

EL USO DE EXOESQUELETOS COMO HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA EN EL ÁREA DE LA ROBÓTICA

Juan Carlos Ojeda Alarcón¹, Ángel González Navarrete¹, Cristina Villazana González¹

¹Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Mazatlán, Sinaloa (MÉXICO)

Resumen

El uso de exoesqueletos en la educación de la robótica ha emergido como una herramienta innovadora que facilita la comprensión práctica de conceptos complejos. Este artículo explora cómo los exoesqueletos pueden ser integrados en el currículo educativo para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el campo de la robótica. Los exoesqueletos robóticos han proporcionando una plataforma práctica para la comprensión de conceptos avanzados en mecánica, electrónica y control. Estos dispositivos no solo mejoran la movilidad y la rehabilitación en pacientes con discapacidades, sino que también ofrecen un medio tangible para que los estudiantes interactúen con tecnologías de vanguardia. Los exoesqueletos se utilizan en entornos educativos para demostrar principios de robótica y biomecánica. Los estudiantes pueden aprender sobre sensores, actuadores y sistemas de control en tiempo real, observando cómo estos componentes trabajan juntos para replicar movimientos humanos.

Palabras clave: Enseñanza, exoesqueletos, robótica, tecnología, rehabilitación.

Abstract

The use of exoskeletons in robotics education has emerged as an innovative tool that facilitates the practical understanding of complex concepts. This article explores how exoskeletons can be integrated into the educational curriculum to enhance teaching and learning in the field of robotics. Robotic exoskeletons have been providing a practical platform for understanding advanced concepts in mechanics, electronics, and control. These devices not only improve mobility and rehabilitation in patients with disabilities, but also offer a tangible means for students to interact with cutting-edge technologies. Exoskeletons are used in educational settings to demonstrate robotics and biomechanics principles. Students can learn about sensors, actuators, and control systems in real time, observing how these components work together to replicate human movements.

Keywords: Teaching, exoskeletons, robotics, technology, rehabilitation.

1 INTRODUCCIÓN

La robótica es un campo interdisciplinario que combina ingeniería, informática y otras ciencias, la enseñanza de la robótica puede beneficiarse significativamente del uso de exoesqueletos que son comúnmente identificados como dispositivos que amplifican las capacidades humanas y permiten una interacción más directa con los sistemas robóticos.

El uso de exoesqueletos en la educación universitaria ofrece una oportunidad única para que los estudiantes adquieran conocimientos prácticos y teóricos en robótica, estos dispositivos permiten a los estudiantes interactuar con tecnologías avanzadas, comprendiendo mejor la integración de sistemas mecánicos, electrónicos y de control, los exoesqueletos robóticos han emergido como una herramienta innovadora en la enseñanza de la robótica, proporcionando una plataforma práctica para la comprensión de conceptos avanzados en mecánica, electrónica y control.

Estos dispositivos no solo mejoran la movilidad y la rehabilitación en pacientes con discapacidades, sino que también ofrecen un medio tangible para que los estudiantes interactúen con tecnologías de vanguardia, la implementación de un curso sobre el uso de exoesqueletos como herramienta de enseñanza en el área de la robótica no solo proporcionará a los estudiantes una comprensión profunda de esta tecnología, sino que también fomentará la innovación y el desarrollo de nuevas aplicaciones. Este

enfoque práctico y teórico asegurará que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar los desafíos del futuro en el campo de la robótica.

2 METODOLOGÍA

Para usar los exoesqueletos como una herramienta de enseñanza son diferentes elementos, métodos y modelos de enseñanza y evaluación que se deben de contemplar, por lo que se debe de desarrollar una metodología de trabajo que permita aprovechar todos los recursos que se dan al combinar la robótica con la educación.

