta el diseño de una ley de control por seguimiento de trayectoria aplicado a un péndulo simple. El modelo matemático disponible de la planta tiene la restricción de que los pares gravitacionales se suponen desconocidos.

En **Sistema de planeación y control de navegación para un vehículo autónomo en un entorno urbano**, por Barrera-Ramírez et al. (2022), se reporta el desarrollo de un sistema que permite la planificación de caminos en un entorno urbano para un vehículo autónomo dada la posición actual del vehículo, así como la posición del destino deseado.

3. Diseño de robots

Mientras que en **Estudio comparativo de controladores PID WaveNet-IIR aplicado a un helicóptero de 2 GDL**, por García-Castro et al. (2022), se presenta un estudio comparativo para determinar el tipo de wavelet y número de neuronas que muestran el mejor desempeño para controlar un helicóptero Quanser de dos grados de libertad (GDL). Para lo cual, controladores tipo PID-WaveNet-IIR y PID discreto en el tiempo, con ganancias auto-sintonizables, son presentados.

En **Dispositivo de bajo costo para la enseñanza-aprendizaje de la robótica**, por Alcantara-Sánchez et al. (2022), se propone la implementación de un dispositivo integrado por un modelo de robot a escala obtenido mediante impresión 3D de tipo FDM (Fuse Deposition Modeling) tomando como base un robot ABB IRB 460 industrial y una tarjeta programable Arduino UNO R3, el cual puede ser utilizado para la enseñanza de la robótica a nivel superior.

In **Design of a semi-autonomous IoT submarine drone for the exploration and Monitoring of Hydraulic Systems**, by Higareda-Pliego et al. (2022), the creation of an aquatic drone, controlled with IoT technology and equipped with vision devices and algorithms and positioning sensors is proposed, which will make it possible to identify damage within the hydraulic system.

4. Inteligencia artificial

Continuando con **Control PID aplicado a un prototipo de fototerapia**, por Peñaloza-Mendoza et al. (2022), en el cual se aborda el diseño y construcción física de un prototipo de cama de fototerapia, la cual fue construida mediante impresión 3D, además de un sistema de control para la regulación luminosa ante perturbaciones externas.

En **Interfaz gráfica de usuario para el control de sistemas en la nube**, por López-Mera et al. (2022), se presenta el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario (GUI) en Python, dicha interfaz adopta la filosofía de trabajo de código abierto y utiliza widgets de la librería Tkinter.

Seguido de **Navegación autónoma de robot móvil diferencial con algoritmo A***, por Baizabal-Montañez et al. (2022), donde se aplica uno de los algoritmos más populares para encontrar el camino más corto entre dos nodos de un grafo, el algoritmo A*, con la finalidad de que un robot móvil diferencial pueda navegar en entornos con obstáculos.

5. Robots Manipuladores

En **Integración de señales EMG y EEG en domótica**, Zárate-Ruiz et al. (2022), se propone la integración de señales electromiográficas (EMG) y una interfaz cerebro-computadora (BCI) basada en señales electroencefalográficas (EEG) en un diseño domótico de asistencia. La interfaz EMG utiliza la señal miográfica extraída del tibial anterior en dos secciones: músculo activo y en reposo.

Después en **Minería de texto para el estudio de un estado del arte en el uso de señales fisiológicas para la detección de emociones: una perspectiva en la interacción humano robot**, por Ruiz-Figueroa et al. (2022), se presenta un enfoque basado en el análisis de resúmenes para conocer la tendencia del uso de señales fisiológicas, así como la viabilidad de aplicar estas técnicas en la inducción de emociones y estados cognitivos en personas sanas, con el objetivo de determinar la viabilidad de desarrollar herramientas tecnológicas, que ayuden a la detección del estado emocional y cognitivo de un usuario al interactuar con un robot.

En **Control de velocidad para servomecanismos libre de modelo**, por Cortez-Dena et al. (2022), se propone un control no lineal con rechazo activo de perturbaciones como controlador de velocidad para servomotores y servomecanismos. En la actual propuesta, tanto la perturbación total, como la ganancia de control no son conocidas, lo cual lo hace muy atractivo en aplicaciones industriales, mientras que el control se evaluó experimentalmente usando la plataforma experimental “servo-system”.

6. Robótica médica

Continuing with **Wheelchair assistive system with EMG**, by Peñaloza-Mendoza et al. (2022), a nonlinear control with active rejection of disturbances is proposed as a speed controller for servomotors and servomechanisms. In the current proposal, both the total disturbance and the control gain are not known, which makes it very attractive in industrial applications.

En **Prototipo para rehabilitación de miembros inferiores en lactantes hipotónicos**, por García, et al. (2022), se describe el desarrollo de un prototipo para rehabilitación de miembros inferiores en pacientes con síndrome hipotónico del recién nacido (SHRN), utilizando un robot paralelo que simula los movimientos de flexo-extensión en cadera, rodilla y tobillo.

Meanwhile in **Experimental blood glucose estimation from photoplethysmography recordings on distal finger phalange**, by Sotelo-Orozco et al. (2022), the application reflective Photoplethysmography (PPG), a non-invasive technique based on a light source and a photodetector near the human body's skin, to estimate glucose level is proposed.

