



INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Ed
Uva EDICIONES
Universidad
Valladolid

INSPIRA: diseño de un sistema de ayuda en simulación clínica INSPIRA: design of a support system for clinical simulation

Daniel Ferrero Heredero^{1,2}, David Rabanillo González^{1,2}, Sara Cruz Adrados^{2,3}, Miguel Ángel Castro Villamor^{4,5,6}, Víctor Rodríguez González^{6,7,8}, Jesús Poza Crespo^{6,7,8,9}, Francisco Martín Rodríguez^{4,5,6}

¹Estudiante de 4º del Grado en Ingeniería Biomédica. Universidad de Valladolid.

²Alumno Interno Numerario de Ingeniería Biomédica. Área de Simulación Clínica Avanzada. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.

³Laboratorio de Procesado de Imagen. E.T.S.I. Telecomunicación. Universidad de Valladolid.

⁴Dpto. Medicina, Dermatología y Toxicología. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.

⁵Centro de Simulación Clínica Avanzada. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.

⁶Instituto de Investigación Biosanitaria de Valladolid (IBioVALL).

⁷Grupo de Ingeniería Biomédica, Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática. E.T.S.I. Telecomunicación. Universidad de Valladolid.

⁸Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN).

⁹Instituto de Investigación en Matemáticas (IMUVA). Universidad de Valladolid.

Recibido: 15/07/2025

Aceptado: 30/08/2025

Correspondencia: ferreroherederodani@gmail.com

DOI: <https://www.doi.org/10.24197/cl.30.2025.16-24>

RESUMEN: La simulación clínica de alta fidelidad, dentro del ámbito de la simulación clínica, es una herramienta educativa esencial donde el alumno obtiene habilidades profesionales de gran relevancia; sin embargo, supone una fuente considerable de estrés negativo, sobre todo cuando se tratan algoritmos complejos como el manejo del paciente politraumatizado con el protocolo XABCDE. Por ello, en este artículo se presenta el desarrollo de la aplicación INSPIRA (*INtegrated Simulation Platform for Immersive Response & Assistance*) para guiar al alumnado durante las simulaciones clínicas de atención a pacientes politraumatizados. Los resultados obtenidos en el desarrollo de la aplicación sugieren que es una herramienta con gran potencial en la simulación clínica de alta fidelidad; además, INSPIRA puede ayudar a una mejora del aprendizaje en simulación y a contribuir a una reducción del nivel de estrés en los alumnos.

ABSTRACT: High-fidelity clinical simulation is an area within clinical simulation that serves as an essential educational tool, thanks to which the student obtains key professional abilities; however, its use is associated with a significant negative stress, especially when complex therapeutic algorithms are considered such as the XABCDE primary assessment protocol for medical simulation in polytrauma patient management. To tackle this issue, in this study it is presented the INSPIRA (*INtegrated Simulation Platform for Immersive Response & Assistance*) application to guide students during simulations in polytrauma patient management. The results obtained from the application's design suggest that INSPIRA holds great potential for enhancing high-fidelity clinical simulation; moreover, INSPIRA may contribute to improved learning outcomes and help to reduce stress levels among students in simulation.

PALABRAS CLAVE: simulación clínica, aplicación, estrés, aprendizaje

KEYWORDS: clinical simulation, application, stress, learning

1. INTRODUCCIÓN

La simulación clínica es una técnica educativa esencial que recrea situaciones y entornos representativos de eventos clínicos reales con fines de aprendizaje, práctica y evaluación. En la educación sanitaria, la formación práctica en situaciones reales es fundamental para poder aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y para desarrollar habilidades transversales. No obstante, el elevado número de estudiantes en los centros sanitarios dificulta su participación. Además, hay ciertos contextos sanitarios en los que es complicado aprender de forma práctica sin comprometer la seguridad del paciente o del alumno. Es por ello que la simulación clínica, y en concreto la de alta fidelidad, está adquiriendo una gran importancia. Esta permite recrear escenarios clínicos altamente realistas, replicando con precisión reacciones, interacciones y respuestas fisiológicas y farmacológicas propias de un escenario real. En este contexto, la Universidad de Valladolid (UVA) cuenta con el Centro de Simulación Clínica Avanzada (CSCA) desde 2021.