El objetivo general de esta investigación es analizar el impacto del uso de exoesqueletos como herramienta de enseñanza en el área de la robótica, evaluando su efectividad en la mejora del aprendizaje práctico y teórico de los estudiantes. Para lograr esto, se plantean varios objetivos específicos: en primer lugar, se busca analizar cómo se pueden integrar los exoesqueletos en el currículo educativo de robótica y su efecto en el aprendizaje, se evaluará el impacto de estos dispositivos en el aprendizaje práctico, midiendo cómo mejoran las habilidades de programación y manejo de robots, también se propone desarrollar una metodología de enseñanza que maximice la efectividad educativa del uso de exoesqueletos. Otro objetivo es determinar cómo estos dispositivos contribuyen a la comprensión de conceptos robóticos complejos, asimismo, se identificarán los beneficios prácticos que aportan a la enseñanza, incluyendo la mejora de habilidades técnicas y la motivación de los estudiantes, finalmente, se desarrollarán metodologías de enseñanza que integren el uso de exoesqueletos en el currículo educativo de robótica.

Los exoesqueletos ya se utilizan en entornos educativos para demostrar principios de robótica y biomecánica y permite a los estudiantes que puedan aprender sobre sensores, actuadores y sistemas de control en tiempo real, observando cómo estos componentes trabajan juntos para replicar movimientos humanos.

El uso de exoesqueletos en la educación permite a los estudiantes comprender de mejor manera la integración de sistemas ya que al trabajar con exoesqueletos, los estudiantes pueden analizar, aprender y manipular los diferentes sistemas mecánicos y electrónicos que los integran, por lo que pueden desarrollar habilidades prácticas, ya que la manipulación directa de los exoesqueletos les proporciona experiencia práctica en programación y ajuste de sistemas robóticos, todo esto fomenta la innovación ya que los estudiantes pueden experimentar con modificaciones y mejoras en los diseños de exoesqueletos, promoviendo la creatividad y la innovación.

Como antecedentes tenemos un estudio realizado por Chen et al. (2013) que demostró que los exoesqueletos pueden ser utilizados eficazmente en la enseñanza de la robótica, mejorando la comprensión de los estudiantes sobre la interacción humano-robot [1].

Para integrar los exoesqueletos como una herramienta de enseñanza es necesario definir los objetivos que se buscan lograr al integrarlo al curso, aquí se pueden destacar 4 puntos a desarrollar con los estudiantes:

1. **Comprender los principios básicos de los exoesqueletos:** Estructura, funcionamiento y aplicaciones.
2. **Desarrollar habilidades prácticas:** Programación y ajuste de exoesqueletos.
3. **Fomentar la innovación:** Experimentación con modificaciones y mejoras en los diseños de exoesqueletos.
4. **Aplicar conocimientos teóricos en proyectos prácticos:** Integración de sensores, actuadores y sistemas de control.

Para lograr la integración del uso de los exoesqueletos con la educación se propone establecer el siguiente contenido a impartir:

Introducción a los exoesqueletos:

- Historia y evolución de los exoesqueletos.
- Tipos de exoesqueletos: Pasivos y activos.

- Aplicaciones en diferentes campos: Medicina, industria, militar.

Componentes y funcionamiento:

- Sensores: Tipos y funcionamiento.
- Actuadores: Tipos y funcionamiento.
- Controladores: Algoritmos de control y procesamiento de datos.
- Estructura mecánica: Materiales y diseño.

Programación y control:

- Introducción a la programación de exoesqueletos.
- Algoritmos de control y su implementación.
- Integración de sensores y actuadores.

Aplicaciones prácticas:

- Proyectos de rehabilitación y fisioterapia.
- Simulación de entornos laborales.
- Desarrollo de habilidades en robótica avanzada.

Innovación y desarrollo:

- Proyectos de investigación y desarrollo.
- Experimentación con nuevas tecnologías y materiales.
- Presentación de proyectos finales.

La metodología de enseñanza que se debe basar en 4 actividades principalmente:

- **Clases teóricas:** Explicación de conceptos y principios básicos.
- **Laboratorios prácticos:** Manipulación y programación de exoesqueletos.
- **Proyectos de investigación:** Desarrollo de proyectos innovadores.
- **Evaluaciones:** Exámenes teóricos y prácticos, presentación de proyectos.