En **Manipulación de un brazo robot mediante el seguimiento de los ojos**, Gudiño-Lau et al. (2022), se propone el diseño y la construcción de un dispositivo mecatrónico para registrar el seguimiento ocular del ser humano con la finalidad de manipular un brazo robots de tres grados de libertad; y el desarrollo de una interfaz gráfica hombre-máquina amigable para visualizar el ojo humano y los comandos para la manipulación del robot.

En **Asistencia Robotizada Adaptable del Miembro Superior Basado en Respuesta Biomecánica y Fisiológica del Humano**, Valdés-Rincón et al. (2022), se presentan muestras de las señales mioeléctricas mientras se realiza una tarea con el robot, procesadas con un filtro Kernel Gaussiano, para la caracterización del esfuerzo por medio del método de polinomios anidados. Los resultados obtenidos permiten establecer una región dentro del espacio de trabajo del robot donde el esfuerzo del paciente es el mínimo, de esta forma incorporar condiciones biomecánicas dentro del proceso de guiado háptico.

En **Cinemática directa e inversa para una interfaz háptica basada en álgebra de cuaterniones**, por Lechuga-Gutiérrez et al. (2022), se propone un algoritmo generalizado para encontrar la cinemática inversa de posición y velocidad de cadenas cinemáticas con articulaciones giratorias de n-DOF. Para ello, se utiliza la técnica del gradiente descendente, encontrando el ajuste cercano en sistemas redundantes utilizando la condición actual, con posibilidad de computar una nueva trayectoria con el propósito de evitar obstáculos.

7. Robótica móvil

Después en **Desarrollo de un sistema de navegación autónoma para un robot móvil basado en una cámara RGB-D**, por Vázquez-Muñoz et al. (2022), se presenta el desarrollo de un sistema de navegación autónoma para un

robot móvil basado en una cámara RGB-D, que le permita navegar en un entorno estructurado, pero desconocido, formado por pasillos y las salas que tengan sus entradas accesibles desde dichos pasillos.

En **Navegación autónoma en interiores basada en localización visual**, por Rico-Mendoza et al. (2022), se desarrolla una ley de control para navegación autónoma en interiores basada en la detección visual de marcadores de referencia. Técnicas de estimación de pose externas como la localización por GPS o sensores RGB-D en techos son complicados de implementar en entornos cerrados donde puede haber obstrucción de vista o señal, como en almacenes, por lo que la estimación de pose local con sensores a bordo presenta una solución más viable.

Mientras que en **Control neuro-robusto del sistema líder-seguidor de agentes móviles**, Rodríguez-Castellanos et al. (2022), se propone un controlador neuro-robusto basado en una red neuronal recurrente de alto orden, para el seguimiento del robot móvil diferencial, mediante linealización por retroalimentación de salida.

Following with **Leader-follower scheme for unicycle-type mobile robots with mounted camera**, by Bugarin et al. (2022), where a formation control proposal for unicycle-type mobile robots under the leader-follower scheme with mounted camera is presented. The control objective is determined directly in image space, hence this proposal corresponds with the Image-Based Visual Servoing (IBVS) alternative.

En **Clasificación de gestos de la mano basado en Polinomios Anidados por medio de EMG**, por Valdés-Rincón et al. (2022), se presenta una clasificación de diferentes tipos de gestos de la mano por medio de señales mioeléctricas (EMG), las cuales serán procesadas por un filtro tipo Kernel Gaussiano, para su posterior clasificación utilizando del método de Polinomios Anidados.

Finalmente, en **Control PID Deslizante con Generador de Tiempo Base para un Sistema de Levitación Magnética**, por Victorino-Aguilar et al. (2022), se presentan los resultados experimentales del uso de un PID deslizante con generador de tiempo base para regular la posición de un sistema de levitación magnética.

Referencias

- Pérez-Fuentevilla, J. G., Morales-Díaz, A. B., y Rodríguez-Angeles, A. (2022), Seguimiento de trayectoria de un robot manipulador móvil de 8 grados de libertad: KUKA youBot, Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 1-7. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10099>
- Hernández-Montalvo, D. G., Santiaguillo-Salinas, J., García-Lozano, H. N. y González-Zárate, R. F. (2022), Seguimiento de trayectorias con evasión de colisiones para un robot autominy 4.0, Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 8-14. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10125>
- Vargas-Belman, R. y Rodríguez-Angeles, A., (2022), Sistema multi-robot de manipuladores industriales coordinados por acoplamiento dinámico de segundo orden, Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 15-21. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10188>

