

24

SIMULADOR ELECTRÓNICO CON FEEDBACK HÁPTICO PARA ENTRENAMIENTO PEDAGÓGICO

ELECTRONIC SIMULATOR WITH HAPTIC FEEDBACK FOR PEDAGOGICAL TRAINING

Walter Vinicio Culque Toapanta¹

E-mail: ua.walterculque@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8086-4209>

Luis Antonio Llerena Ocaña¹

E-mail: ua.luisllerena@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6440-0167>

Fausto Alberto Viscaino Naranjo¹

E-mail: ua.faustoviscaino@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1760-6992>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Culque Toapanta, W. V., Llerena Ocaña, L. A., & Viscaino Naranjo, F. A. (2022). Simulador electrónico con Feedback háptico para entrenamiento pedagógico. *Revista Conrado*, 18(85), 198-202.

RESUMEN

El paradigma enseñanza – aprendizaje ha estado evolucionando constantemente gracias a las Tics, herramientas digitales desarrolladas a partir del cambio tecnológico vertiginoso que ha experimentado la humanidad las últimas décadas, como son los simuladores electrónicos que permite al estudiante ubicarse en un contexto análogo a la realidad, utilizando entrenadores virtuales que permita evaluar el conocimiento mediante una forma práctica, la presente investigación permite conceptualizar los simuladores electrónicos y analizar el funcionamiento de los más importantes como: Proteus, LogicCircuit, Orcad, sensores de desplazamiento y actuadores que proporcionen feedback háptico, posteriormente se investiga las percepciones de los estudiantes sobre sus experiencias utilizando simuladores electrónicos básicos y simuladores hápticos los cuales mejorarán el proceso enseñanza aprendizaje facilitando el manejo de sílabos como electrónica, automatización que contienen actividades prácticas para mejorar sus resultados académicos.

Palabras clave:

Aprendizaje, simuladores Hápticos, Feedback, Interface háptica.

ABSTRACT

The teaching - learning paradigm has been constantly evolving thanks to the Tics, digital tools developed from the vertiginous technological change that humanity has experienced in recent decades, such as electronic simulators that allow the student to be located in a context analogous to reality, using virtual trainers that allow evaluating knowledge through a practical way, the present research allows conceptualizing electronic simulators and analyzing the operation of the most important ones such as: Proteus, LogicCircuit, Orcad, displacement sensors and actuators that provide haptic feedback, subsequently the perceptions of students about their experiences using basic electronic simulators and haptic simulators are investigated which will improve the teaching learning process by facilitating the management of syllabi such as electronics, automation containing practical activities to improve their academic results.

Keywords:

Learning, haptic simulators, feedback, haptic interface.

INTRODUCCIÓN

Los simuladores de circuitos electrónicos son muy útiles para explicar el comportamiento de éstos de una forma asequible a los alumnos de ingeniería. El uso de la simulación por ordenador es una herramienta imprescindible hoy en día a la hora de explicar la electrónica, robótica en el aula al ser la forma más sencilla, económica y rápida de comprobar el funcionamiento de un proyecto. No necesita ningún tipo de material adicional para el montaje de este o medida de los resultados. A lo largo de esta investigación se analizarán detalladamente las ventajas de usar simuladores en las enseñanzas mencionadas. No se plantea en este documento el uso de los simuladores como alternativa al montaje real de los circuitos electrónico, o proyectos robóticos, sino como una herramienta complementaria que ayuda a comprender mejor el funcionamiento de estos (Vaillant et al., 2020).

En la actualidad se dispone de una variedad de simuladores de circuitos ya sean de escritorio u online de fácil instalación y manejo en el aula de electrónica y robótica como: Ni-Multisim, Simplorer, Spiceorcad, Proteus Profesional, Cocodrile-Clip, Electronicworkbench, Psim Entre Otros.