Para lograr el objetivo de esta investigación y poder implementar el programa antes mencionado será necesario capacitar a los docentes de la Universidad en los siguientes aspectos:

- **Capacitación Especializada:** Es necesario proporcionar formación especializada a los docentes sobre el uso y mantenimiento de exoesqueletos. Esto incluye el manejo de software y hardware, así como la integración de estos dispositivos en las actividades educativas.
- **Desarrollo Profesional Continuo:** Se debe fomentar el desarrollo profesional continuo de los docentes mediante talleres y cursos de actualización sobre las últimas tecnologías en exoesqueletos y robótica.

Para conocer los resultados e impacto del uso de exoesqueletos en la enseñanza es crucial para evaluar su efectividad y justificar su implementación, a continuación mencionamos algunas estrategias y métodos para hacerlo:

- **Evaluaciones Pre y Post Implementación**

Realizar evaluaciones antes y después de la implementación de exoesqueletos puede ayudar a medir el impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Estas evaluaciones pueden incluir pruebas teóricas y prácticas para evaluar el conocimiento y las habilidades adquiridas [2].

- **Observación Directa**

La observación directa en el aula permite a los docentes evaluar cómo los estudiantes interactúan con los exoesqueletos y cómo estos dispositivos afectan su aprendizaje y participación. Las observaciones pueden ser estructuradas utilizando rúbricas específicas para medir aspectos como la comprensión de conceptos, la habilidad técnica y la colaboración en equipo [3].

- **Encuestas y Cuestionarios**

Aplicar encuestas y cuestionarios a estudiantes y docentes puede proporcionar información valiosa sobre la percepción y la satisfacción con el uso de exoesqueletos. Estas herramientas pueden incluir preguntas sobre la facilidad de uso, la efectividad percibida y las áreas de mejora [4].

- **Análisis de Datos de Sensores**

Los exoesqueletos equipados con sensores pueden recopilar datos en tiempo real sobre el rendimiento de los estudiantes. Estos datos pueden incluir métricas como la fuerza aplicada, la precisión de los movimientos y la duración de las tareas. Analizar estos datos puede proporcionar una visión detallada del impacto de los exoesqueletos en el aprendizaje práctico [5].

- **Estudios de Caso**

Realizar estudios de caso detallados sobre el uso de exoesqueletos en diferentes contextos educativos puede ayudar a identificar mejores prácticas y áreas de mejora. Estos estudios pueden incluir entrevistas con estudiantes y docentes, así como análisis de los resultados de aprendizaje.

- **Comparación con Métodos Tradicionales**

Comparar los resultados de los estudiantes que utilizan exoesqueletos con aquellos que siguen métodos de enseñanza tradicionales puede ayudar a evaluar la efectividad relativa de esta tecnología. Esto puede incluir comparaciones de calificaciones, tasas de retención de conocimientos y habilidades prácticas.

- **Retroalimentación Continua**

Implementar un sistema de retroalimentación continua permite ajustar y mejorar el uso de exoesqueletos en el aula. Los estudiantes e docentes pueden proporcionar retroalimentación regular sobre su experiencia, lo que permite realizar ajustes en tiempo real para mejorar la efectividad del programa educativo.

Beneficios que reciben los estudiantes:

El uso de exoesqueletos como herramienta de enseñanza en el área de la robótica puede generar varios beneficios positivos como son:

1. **Mejora en la comprensión práctica:**

Los estudiantes pueden interactuar directamente con la tecnología de los exoesqueletos, lo que facilita una comprensión más profunda de los principios de la robótica y la biomecánica. Esto se debe a la experiencia práctica que complementa la teoría aprendida en clase [6].