- Castano-Hernandez, A. y Vite-Hernandez, L., (2022), *Seguimiento de trayectoria mediante un controlador basado en prealimentación, realimentación de estado y acción integral*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 22-26. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10148>
- Barrera-Ramírez, C., González-Miranda, O. e Ibarra-Zannatha, J. M., (2022), *Sistema de planeación y control de navegación para un vehículo autónomo en un entorno urbano*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 27-35. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10156>
- García-Castro, O. F., Ramos-Velasco, L. E., García-Rodríguez, R., Vega-Navarrete, M. A., Escamilla-Hernández, E. y Oliva-Moreno, N., (2022), *Estudio comparativo de controladores PID WaveNet-IIR aplicado a un helicóptero de 2 GDL*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 36-42. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10067>
- Alcantara-Sánchez, C. R., Islas-Ortiz, M. S., Hernández-Oliva, N., Alejandre-Flores, M., Pedroza-Villalba, M., (2022), *Dispositivo de bajo costo para la enseñanza-aprendizaje de la robótica*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 43-47. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10101>
- Higareda-Pliego, T., Arana-Llanes, J., Nava-Sedano, A., López-López, C. & Vargas-Ortiz, M., (2022), *Design of a semi-autonomous IoT submarine drone for the exploration and Monitoring of Hydraulic Systems*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 48-52. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10124>
- Peñalosa-Mendoza, G. R., Adame-Resendis, D. A. y García-García, J., (2022), *Control PID aplicado a un prototipo de fototerapia*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 53-58. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10128>
- López-Mera, G. H., Padilla-García, E. A., Cruz-Morales, R. D. y Tinoco-Varela, D., (2022), *Interfaz gráfica de usuario para el control de sistemas en la nube*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 59-66. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10123>
- Baizabal-Montañez, E., Gonzalez-Yances, N., Morales-Díaz, A. y Ordaz-Hernández, K., (2022), *Navegación autónoma de robot móvil diferencial con algoritmo A**, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 67-72. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10145>
- Zárate-Ruiz, A. del R., Nava-Andrés, F. U., Cruz-Reyes, B. U., Arias-Montiel, M., Lugo-González, E. y Velarde-Galván, A., (2022), *Integración de señales EMG y EEG en domótica*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 73-80. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10140>
- Ruiz-Figueroa, A., Makagonov, P., Gómez-Pérez, V. A., Cruz-Tolentino, J. A. y Jarillo-Silva, A., (2022), *Minería de texto para el estudio de un estado del arte en el uso de señales fisiológicas para la detección de emociones: una perspectiva en la interacción humano robot*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 81-90. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10138>
- Cortez-Dena, E., Contreras-Mendoza, H. J., Mastranzo-Pérez, M., Ramírez-Muñoz, E. y Guerrero-Castellanos, J. F., *Control de velocidad para servomecanismos libre de modelo*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 91-96. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10152>
- Peñalosa-Mendoza, G. R., Becerra-Tapia, V., Vázquez-Barajas, C. y Carreón-Silva, L. M., (2022), *Wheelchair assistive system with EMG*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 97-102. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10129>
- García, M., y Lugo-Gonzalez, E., (2022), *Prototipo para rehabilitación de miembros inferiores en lactantes hipotónicos*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 103-108. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10159>
- Sotelo-Orozco, A., Becerra-Tapia, V., Vázquez-Barajas, C. y Vázquez-López, C. E. *Experimental blood glucose estimation from photoplethysmography recordings on distal finger phalange*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 109-113. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10074>
- Gudiño-Lau, J., Llamas-Woodward, C.A., Alcalá-Rodríguez, J., Charre-Ibarra, S., Jarillo-Silva, A. y Durán-Fonseca, M., (2022), *Manipulación de un brazo robot mediante el seguimiento de los ojos*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 114-120. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10105>
- Valdés-Rincón, E., Domínguez-Ramírez, O. A. y Lechuga-Gutiérrez, L. R., (2022), *Asistencia Robotizada Adaptable del Miembro Superior Basado en Respuesta Biomecánica y Fisiológica del Humano*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 121-130. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10205>
- Lechuga-Gutiérrez, L. R. y Domínguez-Ramírez, O. A., *Cinématica directa e inversa para una interfaz háptica basada en álgebra de cuaterniones*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 131-139. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10206>
- Vázquez-Muñoz, S. D., González-Miranda, O., Ibarra-Zannatha, J. M., (2022), *Desarrollo de un sistema de navegación autónoma para un robot móvil basado en una cámara RGB-D*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 140-145. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10142>
- Rico-Mendoza, H., Reyna-Rodríguez, M., Morales-Díaz, A., Ordaz-Hernández, K. y Treasatayapun, C., *Navegación autónoma en interiores basada en localización visual*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 146-151. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10112>
- Rodríguez-Castellanos, D., Solis-Perales, G. y Blas-Valdez, M., (2022), *Control neuro-robusto del sistema líder-seguidor de agentes móviles*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 152-158. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10131>
- Bugarin, E., Aguilar-Bustos, A. Y. y Durazo-Acevedo, S., (2022), *Leader-follower scheme for unicycle-type mobile robots with mounted camera*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 159-164. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10149>
- Valdés-Rincón, E. y Domínguez-Ramírez, O. A., *Clasificación de gestos de la mano basado en Polinomios Anidados por medio de EMG*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 165-171. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10204>
- Victorino-Aguilar, J., Domínguez-Ramírez, O. A. y Peña-Ramírez, J., *Control PID Deslizante con Generador de Tiempo Base para un Sistema de Levitación Magnética*, Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10(Especial5), 172-177. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial5.10203>