Las herramientas de simulación han apoyado el desarrollo de sistemas de ingeniería desde principios de los años cincuenta, cuando empezaron a aparecer los ordenadores analógicos y digitales. La enorme capacidad de cálculo actual permite la simulación rápida de sistemas complejos. Es especialmente valiosa en la simulación de sistemas de control donde para verificar el funcionamiento del controlador a su velocidad de trabajo nominal, el modelo del ordenador debe operar a la misma velocidad que el sistema físico real, es decir, en tiempo real (Bergero, et al., 2013).

Los simuladores electrónicos han contribuido enormemente en el proceso enseñanza-aprendizaje del profesor y del alumno, de igual manera fue significativo el ahorro económico en estudiantes y universidades ya que el uso de estos simuladores han permitido realizar prácticas a los estudiantes como si estuvieran trabajando en forma real, pero las nuevas tecnologías han permitido que se pueda mejorar significativamente el proceso de enseñanza a los alumnos mediante la interacción entre simuladores electrónicos de esta forma poder manipular y sentir lo que está sucediendo en el momento mismo de la práctica y ya no solo visualizarlo.

La Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES y la Carrera de Sistemas permiten a sus docentes diseñar estrategias metodológicas para mejorar en el proceso enseñanza aprendizaje, por esta razón

permiten implementar en sus laboratorios proyectos que contribuyan hacia el uso de nuevas tecnologías

Uno de los principales problemas que motivan la investigación son:

- Las preocupaciones constantes de las universidades y docentes es estar a la vanguardia en los métodos de enseñanza-aprendizaje y ofrecer oportunidades de prácticas innovadoras que apoyen la preparación de los estudiantes para su futura vida laboral.
- Los dispositivos Hápticos constituyen una tecnología en desarrollo que prácticamente está dando sus primeros pasos, y son muchos los esfuerzos en conseguir que la sensación háptica sea cada vez más justificada.
- No existe simuladores electrónicos que permitan al estudiante interactuar, realizar prácticas, construir sus propios conocimientos en dispositivos Hápticos para diferentes escenarios.
- Interpretación errónea del feedback que proporcionan los sensores y actuadores mediante el uso de simuladores electrónicos
- El estudiante no dispone de un simulador electrónico que pueda trabajar en la práctica en áreas como fuerza velocidad y amortiguamiento en el que pueda percibir los cambios de variables mediante dispositivos con feedback háptico

La simulación de circuitos constituye un paso obligado en cualquier metodología de diseño debido a las innumerables ventajas que comporta su utilización. Los simuladores han evolucionado muy rápidamente, junto a los modelos de componentes de todo tipo, lo que, unido a la evolución de los ordenadores sobre los que se ejecutan, han hecho de la simulación una herramienta muy eficaz y, por lo tanto, imprescindible para el diseño de circuitos y sistemas digitales (Cox, 2018)

Desde las primeras versiones analógicas, hechas por encargo, hasta las plataformas digitales de máxima calidad existentes actualmente, como los Simuladores de Tiempo Real para apoyar el progreso de sus tecnologías de control de la electrónica de potencia. Simulador de Tiempo Real es esencial no sólo para el desarrollo de mejores conceptos de control, sino también para mejorar el software y la calidad del producto mediante pruebas en fases iniciales que aprovechan el tiempo. La característica fundamental de los simuladores en tiempo real es la tecnología de "hardware-in-the-loop" (HIL) que permite que el software de control, ejecutado en la plataforma real de equipos de control (DSP, FPGA) se conecte a modelos de software que emulan los convertidores electrónicos de potencia y su entorno (Bergero, et al., 2013).

Los simuladores digitales fueron evolucionando en muchas áreas de la electrónica y es importante investigar el uso de simuladores pedagógicos con feedback háptico los cuales puedan interactuar en forma táctil con el estudiante.

Al contar con un simulador electrónico que interactúe con dispositivos de feedback háptico permitirá que el proceso enseñanza aprendizaje sea más interesante, el aprendizaje sea más activo y permita motivar al estudiante.