La labor del CSCA de la UVA es fundamental para la formación de los alumnos. Sin embargo, a pesar de su valor formativo intrínseco, las sesiones de simulación de alta fidelidad representan en ocasiones una fuente de estrés negativo para los estudiantes (1,2). Un ejemplo muy claro es el manejo del paciente politraumatizado, que se ha de llevar a cabo mediante el protocolo XABCDE (3). En estos escenarios en los que cada minuto es esencial, el estudiante muchas veces sufre una sobrecarga cognitiva y posterior bloqueo mental durante el desarrollo del caso (4). Como consecuencia, olvida seguir los protocolos conocidos y toma decisiones incorrectas. Todo esto está asociado con la respuesta que tiene el estudiante al estrés agudo al que está sometido en la simulación y que se debe principalmente a la complejidad de los casos a los que se enfrenta y al sentimiento de estar siendo constantemente evaluado (5,6). Aunque niveles moderados de estrés son beneficiosos para mejorar la atención y la consolidación de la memoria, niveles excesivos pueden sobrecargar al individuo (4,7). Esto se traduce en bloqueos cognitivos y una disminución en la capacidad de tomar decisiones, con el consiguiente impacto en su aprendizaje. En el propio CSCA de la UVA se ha observado cómo los alumnos sufren bloqueos cognitivos que comprometen el objetivo formativo. Debido a esto, se han llevado a cabo varios estudios para medir la activación simpática generada durante estas sesiones a través de variables bioquímicas y medidas pupilométricas (8,9).

Ante esta problemática de cómo el estrés agudo interfiere negativamente con el aprendizaje en las sesiones de simulación clínica avanzada, desde la Academia de Alumnos Internos de Medicina se ha desarrollado una aplicación que busca servir de guía estructurada durante las simulaciones. De este modo se pretende reducir la sobrecarga cognitiva y los niveles de estrés de los estudiantes. La aplicación desarrollada se denomina INSPIRA (*INtegrated Simulation Platform for Immersive Response & Assistance*). En esta primera etapa se ha desarrollado un módulo específico para el manejo del paciente politraumatizado basado en el protocolo XABCDE. En el presente artículo, se presenta el diseño de la aplicación INSPIRA y, en concreto, del módulo XABCDE.

2. OBJETIVO

En base a lo expuesto anteriormente, se plantea como hipótesis de trabajo que *el uso de aplicaciones guía en simulación clínica permite mejorar los resultados y reducir el nivel de estrés asociado*. Para validar esta hipótesis, establecemos como objetivo principal (OP) de este trabajo **diseñar una aplicación guía para la resolución de casos clínicos de pacientes simulados**. Para lograrlo se plantean una serie de objetivos específicos:

- (OE1) Desarrollar una aplicación modular, escalable y fácil de utilizar en sesiones de simulación clínica.
- (OE2) Diseñar un módulo específico que sirva de guía del protocolo XABCDE.
- (OE3) Integrar un método de generación de informes automático en la aplicación.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3. 1. Materiales.

Para el diseño de la aplicación, se ha utilizado el entorno de desarrollo React, combinando los lenguajes de programación JavaScript, CSS, HTML y Python. La decisión de utilizar estos lenguajes de programación se ha realizado basándose en que son lenguajes de desarrollo *web*, lo que permite un manejo de la aplicación desde cualquier dispositivo independientemente de su sistema operativo. La aplicación final está alojada en un servidor perteneciente al Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Valladolid, cuyo acceso viene dado a través del entorno Flask y se encuentra disponible a través del siguiente enlace (<https://gib.tel.uva.es/simmed/>).

3. 2. Métodos.

INSPIRA es una plataforma diseñada con el objetivo de ser un soporte *software* de la simulación clínica de alta fidelidad. La aplicación debe ser escalable, por lo que se ha seguido un diseño modular, conformado por un módulo de inicio, un módulo con información acerca del CSCA de la UVa y un conjunto de módulos de simulación clínica, que pueden ser simuladores de casos clínicos o herramientas de ayuda para la simulación clínica. En este trabajo, se ha abordado el diseño de un primer módulo de simulación clínica que pretende ser una guía del procedimiento XABCDE en la atención de pacientes simulados politraumatizados. La atención de los politraumatismos se lleva a cabo a través del protocolo secuencial XABCDE, cuyo objetivo es la detección y tratamiento de todas aquellas las lesiones que suponen un riesgo vital en el menor tiempo posible (3). En dicho protocolo se deben completar adecuadamente las siguientes fases para una evaluación correcta del paciente: exanguinación (X), vía aérea (A), ventilación (B), circulación (C), deficiencia neurológica (D), y, finalmente, entorno y exposición (E).

