



Recibido: 31-03-2025
Aceptado: 12-05-2025

Simulación en anestesia total intravenosa

Simulation in total intravenous anesthesia

Dra. Teresa Cortés-Hernández,* Dra. Rocío Delgado-Cortés,‡
Dr. César Alejandro Martínez-de los Santos,§ Dra. Sandra Raudales-Ruiz¶

Citar como: Cortés-Hernández T, Delgado-Cortés R, Martínez-de los Santos CA, Raudales-Ruiz S. Simulación en anestesia total intravenosa. Rev Mex Anestesiol. 2025; 48 (3): 148-152. <https://dx.doi.org/10.35366/120419>

Palabras clave:

aprendizaje,
práctica deliberada,
perfusiones, objetivo.

Keywords:

learning, deliberate
practice, infusions, target.

RESUMEN. La repetición nos perfecciona en el aprendizaje de habilidades y en el ámbito del personal de salud lo vemos y aplicamos diariamente. La práctica deliberada se basa en establecer actividades con objetivos definidos, la motivación individual para alcanzar los objetivos, la retroalimentación constante e inmediata y la oportunidad de repetir las actividades hasta el refinamiento. Un equipo clave para realizar perfusiones intravenosas seguras es la bomba de infusión, también conocida como bomba de perfusión intravenosa. La gestión inadecuada de un equipo médico puede tener consecuencias graves, como la selección incorrecta del modelo farmacocinético, uso del modelo en una población o errores de dosificación. La formación adecuada en el manejo de las perfusoras de TCI reduce los riesgos de eventos adversos, mejorando la seguridad del paciente y aumentando la calidad de la atención proporcionada por el médico anestesiólogo.

ABSTRACT. Repetition improves our skills, and in healthcare, we see and apply this daily. Deliberate practice relies on establishing activities with defined goals, individual motivation to achieve objectives, constant and immediate feedback, and the opportunity to repeat activities until perfected. A key piece of equipment for performing safe intravenous infusions is the infusion pump, also known as an IV infusion pump. Improper management of medical equipment can have serious consequences, such as the incorrect selection of the pharmacokinetic model, the use of the model in a population, or dosing errors. Proper training in the use of TCI infusion machines reduces the risk of adverse events, improving patient safety and enhancing the quality of care provided by the anesthesiologist.

Abreviaturas:

TCI = infusión controlada por objetivos (*Target Control Infusion*)
TIVA = anestesia total intravenosa (*Total IntraVenous Anesthesia*)
PK = farmacocinético

*Oigo y me olvido, veo y
recuerdo, hago y entiendo.
Confucio hace 2,500 años*

INTRODUCCIÓN

Se dice que uno aprende de sus errores no de sus éxitos, ésta es una ventaja en la simulación. Se sabe que la teoría no genera maestría, por lo que encontrar un mecanismo de práctica mejoraría significativamente la educación médica.

La simulación imita un encuentro clínico y se define como técnica que sustituye o amplifica

experiencias reales con experiencias guiadas que replican aspectos del mundo real de una manera interactiva a través de la tecnología.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología ha sido el factor que más ha contribuido en la evolución de los simuladores médicos, así como también resulta una mejora en las implicaciones éticas que pudieran surgir en el manejo de seres vivos y busca la seguridad del paciente^(1,2).

El ambiente ideal de aprendizaje al ser pre-determinado tiene que ser estandarizado, seguro y reproducible; favoreciendo el aprendizaje a través del ensayo y error, siendo posible repetirlo cuantas veces sea necesario. De esta manera, la simulación es un ambiente protegido que permite retroalimentación inmediata, reflexión y práctica permanente sin posibilidad de daño al paciente (*Figura 1*)^(3,4).

* Centro Médico Nacional (CMN) La Raza, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Ciudad de México.
† Hospital General Regional (HGR) No. 1 «Dr. Carlos Mac Gregor Sánchez Navarro», IMSS. Ciudad de México.
§ Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tecnológico de Monterrey. México.
¶ Hospital General de México «Dr. Eduardo Liceaga». Ciudad de México.

Correspondencia:
Dra. Sandra Raudales-Ruiz
E-mail: sandy_raudales@hotmail.com



LA IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE BASADO EN SIMULACIÓN

Existen limitaciones inherentes a la enseñanza en el quirófano; además de las distracciones naturales que dificultan el aprendizaje, es necesario considerar el equilibrio entre la atención al paciente y la educación.