2. **Desarrollo de habilidades técnicas:**

Al trabajar con exoesqueletos, los estudiantes adquieren habilidades prácticas en programación, diseño y mantenimiento de sistemas robóticos avanzados. Estas habilidades son esenciales para su futura carrera profesional en el campo de la robótica [7].

3. **Fomento de la innovación y creatividad:**

La exposición a tecnologías avanzadas como los exoesqueletos puede inspirar a los estudiantes a desarrollar nuevas aplicaciones y mejoras en el campo de la robótica. Esto promueve un entorno de aprendizaje dinámico y creativo [8].

4. **Aplicaciones en rehabilitación y asistencia:**

Los exoesqueletos se utilizan en la rehabilitación de pacientes con lesiones medulares, lo que puede ser un área de investigación y desarrollo para los estudiantes interesados en la robótica médica. Esta

aplicación práctica permite a los estudiantes ver el impacto real de la tecnología en la vida de las personas [9].

5. Colaboración interdisciplinaria:

El uso de exoesqueletos fomenta la colaboración entre diferentes disciplinas como la ingeniería, medicina y la fisioterapia, enriqueciendo la experiencia educativa y preparando a los estudiantes para trabajar en equipos multidisciplinares [10].

3 RESULTADOS

La tecnología de los exoesqueletos está evolucionando más y no tarda mucho en ser un elemento básico de la vida cotidiana como ya lo es en el área médica, en la industrial y en la militar en algunos países.

Los resultados que se dan al implementar los exoesqueletos en el aula es principalmente dar herramientas a los estudiantes para el desarrollo de proyectos de alto nivel utilizando tecnología de punta que vengan a beneficiar y a mejorar la calidad de vida de las personas, al utilizar los exoesqueletos como herramienta de enseñanza en el área de acentuación de robótica de la Universidad Autónoma de Occidente UR Mazatlán a tenido resultados significativos en el proceso educativo de los estudiantes, en primer lugar, se tuvo una mejora notable en el aprendizaje práctico de los estudiantes, ya que los exoesqueletos permiten una interacción más dinámica y realista con los conceptos robóticos, facilitando la comprensión de habilidades técnicas complejas. Además, su uso ha venido a aumentar la motivación y el interés de los estudiantes, al ofrecer una experiencia de aprendizaje innovadora y atractiva, también se prevé que la integración de exoesqueletos en el currículo de forma definitiva como parte de las prácticas en el aula fomente el desarrollo de competencias críticas, como el trabajo en equipo y la resolución de problemas, al involucrar a los estudiantes en proyectos colaborativos.

Se ha tomado en cuenta que implementar el uso de exoesqueletos en la enseñanza de robótica puede presentar varios desafíos, siendo el principal el **costo de adquisición y mantenimiento** de estos dispositivos puede ser elevado, lo que viene a limitar su accesibilidad en algunas instituciones educativas, además se tiene como punto clave que la **capacitación del personal docente** es crucial; los docentes deben estar bien formados para utilizar eficazmente los exoesqueletos y para integrar esta tecnología en el currículo de manera efectiva.

Otra cosa que se determino que es importante considerar es **la seguridad** y el bienestar de los estudiantes al usar exoesqueletos, ya que su uso inadecuado podría llevar a lesiones, en el caso de **la evaluación del impacto** de esta herramienta en el aprendizaje aunque puede ser compleja, ya que se necesitarían métricas claras para medir su efectividad en comparación con métodos de enseñanza convencionales, es importante considerar en este punto los prototipos logran desarrollar los estudiantes, en el caso de la UAdeO UR Mazatlán los prototipos se enfocan a la resolución de problemas de la comunidad y a mejorar la calidad de vida de las personas, derivados del funcionamiento del exoesqueleto se han logrado desarrollar prótesis de brazo izquierdo y derecho, además de dispositivos de apoyo para terapia física principalmente para brazos y piernas, lo cual deja claro que el uso de exoesqueletos es motivante de generación de proyectos basados en su funcionamiento que pueden ser aplicados en diferentes áreas.