El diseño del módulo XABCDE de INSPIRA está primariamente orientado a que los usuarios puedan realizar un seguimiento de los pasos previamente mencionados utilizando una interfaz visual e intuitiva, donde se hace uso de códigos de colores y alertas automáticas para prevenir posibles errores o alertar de la necesidad de centrar la atención en ciertos aspectos o técnicas durante la valoración. Dicho módulo se encuentra dividido en seis secciones, correspondiendo cada una a las fases del protocolo XABCDE. En cada sección se realizan preguntas, se plantean diferentes opciones y se solicita la introducción de parámetros con el objetivo de simular de forma fiable el modo de llevar a cabo el protocolo. Los diferentes apartados dentro de cada fase han sido generados siguiendo fielmente el procedimiento descrito en el programa de educación en soporte vital de trauma prehospitalario desarrollado por la Asociación Nacional de Técnicos en Emergencias Médicas y el Comité para el Trauma del Colegio Americano de Cirujanos (3). Es de notar que ha sido adaptado y modificado a la práctica en la simulación clínica en estudiantes del Grado en Medicina, atendiendo a la retroalimentación recibida por profesionales de la salud expertos en el área (10). Además de poder realizar el seguimiento del protocolo XABCDE, el usuario tiene la posibilidad de modificar ciertos aspectos de la simulación mediante una configuración, donde, entre otras cosas, se puede añadir el uso de un cronómetro para medir el tiempo empleado.

Dada la naturaleza de la aplicación como herramienta de soporte, requiere la selección de, al menos, una casilla en cada apartado dentro de cada sección para poder pasar a la siguiente; de esta manera, se asegura que el usuario no se salta ningún paso del protocolo. Dada la diferencia entre cada fase, la arquitectura de la herramienta varía de forma adaptativa, aunque el diseño general se mantiene y el código de colores indica de forma constante si el paciente simulado muestra un estado favorable (color verde) o desfavorable (color rojo). Adicionalmente, como se ha mencionado anteriormente, cuando hay apartados dentro de una sección que requieren especial atención o cuidado en la respuesta, aparecen mensajes de advertencia ocupando la pantalla para llamar la atención del usuario y lograr dirigir la atención hacia dicho aspecto. De la misma manera, en caso de haber técnicas relacionadas con dichos apartados, se incluyen recordatorios visuales en forma de esquemas, para así complementar la información con retroalimentación visual que puede ayudar al usuario a relacionar apartados en específico con técnicas concretas. Dada la complejidad de algunos apartados en la selección de opciones, se ha incorporado un sistema de reglas lógicas tras la selección y cumplimentación de la información en las diferentes casillas. Estas reglas están basadas en la eliminación de opciones sin sentido patológico en caso de considerar ciertos valores (p.ej., si la vía aérea se encuentra abierta, no aparece el desplegable que guía el procedimiento de apertura y valoración de la misma); esto ayuda a reducir la cantidad de tiempo dedicada a la aplicación durante la simulación, ya que el usuario no accederá a dichos apartados y, como consecuencia, centra su atención únicamente en aquellos que son posibles.

De manera general, la lógica inherente a la evaluación de los diferentes apartados dentro de cada una de las fases del protocolo sigue un esquema de árbol de decisión, de forma que va guiando al usuario atendiendo a las opciones ya seleccionadas anteriormente. Adicionalmente, cuando el usuario cumplimenta por completo una fase, ésta se torna de color rojo o verde dependiendo de si las opciones seleccionadas y valores introducidos indican que el paciente no ha recibido daño en esa fase en específico o de si, en caso contrario, ha sufrido algún tipo de percance. Este código de colores permite que el usuario tenga una visión global del estado del paciente, pudiendo identificar de forma clara y rápida posibles errores. Tras la realización completa del protocolo, se ha introducido una funcionalidad adicional que permite la generación de un informe con las opciones señaladas y valores introducidos en cada una de las secciones del módulo XABCDE. Dicho informe proporciona una retroalimentación clara y rápida, permitiendo una comparación con el desempeño ideal y una corrección de errores de forma clara y productiva.