Por lo tanto, recurrir a la simulación es la opción válida, ya que proporciona una plataforma para la capacitación en un entorno sin riesgos.

Si bien la simulación en anestesiología se utiliza principalmente para la formación en manejo de crisis, también se emplea para enseñar el manejo rutinario de la anestesia. Los simuladores de pacientes permiten recrear entornos realistas y ayudar a los médicos participantes a practicar habilidades rutinarias para la monitorización de pacientes y el reconocimiento y manejo de eventos críticos^(5,6).

El aprendizaje basado en simulación es una valiosa estrategia para desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes de profesionales sanitarios, fomentando una cultura de seguridad del paciente. Esta herramienta consiste en un proceso sistemático de toma de decisiones con oportunidades de práctica repetida hasta alcanzar la competencia, que permite evaluar la progresión de las mismas^(7,8).

Las principales modalidades de simulación son procedimental o práctica deliberada, escenarios de simulación y simulación inmersiva, que puede incluir entornos físicos y digitales a fin de crear una sensación de presencia; todas ellas pueden estar enfocadas tanto a la formación en habilidades técnicas como a la formación en habilidades no técnicas dentro o fuera de quirófano^(8,9).

La práctica deliberada implica la práctica repetitiva de una actividad a fin de adquirir, desarrollar y perfeccionar el dominio de habilidades técnicas cognitivas y psicomotoras^(10,11). Un ejemplo de ello, es el aprendizaje de la anestesia total intravenosa (TIVA) mediante simulación en bombas TCI (*Target Control Infusion*) o en aplicaciones médicas.



Figura 1: Artificial Intelligence Simulation Total Intravenous Anesthesia.



Figura 2: Escenario clínico.



Figura 3: Debriefing.

El escenario de simulación y simulación inmersiva incluye actividades estructuradas y desarrolladas para aproximarse tanto a la tarea a desarrollar durante el procedimiento como al entorno actual o futuro del mundo real y puede realizarse por medio de pacientes simulados, pacientes virtuales, realidad virtual, realidad aumentada^(10,11). Los simuladores se clasifican de acuerdo con su fidelidad en: baja fidelidad, fidelidad intermedia o mediana fidelidad y alta fidelidad^(12,13).

Las etapas de la simulación son: *prebriefing* o sesión informativa previa, introducción al ambiente de simulación, establecimiento de contratos de confidencialidad, escenario de simulación de 10 a 15 minutos, *debriefing*, cierre y posterior aplicación en la vida real (*Figuras 2 y 3*)^(10,11).

