

Reconversión hospitalaria sustentable: cómo la inteligencia artificial y la simulación mejoran la gestión de suministros médicos

Ramiro Meza-Palacios ^{1,*}, Alberto A. Aguilar Lasserre ¹, Alina Evelyn Badillo Márquez ¹, German Domínguez Carrillo ²

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México TecNM, Campus Orizaba, Veracruz, México.

² TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, Subdirección de posgrado e investigación. Álamo Temapache, Veracruz.

* Autor de correspondencia: ramiro.mepa@gmail.com

Artículo de divulgación científica

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 3 de septiembre de 2025

Publicado: 6 de octubre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.513>

Resumen: La reconversión hospitalaria es el proceso de adaptar rápidamente las infraestructuras y recursos de los hospitales ante situaciones de emergencia sanitaria, como las pandemias, los desastres naturales, etc. Este proceso es crucial para asegurar una respuesta eficiente a los picos de demanda de atención médica. En este contexto, las tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) y la simulación juegan un papel vital en la optimización de la gestión de suministros médicos y la logística hospitalaria. La IA permite predecir las necesidades de recursos médicos esenciales, como respiradores y medicamentos, utilizando datos históricos y patrones de consumo. Esto ayuda a anticiparse a la posible escasez y a reducir el desperdicio. Por otro lado, la simulación puede modelar escenarios logísticos en tiempo real, optimizando las rutas de distribución y mejorando la eficiencia en la entrega de suministros médicos. Además, la integración de estas tecnologías contribuye a la sustentabilidad, al minimizar el desperdicio de recursos y mejorar la eficiencia operativa. Este enfoque no solo ayuda a los hospitales a adaptarse mejor a situaciones de crisis, sino que también prepara los sistemas de salud para desafíos futuros, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de los recursos médicos.

Palabras clave: inteligencia artificial; simulación; reconversión hospitalaria; emergencias sanitarias.

Introducción

La gestión eficiente de los suministros médicos y la logística de recursos es fundamental para el buen funcionamiento de los hospitales, especialmente durante situaciones de emergencias sanitarias. El rápido aumento de la demanda de recursos médicos críticos, como respiradores, mascarillas y medicamentos, expuso vulnerabilidades en los sistemas tradicionales de gestión de inventarios, como se observa en la Figura 1. Sin embargo, la integración de tecnologías avanzadas como la Inteligencia Artificial (IA) y la simulación han emergido como una solución clave para optimizar estos sistemas, mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio. Además, dentro de este contexto, la reconversión hospitalaria juega un papel crucial. Este concepto se refiere al proceso de transformar la infraestructura, los recursos y la organización de un hospital para poder adaptarse a una situación de emergencia sanitaria (Arji *et al.*, 2023).