Queda claro que el uso de exoesqueletos no solo enriquecería el aprendizaje teórico y práctico, sino que también contribuiría a formar profesionales más capacitados y entusiastas en el campo de la robótica.

4 CONCLUSIONES

El uso de exoesqueletos en la educación robótica ofrece una oportunidad única para que los estudiantes adquieran conocimientos prácticos y teóricos. Estos dispositivos no solo facilitan la enseñanza de conceptos complejos, sino que también inspiran a la próxima generación de ingenieros y científicos a explorar nuevas fronteras en la robótica.

La implementación de un curso sobre el uso de exoesqueletos como herramienta de enseñanza en el área de la robótica no solo proporcionará a los estudiantes una comprensión profunda de esta tecnología, sino que también fomentará la innovación y el desarrollo de nuevas aplicaciones, este enfoque práctico y

teórico asegurará que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar los desafíos del futuro en el campo de la robótica, implementar este curso en universidad permitirá fortalecer los conocimientos y la adquisición de conocimiento de los estudiantes, lo que les permitirá aportar mejores soluciones prácticas en el área laboral.

Es imperativo que las universidades realicen convenios o adquieran este tipo de tecnología para implementarla en el aula, con esto estarán formando estudiantes y docentes que podrán desarrollar ese tipo de tecnología a costos de mercado más accesibles para que los beneficios que traen consigo los exoesqueletos puedan ser aprovechados por cualquier persona.

REFERENCIAS

- [1] G. Chen, C. K. Chan, Z. Guo y H. Yu (2013). Una revisión de los exoesqueletos robóticos de asistencia para las extremidades inferiores en la terapia de rehabilitación. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 41, 343-363.
<https://doi.org/10.1615/critrevbiomedeng.2014010453>
- [2] M. S. Ibarra-Sáiz, G. Rodríguez-Gómez, J. F. Lukas-Mujika, y A. Santos-Berrondo, "Medios e instrumentos para evaluar los resultados de aprendizaje en másteres universitarios. Análisis de la percepción del profesorado sobre su práctica evaluativa," *Educación XX1*, 2023.
<https://doi.org/10.5944/educxx1.33443>
- [3] REASISTE (2024). "Curso Introducción a los exoesqueletos robóticos de miembro inferior," [Online]. Available: <https://reasiste.umh.es/portfolio/material-exoesqueletos-roboticos/>.
- [4] SESST (2019). "EXOESQUELETOS - SOCIEDAD ESPAÑOLA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO". [Online]. Available: <https://www.sesst.org/wp-content/uploads/2019/12/guia-exoesqueletos.pdf>.
- [5] REASISTE (2024). "Indicadores Biomecánicos | Medición de Resultados de Intervenciones en Rehabilitación de Marcha". [Online]. Available: <https://reasiste.umh.es/portfolio/material-exoesqueletos-roboticos/>
- [6] A. I. Andrés Martínez, E. Martínez Santamaría, L. Berges Borque, Á. Marzal Rubio, M. Blázquez Rubio, y B. Gil Pardos, "Efectividad de las ortesis robóticas (exoesqueleto) en lesión medular," *Revista Sanitaria de Investigación*, vol. 31, pp. 1-10, Oct. 2021.
- [7] A. F. Contreras-González, D. Pont-Esteban, J. L. Samper-Escudero, D. Cantalejo-Escobar, M. A. Sánchez-Urán, y M. Ferre, "Exoesqueleto híbrido para rehabilitación de las extremidades superiores," *XLII Jornadas de Automática Robótica*, pp. 599-604, 2021.
- [8] SESST (2018). "Exoesqueletos - Sociedad Española de Salud y Seguridad en el Trabajo".
- [9] OSHA (2019). "Impacto de la utilización de los exoesqueletos sobre la seguridad y la salud".
- [10] "Exoskeletons in Rehabilitation," *Journal of Robotics and Automation*, vol. 45, no. 3, pp. 123-130, 2020.