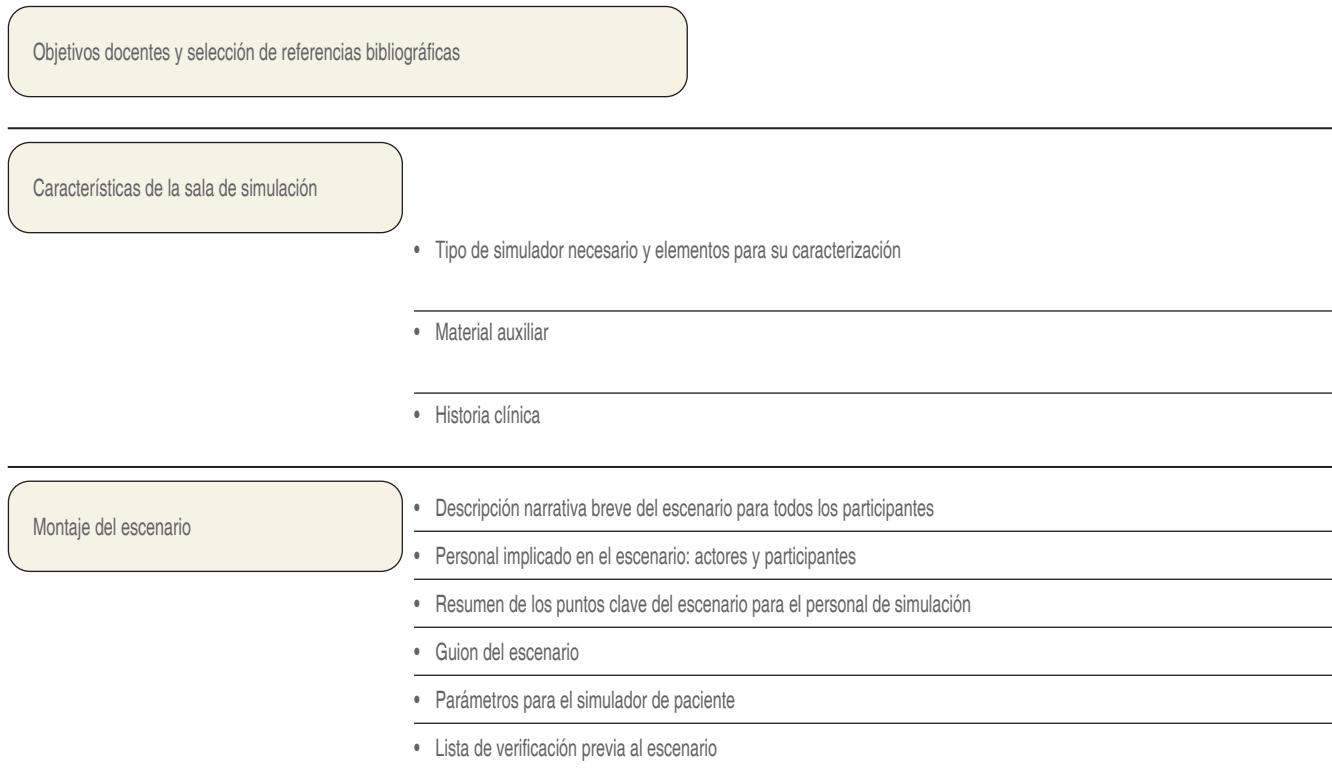


Figura 4: Guía para el diseño de escenario de simulación⁽¹⁵⁾.

CÓMO HACER SIMULACIÓN

Capacítate y capacite a sus profesores compañeros en simulación⁽¹⁴⁾.

Establezca^(10,11):

1. Objetivo y propósito de la simulación.
2. Nivel de habilidad o experiencia de los participantes.
3. Conocimiento, habilidad, actitudes o comportamientos a fortalecer.
4. Tipo y fidelidad del simulador, tecnología aplicable o requerida.
5. Lugar de simulación.
6. Planifique y diseñe del escenario, contexto, procedimiento o práctica deliberada a realizar.
7. Defina roles de los participantes, tiempo y lineamientos de la simulación.
8. Método de retroalimentación, reflexión y *debriefing* utilizado.

DISEÑO DE LOS ESCENARIOS

Elementos necesarios para el desarrollo de los escenarios: sala de simulación de alto realismo, sala de control, sala para

talleres, sala para el entrenamiento de habilidades técnicas invasivas y salas para el análisis de las actuaciones. Asimismo, un sistema de grabación audiovisual (*Figura 4*).

EL FUTURO ES HOY

En la actualidad las siguientes son las áreas a las que se han desarrollado protocolos de simulación:

1. Simulación en la gestión de la vía aérea^(16,17).
2. Simulación en anestesia regional^(18,19).
3. Simulación en anestesia obstétrica⁽²⁰⁾.
4. Simulación en anestesia cardiotorácica⁽²¹⁾.

Cada una de ellas particularizada por la necesidad de perfeccionar habilidades y destrezas manuales, toma de decisiones en momentos de crisis, así como el control de grupos multidisciplinarios de trabajo.

El costo de implementar la capacitación con simulación en anestesiología debe justificarse mediante una mejora demostrable en los resultados de los pacientes. Por lo que el uso de la simulación en anestesiología continúa creciendo. David M Gaba, experto en simulación en anestesiología, ha resumido esta idea de manera impecable: «ninguna industria

en la que las vidas humanas dependan del desempeño experto de operadores responsables ha esperado la prueba inequívoca del beneficio de la simulación para adoptarla».

Áreas de oportunidad de la simulación son la enseñanza-aprendizaje no técnica, aquellas aptitudes que incluyen la sensibilización situacional, la gestión de tareas, la planificación y la preparación, el trabajo en equipo, la adopción de decisiones y la comunicación. Las competencias no técnicas pueden contribuir a mejorar la comunicación, hablar y notificar errores, lo que puede dar lugar a una mejor cultura de seguridad de los pacientes.

La simulación también tiene sus propias limitaciones, especialmente en la medida en que un simulador puede reproducir situaciones de la vida real.

La disponibilidad y la financiación simultáneas son otras limitaciones comunes a su uso, ya que requiere un entrenamiento eficaz por parte de los profesores-instructores, así como una amplia preparación para desarrollar las dinámicas de enseñanza varias, como es el aprendizaje basado en aplicaciones del smartphone, podcasts, webinars y foros electrónicos^(22,23).