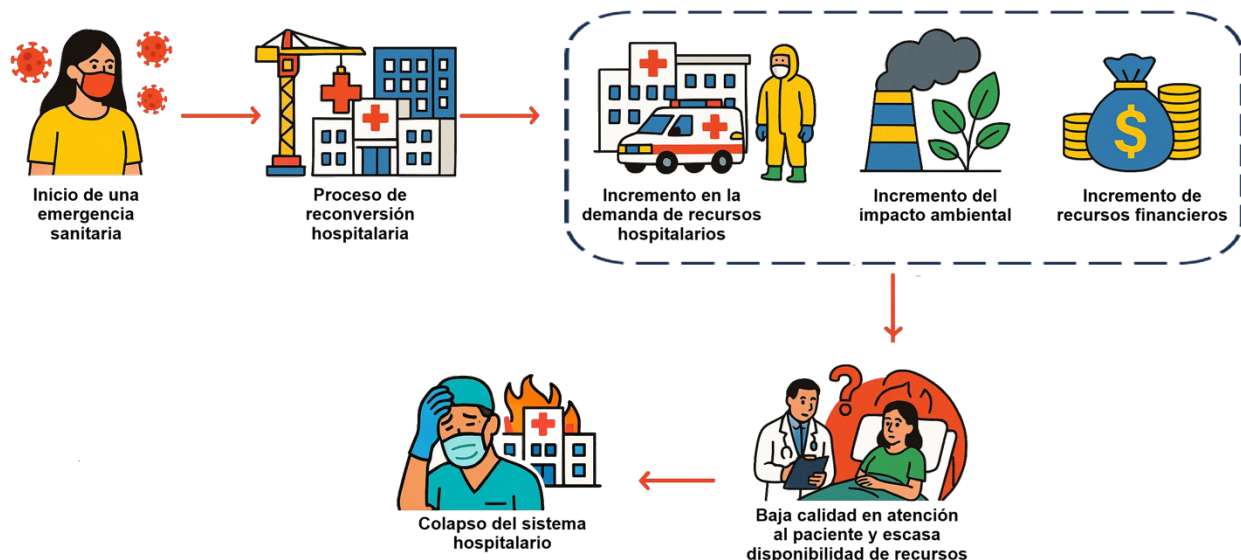


Figura 1. Consecuencias de un proceso de reconversión hospitalaria ineficiente.

Desarrollo

Inteligencia artificial para la predicción y gestión de inventarios

Uno de los mayores desafíos enfrentados por los hospitales durante emergencias sanitarias ha sido la escasez de suministros críticos. La IA ha demostrado ser una herramienta poderosa para prever las necesidades de suministros médicos y anticipar posibles desabastecimientos. A través del análisis de datos históricos, patrones de consumo y posibles brotes de enfermedades, los algoritmos de IA, como las Redes Neuronales Artificiales (RNAs), Lógica Difusa (LD) o los algoritmos de Machine Learning (ML) pueden predecir con alta precisión las demandas futuras de productos médicos esenciales. Esto permite que los hospitales se anticipen a las necesidades, mejoren la planificación de compras y gestionen mejor sus inventarios. Al predecir y gestionar mejor los inventarios, la IA contribuye a la sustentabilidad en el sector hospitalario. Optimizar la gestión de recursos asegura la disponibilidad de suministros y reduce el desperdicio (Ugwu *et al.*, 2024). Esto impacta positivamente en el medio ambiente, al minimizar la generación de recursos adicionales, como embalajes y transporte innecesarios. Además, la previsión precisa de suministros disminuye las compras excesivas, reduciendo la huella de carbono asociada con la fabricación y el transporte de productos médicos. Un ejemplo claro, es utilizar modelos predictivos de ML para que los hospitales puedan calcular las cantidades necesarias de equipos médicos según el número de pacientes previstos y la duración de sus tratamientos, minimizando tanto el riesgo de desabastecimiento como el exceso de inventario. Este enfoque ayuda a reducir costos, mejora la disponibilidad de productos críticos y, a largo plazo, optimiza los recursos materiales, financieros y humanos en los hospitales (Allahham *et al.*, 2023).

Simulación para la optimización de la cadena de suministro

La simulación ofrece un enfoque innovador para optimizar la distribución de suministros médicos en tiempo real, especialmente en situaciones donde las demandas varían rápidamente, como en una crisis sanitaria. A través de modelos complejos que integran varios métodos. Por ejemplo, el software AnyLogic puede modelar relaciones en diferentes niveles de complejidad al integrar tres tipos de simulación en un solo modelo (simulación de eventos discretos, simulación de agentes, y simulación dinámica). Con esta herramienta, los hospitales pueden anticipar y gestionar las fluctuaciones de la demanda y las interrupciones en la cadena de suministro. Una de las aplicaciones más eficaces de las simulaciones es el análisis de rutas de distribución utilizando software como anyLogistix. Los modelos de simulación permiten prever cómo las diferentes variables (como el transporte, la ubicación geográfica de los hospitales y la disponibilidad de personal) afectan la distribución de suministros, ayudando a optimizar la logística y garantizar que los recursos lleguen a donde se necesiten de la manera más eficiente posible (Aldrighetti *et al.*, 2019) (Camur *et al.*, 2023). Además, al mejorar la planificación de rutas y la asignación de recursos, se minimiza el uso innecesario de vehículos y energía, lo que contribuye a una reducción de la huella de carbono. Este enfoque también permite evitar el transporte excesivo de productos, lo que disminuye la contaminación ambiental generada por las emisiones de CO₂. Así, la simulación favorece la sustentabilidad al optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental asociado con la cadena de suministro. Un hospital en una región con limitados recursos de transporte utilizó simulación para analizar cómo se podían reducir los tiempos de entrega de suministros médicos esenciales, considerando las restricciones de tráfico y las variaciones en la demanda. Como resultado, el sistema propuso una nueva configuración de rutas, reduciendo significativamente los tiempos de espera y mejorando la disponibilidad de suministros para las unidades más críticas (Hu *et al.*, 2024).