4. RESULTADOS

A continuación, mostramos los principales resultados del diseño de la aplicación INSPIRA, que se pueden resumir en:

- El menú principal de la aplicación (Figura 1)
- El menú de configuración del módulo XABCDE (Figura 2)
- Las secciones del módulo XABCDE (Figura 3)
- Una sección abierta, en este caso la sección D, Deficiencia Neurológica (Figura 4)
- El informe de la simulación (Figura 5)



Figura 1. Menú principal de la aplicación INSPIRA con el desplegable de acceso a los módulos de simulación.



Figura 2. Menú de configuración para el módulo XABCDE con la opción de cronómetro activada y la opción de ayudas desactivada.



Figura 3. Secciones X, A y B del módulo XABCDE con estados del paciente simulado desfavorable (rojo), favorable (verde) y sin evaluar (gris).

D

Deficiencia Neurológica

1. Escala Coma Glasgow

Apertura Ocular

AusenteAl dolorAl sonidoEspontánea

Respuesta Verbal

No hay RespuestaSonidos IncomprensiblesPalabras Inapropiadas

Conversación ConfusaOrientado (nombre/lugar/fecha)

Respuesta Motora

No hay ReacciónRespuesta en ExtensiónFlexión anormal

Retirada ante dolorLocaliza el dolorObedece órdenes

Valor Coma Glasgow

Calcular

El valor del coma de Glasgow es: 13

2. Exploración pupilar

Reactividad a la luz

SÍNO

Apertura Ocular

Ojo Derecho

MiosisNormalMidriasis

Ojo Izquierdo

MiosisNormalMidriasis

Valorar Simetría Pupilar

Valorar

Isocoria aparente

Siguiente

Fin de la simulación

Figura 4. Sección D (Deficiencia Neurológica) mostrando el valor del coma de Glasgow y el resultado de la exploración pupilar.

CLÍNICA, 30 (2025): 16-24
ISSN: 2530-643X

convencional; y, por otro, reducir los tiempos de *debriefing*, ayudando a centrar la discusión con los estudiantes. Además, estudios previos han demostrado que niveles de estrés excesivos afectan negativamente a la toma de decisiones, incapacitando a los estudiantes para la correcta resolución del caso clínico que se les propone. No obstante, si dicho nivel de estrés es moderado, el estudiante ve potenciadas sus capacidades cognitivas como respuesta del sistema nervioso simpático, impactando positivamente en el desarrollo de la simulación (8,11). Por ello, INSPIRA es una herramienta que, gracias a la guía que proporciona, puede mejorar el aprendizaje en la simulación a costa de evitar que el nivel de estrés sufrido por el estudiante alcance niveles excesivos.

Sin embargo, INSPIRA es una aplicación de reciente desarrollo que aún no ha sido probada por estudiantes del Grado de Medicina en sesiones de simulación clínica. Esto se traduce en que no se ha demostrado su utilidad para mejorar el aprendizaje en simulación y evitar niveles excesivos de estrés durante esta. Asimismo, la aplicación se encuentra limitada actualmente a la ayuda en la resolución de casos clínicos de atención a pacientes politraumatizados, lo que la hace funcional únicamente en simulaciones muy específicas.

De cara al futuro, se espera poder validar la eficacia de la aplicación en los estudiantes del Grado de Medicina. Para ello, se puede llegar a plantear un estudio clínico en el que se midan de forma objetiva los niveles de estrés de los alumnos al utilizar la herramienta frente a no usarla. Cada estudiante podría enfrentarse a dos casos distintos, resolviendo uno de ellos con el apoyo de la aplicación y otro sin ella. De esta forma, cabría esperar diferencias en cada individuo entre las dos sesiones, y se podría así validar sólidamente el impacto de INSPIRA en la experiencia y en el aprendizaje. También se prevé que la aplicación pueda evolucionar hacia un soporte más amplio de distintos tipos de simulaciones clínicas, o que adquiriera nuevas funcionalidades. Asimismo, dado a la rápida incorporación de la inteligencia artificial en el sector de la educación, se considera que su integración en futuras versiones podría ayudar a dar un *feedback* automático y más personalizado a cada alumno basándose en su desempeño en las sesiones. De esta forma, se facilitará la adaptación de la experiencia de aprendizaje a cada alumno. Esto potenciaría significativamente el valor educativo de la aplicación y su utilidad como herramienta innovadora en la formación médica.