Sin embargo, el uso de la innovadora mezcla de enseñanza-aprendizaje obliga a la reestructuración en la evaluación. Estas herramientas pueden incluir la grabación de vídeo, el análisis de datos y la generación de informes detallados que ayuden a los profesionales a identificar áreas de mejora y a perfeccionar sus habilidades.

La simulación y sus herramientas no es un sustituto de la evaluación convencional⁽²⁴⁾.

LO PRÁCTICO DE LA SIMULACIÓN EN PERFUSIONES INTRAVENOSAS

Muchas veces hemos escuchado o utilizado la frase: «la práctica hace al maestro» y, en el campo del aprendizaje de habilidades en el personal de la salud, el realizar una acción en repetidas ocasiones conduce a la adquisición y perfección de habilidades. Anteriormente mencionamos que dentro de la simulación se puede realizar una práctica deliberada para optimizar el perfeccionamiento de una habilidad.

Esta práctica deliberada debe contar con las siguientes características: 1) el establecimiento de actividades con objetivos definidos, 2) la motivación individual para alcanzar los objetivos, 3) la realimentación constante e inmediata y 4) la oportunidad de repetir las actividades hasta su refinamiento (*Figura 5*)⁽²⁵⁾.

Uno de los equipos necesarios para realizar perfusiones intravenosas de una manera segura es utilizar una bomba de infusión o también conocida como bomba de perfusión intravenosa. En la práctica de la anestesia total intravenosa (TIVA), si nos diéramos a la tarea de clasificar estos dispositivos, lo haríamos en dos grandes grupos: los utilizados para

realizar perfusiones «manuales», basadas en cálculos de $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ o mL/h ; y las llamadas perfusoras inteligentes o TCI (*Target Control Infusion*) que guían la administración de la droga utilizando modelos matemáticos.

Contar con el conocimiento teórico, pero, principalmente, con el conocimiento práctico (el saber hacer) sobre la programación correcta y adecuada de las perfusoras TCI es fundamental para realizar una TIVA; razón por la cual nuestra inquietud del porqué los médicos especialistas y en formación cuenten, dentro de su arsenal de habilidades metacognitivas, con lo necesario sobre la identificación de las partes, la manipulación, programación, utilización correcta y adecuada de este dispositivo médico.

La gestión inadecuada de un equipo médico como lo es una perfusora TCI puede tener consecuencias graves, incluyendo la selección incorrecta del modelo farmacocinético (PK) para cada medicamento, utilizar el modelo PK en una población para la cual no se encuentra validado, incurrir en errores de dosificación (sobre e infradosificación) que tienen como consecuencia un mal manejo de los medicamentos hipnosedantes y opioides, que van a controlar la conciencia y la nocicepción del procedimiento anestésico quirúrgico al que son sometidos los pacientes.

La formación adecuada en el manejo de las perfusoras TCI reduce los riesgos de eventos adversos, mejorando la seguridad del paciente y aumentando la calidad de la atención proporcionada por el médico anestesiólogo.

Nuestro objetivo principal es capacitar al médico anestesiólogo en el manejo eficaz y seguro de la perfusora TCI, mediante la demostración de la colocación de la jeringa y la programación del equipo, así como la posterior verificación de lo mostrado. Esta práctica proporcionará un entorno controlado y supervisado, que facilitará el desarrollo de ha-



Figura 5: Práctica deliberada.

Tabla 1: Lista de cotejo para evaluar competencias sobre el uso correcto de *Target Control Infusion*.

Actividad	Realiza	No realiza
Abre adecuadamente la compuerta		
Coloca adecuadamente la jeringa		
Selecciona el modelo farmacocinético del fármaco deseado		
Ingresa los datos del paciente solicitados para la adecuada programación del modelo farmacocinético (PK)		
Presiona STAR para iniciar la infusión		
Sabe realizar el cambio en la concentración		

bilidades críticas y mejorará la competencia y confianza de los participantes en la aplicación de la TIVA en situaciones clínicas reales (*Tabla 1*).