Beneficios y futuro de la IA y la simulación en la gestión de recursos médicos

La integración de la IA y la simulación no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sustentabilidad. Al prever y gestionar mejor los inventarios, los hospitales pueden reducir el desperdicio de suministros y minimizar el impacto ambiental de las compras excesivas o el desecho de productos médicos no utilizados. Además, estas tecnologías permiten una mejor toma de decisiones a nivel estratégico, tanto en la planificación de recursos como en la respuesta a emergencias (Qu & Kim, 2024).

El futuro de la gestión de suministros médicos y la logística de recursos estará marcado por una mayor automatización y precisión gracias al uso de tecnologías como la IA. La constante mejora en los algoritmos predictivos y la simulación hará posible un sistema hospitalario más eficiente, resiliente y adaptado a las necesidades cambiantes de los hospitales

y las comunidades a nivel mundial (Ortiz-Barrios *et al.*, 2020). La Figura 2 describe el proceso de intervención de la IA y la simulación en la reconversión hospitalaria. En esta figura se describe como ambas tecnologías pueden optimizar inventarios y los recursos hospitalarios. Además, facilitan una toma de decisiones más informada y estratégica. La automatización y los algoritmos predictivos aumentan la eficiencia y resiliencia de los hospitales, adaptándolos a situaciones cambiantes.