Las interfaces Hápticas conforman un área de investigación íntimamente relacionada con el campo de la robótica. Los grandes avances registrados en este campo en las últimas décadas han impulsado el desarrollo de dispositivos que mejoran la comunicación hombre-máquina, facilitando la interacción entre ambos mediante la aplicación de sensaciones táctiles. La interacción háptica es un área de investigación relativamente nueva, dentro de la que varios grupos están desarrollando dispositivos que permiten al usuario la posibilidad de interacción física con un medio virtual o remoto (Li, et al., 2019).

Las interfaces con force feedback se encuentran en un estado bastante avanzado de desarrollo en comparación con las interfaces con retorno táctil, ya que los primeros se vieron beneficiados por los avances realizados en el campo de la tele-robótica; queda, sin embargo, en ambos casos, un amplio campo por explorar. Prueba del grado de desarrollo de las interfaces con force feedback es que existen varias interfaces de tipo comercial, si bien cada uno de ellos ha sido proyectado para aplicaciones muy concretas, y proporcionan unas características de difícil aplicación fuera de dichas aplicaciones. Por otra parte, estos sistemas, a excepción si cabe del PHANTOM, son todavía muy costosos, y los plazos de suministro de los mismos son excesivamente largos (Christensen, et al., 2000; Doñate, 2004).

Aunque ha sido ampliamente utilizada hace varias décadas en otros campos como la formación aeronáutica y las telecomunicaciones, la tecnología de realidad virtual (RV) solo se ha propuesto recientemente como una poderosa herramienta para la educación (Suebnuarn, et al., 2009).

El progreso de hardware y software ha llevado al desarrollo de entornos virtuales que apoyan el campo de la simulación avanzada. La RV crea mundos ficticios utilizando modelos matemáticos y programas computacionales, lo que permite a los usuarios moverse en este escenario de una manera similar a la vida real (Suebnuarn, et al., 2009).

La háptica es la tecnología de retroalimentación o respuesta táctil, que se vale del sentido del tacto de un

usuario aplicando fuerzas, vibraciones, y/o movimientos sobre él. La interface háptica es un dispositivo que permite al individuo interactuar con el computador mediante retroalimentación táctil; ésta se obtiene con la ayuda de un manipulador que aplica un grado de fuerza que se opone al usuario a lo largo de los ejes x, y, z (Suebnuarn, et al., 2010).

Es importante describir los grandes rasgos de la piel, su fisiología y como se interpretan algunas de las sensaciones que percibimos a través del sentido del tacto y por ende en los sistemas hápticos. Al igual que con los dispositivos de entrada-salida hápticos, una de las características que diferencia al sistema háptico humano del sistema visual o auditivo es que es bidireccional. Es decir, somos capaces tanto de sentir como ejercer fuerzas. Por lo tanto, antes de diseñar interfaces hápticos eficientes es importante conocer como los seres humanos sienten y ejercen dichos estímulos.

Podemos definir el sentido del tacto como aquel sentido que mediante una serie de mecanismos sensoriales nos permite percibir cualidades tales como aspereza, temperatura, dureza, forma, presión, etc. El sentido del tacto reside principalmente en el órgano de la piel, donde finalizan distintas clases de receptores nerviosos encargados transformar los estímulos del exterior en información susceptible para ser tratada e interpretada por el cerebro.

Se habla de un sexto sentido estrechamente relacionado con el tacto, se trata del sentido Kinestésico, también llamado kinestesia o Cinestesia. La Kinestesia se puede definir como la habilidad de sentir las posiciones y movimientos de nuestros músculos y articulaciones, es decir, cómo se percibe la posición y el equilibrio de las diversas partes del cuerpo. Esta habilidad hace posible que seamos capaces de coordinar nuestros movimientos para poder caminar, hablar y usar nuestras manos (Ariza & Santís-Chaves, 2016). La kinestesia nos permite, por ejemplo, que podamos tocarnos la punta de la nariz con los ojos cerrados, pero ¿sería posible rascar nuestra nariz virtual sin necesidad de mirar?