REFERENCIAS

- Leblanc VR. Review article: simulation in anesthesia: state of the science and looking forward. *Can J Anaesth.* 2012;59:193-202.
- Green M, Tariq R, Green P. Improving patient safety through simulation training in anesthesiology: where are we? *Anesthesiol Res Pract.* 2016;2016:4237523.
- Naik VN, Brien SE. Review article: simulation: a means to address and improve patient safety. *Can J Anaesth.* 2013;60:192-200.
- Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editores. *Error es humano: construyendo un sistema de salud más seguro.* Washington, D.C., EEUU: Instituto de Medicina, National Academy Press; 1999.
- DeMaria S Jr, Levine AI, Cohen LB. Human patient simulation and its role in endoscopic sedation training. *Gastrointest Endosc Clin N Am.* 2008;18:801-813, x.
- Fujiwara S, Komasawa N, Tatsumi S, Sawai T, Minami T. Simulation-based sedation training in the operating room. *Masui.* 2014;63:934-937.
- Burnett GW, Goldhaber-Fiebert SN. The role of simulation training in patients' safety in anaesthesia and perioperative medicine. *BJA Educ.* 2024;24:7-12. doi: 10.1016/j.bjae.2023.10.002.
- Lorello GR, Cook DA, Johnson RL, Brydges R. Simulation-based training in anaesthesiology: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2014;112:231-245. doi: 10.1093/bja/aet414.
- Issenberg SB, Gordon MS, Gordon DL, Safford RE, Hart IR. Simulation and new learning technologies. *Med Teach.* 2001;23:16-23.
- Al-Elq AH. Simulation-based medical teaching and learning. *J Family Community Med.* 2010;17:35-40. doi: 10.4103/1319-1683.68787.
- Said Said Elshama. How to apply simulation-based learning in medical education? *Iberoamerican Journal of Medicine.* 2020;2:79-86. doi: 10.5281/zenodo.3685233.
- Hartwell DA, Grayling M, Kennedy RR. Low-cost high-fidelity anaesthetic simulation. *Anaesth Intensive Care.* 2014;42:371-377.
- Liu Y, Li J, Chang J, Xiao S, Pei W, Wang L. A new inexpensive ultrasound-guided central venous catheterization simulation model. *BMC Med Educ.* 2023;23:106. Available in: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04080-z>
- Pai DR, Kumar VH, Sobana R. Perioperative crisis resource management simulation training in anaesthesia. *Indian J Anaesth.* 2024;68:36-44. doi: 10.4103/ija.ija_1151_23.
- Maestre JM, Sancho R, Rábago JL, Martínez A, Rojo E, Moral I. Diseño y desarrollo de escenarios de simulación clínica: análisis de cursos para el entrenamiento de anestesiólogos. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica.* 2013;16:49-57. Disponible en: www.fundacioneducacionmedica.org
- Hubert V, Duwat A, Deransy R, Mahjoub Y, Dupont H. Effect of simulation training on compliance with difficult airway management algorithms, technical ability, and skills retention for emergency cricothyrotomy. *Anesthesiology.* 2014;120:999-1008.
- Boet S, Borges BC, Naik VN, Siu LW, Riem N, Chandra D, et al. Complex procedural skills are retained for a minimum of 1 yr after a single high-fidelity simulation training session. *Br J Anaesth.* 2011;107:533-539.
- Niazi AU, Halidpur N, Prasad AG, Chan VW. Ultrasound-guided regional anesthesia performance in the early learning period: effect of simulation training. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37:51-54.
- Udani AD, Macario A, Nandagopal K, Tanaka MA, Tanaka PP. Simulation-based mastery learning with deliberate practice improves clinical performance in spinal anesthesia. *Anesthesiol Res Pract.* 2014;2014:659160.
- Toledo P, Eosakul ST, Goetz K, Wong CA, Grobman WA. Decay in blood loss estimation skills after web-based didactic training. *Simul Healthc.* 2012;7:18-21.
- Eason MP. Simulation devices in cardiothoracic and vascular anesthesia. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2005;9:309-323.
- Gaba DM. Improving anesthesiologists' performance by simulating reality. *Anesthesiology.* 1992;76:491-494.
- Burnett GW, Goldhaber-Fiebert SN. The role of simulation training in patients' safety in anaesthesia and perioperative medicine. *BJA Educ.* 2024;24:7-12.
- Kundra P, Kurdi M, Mehrotra S, Jahan N, Kiran S, Vadhanan P. Newer teaching-learning methods and assessment modules in anaesthesia education. *Indian J Anaesth.* 2022;66:47-57.
- Barrientos-Jiménez M, Durán-Pérez VD, León-Cardona AG, García-Tellez SE. La práctica deliberada en la educación médica. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM.* 2015;58:48-55.