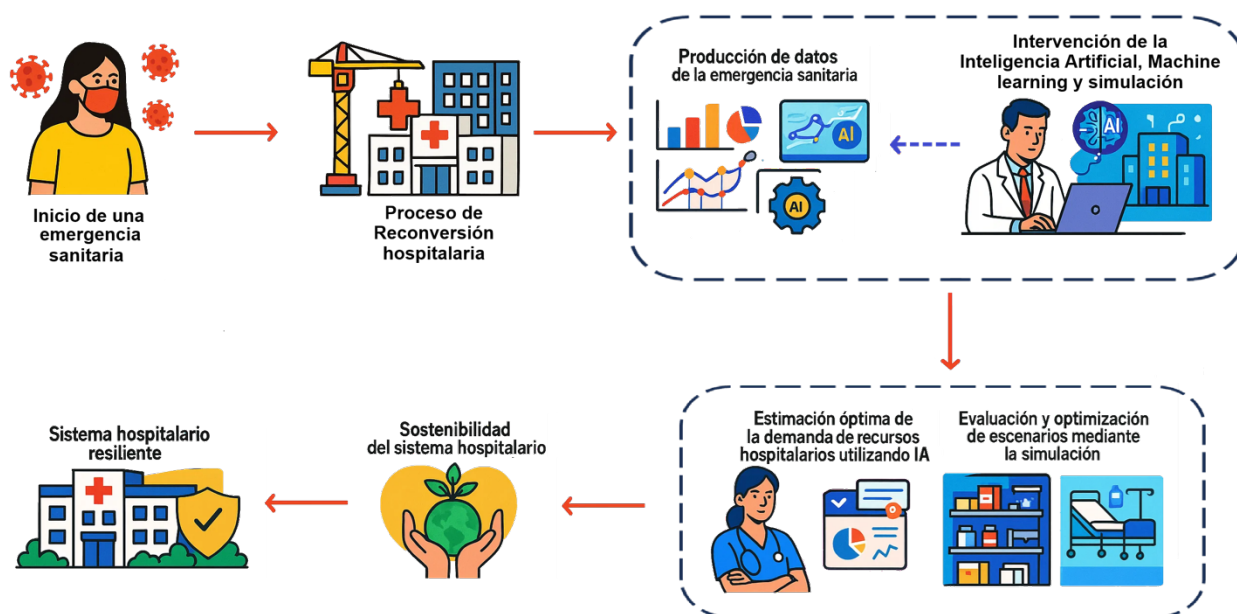


Figura 2. Intervención de la IA y la simulación en la reconversión hospitalar.

Limitaciones consideradas para un uso efectivo y eficiente de la IA y la simulación

La implementación de IA y simulación en hospitales enfrenta varias limitaciones. En primer lugar, la calidad y disponibilidad de los datos es crucial para la efectividad de estas tecnologías, pero muchos hospitales carecen de datos completos e integrados, lo que puede afectar las predicciones y decisiones operativas (Ahmed *et al.*, 2023). Además, la capacitación del personal es un desafío, ya que la falta de formación especializada puede generar resistencia al cambio y errores operativos, afectando la eficiencia del sistema (Wei *et al.*, 2025).

Otro obstáculo importante son los costos asociados, como la adquisición de software, hardware y la capacitación del personal, que pueden ser prohibitivos para hospitales con presupuestos limitados (Senvisky *et al.*, 2023). Finalmente, la integración con sistemas existentes es compleja y costosa, ya que muchos hospitales operan con infraestructuras tecnológicas anticuadas (Borges do Nascimento *et al.*, 2023).

Reconversión hospitalaria: un enfoque crítico en situaciones de emergencia

La reconversión hospitalaria es un proceso clave cuando los sistemas de salud deben adaptarse rápidamente a situaciones excepcionales, como una pandemia. Durante la crisis sanitaria global provocada por el COVID-19, los hospitales tuvieron que reorganizar sus capacidades, modificar sus instalaciones y redistribuir sus recursos para poder hacer frente al aumento de la demanda de atención médica. Este proceso incluye la reconversión de espacios físicos, la reconfiguración de las áreas de atención y la reorientación de los recursos médicos para poder responder de manera más eficiente a la emergencia. La reconversión hospitalaria no solo implica el ajuste en las infraestructuras, sino también en la forma en que los hospitales gestionan sus suministros y recursos humanos. La IA y la simulación optimizan la gestión de recursos, mejorando la eficiencia y reduciendo el desperdicio al predecir las demandas de suministros médicos mediante el análisis de datos históricos y patrones de consumo, ayuda a los hospitales a evitar tanto el desabastecimiento como el exceso de inventario.

Esto tiene un impacto positivo en el medio ambiente, al minimizar la necesidad de nuevos recursos y transportes, lo que disminuye la huella de carbono. Estas tecnologías apoyan una reconversión más sustentable, permitiendo una respuesta rápida sin comprometer el entorno. Además, favorecen una gestión eficiente y adaptativa ante futuras emergencias sanitarias (Perez-Tezoco *et al.*, 2023).

Conclusiones

La IA y la simulación han transformado la manera en que los hospitales gestionan sus suministros médicos y recursos logísticos. Estas tecnologías no solo optimizan la eficiencia y la disponibilidad de recursos, sino que también reducen el desperdicio y permiten una respuesta más rápida y adaptativa a situaciones de emergencia. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, es probable que jueguen un papel aún más crucial en la creación de sistemas hospitalarios más sostenibles y preparados para afrontar futuros desafíos sanitarios globales. La reconversión hospitalaria, facilitada por estas herramientas, es esencial para mejorar la resiliencia del sistema de salud frente a emergencias sanitarias.