Actualmente, INSPIRA se presenta como un aspecto novedoso en el campo de la simulación clínica, dado que actualmente no existen aplicaciones orientadas a guiar a los estudiantes durante una sesión de simulación clínica. Además, se trata de una aplicación accesible desde cualquier sistema operativo, lo que permite su integración ágil en dispositivos móviles, *tablets* o portátiles que se puedan utilizar en simulación. Todo ello hace que INSPIRA posea un gran potencial en simulación clínica, centrándose siempre en mejorar la experiencia para el alumnado que se somete a la resolución de casos clínicos.

6. CONCLUSIONES

En base a los resultados expuestos y discutidos previamente, podemos concluir que la aplicación **INSPIRA está diseñada para guiar correctamente al alumno en la atención a pacientes simulados politraumatizados**. A su vez, INSPIRA es una aplicación escalable, útil, fácil de usar y con gran potencial. Por ello, estudios futuros tratarán de evaluar su utilidad en simulación clínica, en calidad de ganancia de aprendizaje, y su capacidad de transmitir tranquilidad y reducir el estrés en los alumnos que llevan a cabo la simulación clínica con ayuda de INSPIRA. Por otro lado, dada la escalabilidad del sistema diseñado, en futuros desarrollos se generarán nuevos módulos que sirvan de ayuda en simulación (p.ej., atlas anatómicos interactivos o procedimientos quirúrgicos estandarizados), así como simulaciones virtuales completas (p.ej., generación mediante *large language models*, LLMs, de pacientes simulados).

7. ÉTICA. CONFLICTO DE INTERESES.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barbadoro P, Brunzini A, Dolcini J, et al. Stress Responses in High-Fidelity Simulation and Standard Simulation Training Among Medical Students. *BMC Med Educ.* 2023;23(1):116.
2. Mathobela T, Stein C, Vincent-Lambert C, Whittaker AC. The Effect of Assessor Visibility on Student Stress and Anxiety in Emergency Care Simulation Assessments. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):1043.
3. National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT). PHTLS: soporte vital de trauma prehospitalario. 9th ed. Jones & Bartlett Learning. México: Intersistemas; 2020.
4. Betson J, Fein EC, Long D, Horrocks P. Too Stressed to Think? A Scoping Review of the Literature for Healthcare Educators Utilising High Acuity Clinical Scenarios. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):990.
5. Groot F, Jonker G, Rinia M, Ten Cate O, Hoff RG. Simulation at the Frontier of the Zone of Proximal Development: A Test in Acute Care for Inexperienced Learners. *Acad Med.* 2020;95(7):1098-1105.
6. Drake G, Skaltsa N, Kalia K, et al. "My Skills Are Going to Be Exposed" - Anxiety, Meaning and Professional Identity During Simulation-Based Learning in Medical Students: A Mixed Method Study. *PloS One.* 2025;20(7):e0327306.
7. Bartlett RS, Bruecker S, Eccleston B. High-fidelity simulation improves long-term knowledge of clinical swallow evaluation. *Am J Speech Lang Pathol.* 2021;30(2):673–686.
8. Martín-Sánchez R, Castro Villamor M, Rabanales-Soto J, Otero de la Torre S, Martínez Fernández FT, Sánchez Soberón I, et al. Threshold-anxiety in medical students performing a prehospital high-fidelity clinical simulation: Randomized clinical trial. *Am J Emerg Med.* 2025;94:103–109.
9. Martín-Rodríguez F, Martín-Sánchez R, del Pozo Vegas C, Lopez-Izquierdo R, Martín-Conty JL, Silva Alvarado E, et al. Pupilometer efficacy in monitoring anxiety in undergraduate medical students during high-fidelity clinical simulation. *Sci Rep.* 2025;15(1):10032.
10. Martín Rodríguez F, Delgado Benito JF, Castro Villamor MA. Soporte vital avanzado prehospitalario: código Politrauma. Valladolid: Universidad de Valladolid; 2024. (Manuales y textos universitarios. Medicina; 60).
11. Wemm SE, Wulfert E. Effects of Acute Stress on Decision Making. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2017;42(1):1–12.