Bibliografía

- Ahmed, M. I., Spooner, B., Isherwood, J., Lane, M., Orrock, E., & Dennison, A. (2023). A Systematic Review of the Barriers to the Implementation of Artificial Intelligence in Healthcare. *Cureus*, 15(10). <https://doi.org/10.7759/cureus.46454>
- Aldrighetti, R., Zennaro, I., Finco, S., & Battini, D. (2019). Healthcare Supply Chain Simulation with Disruption Considerations: A Case Study from Northern Italy. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 20(s1), 81–102. <https://doi.org/10.1007/s40171-019-00223-8>
- Allahham, M., Sharabati, A. A., Hatamlah, H., Ahmad, A. Y. B., Sabra, S., & Daoud, M. K. (2023). Big Data Analytics and AI for Green Supply Chain Integration and Sustainability in Hospitals. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19, 1218–1230. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.111>
- Arji, G., Ahmadi, H., Avazpoor, P., & Hemmat, M. (2023). Identifying resilience strategies for disruption management in the healthcare supply chain during COVID-19 by digital innovations: A systematic literature review. *Informatics in Medicine Unlocked*, 38(November 2022), 101199. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101199>
- Borges do Nascimento, I. J., Abdulazeem, H., Vasanthan, L. T., Martinez, E. Z., Zucoloto, M. L., Østengaard, L., Azzopardi-Muscat, N., Zapata, T., & Novillo-Ortiz, D. (2023). Barriers and facilitators to utilizing digital health technologies by healthcare professionals. *Npj Digital Medicine*, 6(1), 1–28. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00899-4>
- Camur, M., Thanos, A., Yund, W., Tseng, C., White, C., & Iakovou, E. (2023). An integrated system dynamics and discrete event supply chain simulation framework for supply chain resilience with non-stationary pandemic. *Proceedings of the 2023 Winter Simulation Conference*, IEEE Access, 1617–1628. <https://doi.org/10.1109/WSC60868.2023.10407779>
- Hu, J., Zhang, Y., Liu, Y., Hou, J., & Zhang, A. (2024). Optimization of household medical waste recycling logistics routes : Considering contamination risks. *PLoS ONE*, 19(10), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311582>
- Ortiz-Barrios, M., Arias-Fonseca, A., Ishizaka, A., Barbati, M., Avendaño-Collante, B., & Navarro-Jiménez, E. (2020). Artificial intelligence and discrete-event simulation for capacity management of intensive care units during the Covid-19 pandemic : A case study. *Journal of Business Research Journal*, 160(113806). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113806>
- Perez-Tezoco, J. Y., Aguilar-Lasserre, A. A., Moras-Sánchez, C. G., Vázquez-Rodríguez, C. F., & Azzaro-Pantel, C. (2023). Hospital reconversion in response to the COVID-19 pandemic using simulation and multi-objective genetic algorithms. *Computers and Industrial Engineering*, 182(June). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109408>
- Qu, C., & Kim, E. (2024). Reviewing the Roles of AI-Integrated Technologies in Sustainable Supply Chain Management : Research Propositions and a Framework for Future Directions. *Sustainability*, 16(6168), 2–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16146186>
- Senvisky, J., McKenna, R., & Okuda, Y. (2023). *Financing And Funding A Simulation Center*. StatPearls. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568786/>
- Ugwu, O., Omolola, H. F., Sanusi, M., Onasanya, T., Ugwu, O. I., Peay, A., & Adetoun Sanusi, M. (2024). Artificial Intelligence in Healthcare Supply Chains: Enhancing Resilience and Reducing Waste. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 10(3), 203–217. <https://www.ijariit.com>
- Wei, Q., Pan, S., Liu, X., Hong, M., Nong, C., & Zhang, W. (2025). The integration of AI in nursing: addressing current applications, challenges, and future directions. *Frontiers in Medicine*, 12(4). <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1545420>