HandsOn: Enabling Embodied, Creative STEM e-learning with Programming-Free Force Feedback La tecnología háptica podría integrar beneficios en los cursos en línea y las lecciones interactivas han aumentado el acceso a la educación y la versatilidad, pero requiere tanto un hardware de bajo costo como un software accesible que permite a los estudiantes explorar de forma creativa ambientes hápticos sin escribir código. Para investigar e-learning háptico sin programación de usuarios, se desarrolló HandsOn, un modelo conceptual para el software de educación STEM exploratorio, incorporado; y lo

implementa con la interfaz de SpringSim un repositorio de tarea para estudiantes de secundaria. En dos estudios, se confirma que los dispositivos de bajo costo pueden hacer que las hápticas sean adecuadas para este propósito, encontrar un impacto cualitativo de SpringSim sobre las estrategias y la curiosidad del estudiante, e identificar las direcciones para la mejora y extensión de la herramienta (Minaker, et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto busca investigar la naturaleza de un entorno de aprendizaje diseñado para estudiantes de ingeniería que mejorara las percepciones sobre los entornos virtuales de aprendizaje. El uso de una metodología mixta cuantitativa y cualitativa se consideró más adecuado para este propósito por su compatibilidad con el marco teórico y la naturaleza de los objetivos de la investigación.

El universo consistió en estudiantes regulares de la carrera de Software que cursaron los sílabos de sistemas electrónicos y automatización en el 2do y 6to semestre durante el año 2021, correspondientes a estudiantes, en la Facultad de sistemas mercantiles de la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES).

El día 29 de septiembre del 2021 todos los sujetos fueron invitados a participar voluntariamente en el estudio. Constituyeron la muestra 42 estudiantes, quienes se fueron inscribiendo vía e-mail hasta el 31 de agosto del 2021.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación está compuesta por 42 estudiantes de la carrera de software, de los cuales 35 son hombres representados en el 83% y 7 estudiantes son mujeres representadas en el 17%.



Figura 1. Sexo.

Los resultados que se presenta a continuación son los datos de las respuestas al cuestionario pre - experimental aplicado a los 42 estudiantes de la carrera de software, relacionados con las expectativas de los estudiantes y el desempeño que perciben de los simuladores electrónicos respectivamente. La información de la figura 1 se analizó agrupando las aseveraciones según los distintos factores que las definen: interés, expectativas y actitud frente a los simuladores.

Tabla 1. Resultados de cuestionario pre – experimental.

Preguntas	Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy desacuerdo	Total
Está de acuerdo en el uso de simuladores electrónicos	85%	13%	2%	0%	0%	100%
Espera que el uso de simuladores hápticos mejore el proceso enseñanza aprendizaje	90%	10%	0%	0%	0%	100%
Espera adquirir destrezas manuales más rápido que simuladores básicos	70%	30%	0%	0%	0%	100%
Espera que el uso de simuladores hápticos sea de fácil manejo y de utilidad	75%	20%	5%	0%	0%	100%
Está de acuerdo en el uso de simuladores hápticos	95%	100%	0%	0%	0%	100%

Análisis. Se puede observar en la tabla 1 que la mayoría de los estudiantes de la carrera de software manejan simuladores electrónicos y están muy de acuerdo en poder trabajar con simuladores hápticos los cuales les permitirán mejorar su proceso enseñanza aprendizaje, mediante simuladores amigables y de fácil manejo.

La tecnología está evolucionando y más aún en estos últimos años, el proceso enseñanza aprendizaje tiene un apoyo significativo mediante el uso de los simuladores electrónicos, los cuales han sido más efectivos y eficientes en tiempos de pandemia, ya que fueron los grandes salvadores de la educación para docentes y estudiantes que tienen que trabajar en el desarrollo de conceptos de distintos sílabos los cuales necesariamente son requeridos con la práctica y practicidad para su aprendizaje.

Los simuladores electrónicos en tiempos de pandemia han trabajado correctamente y son de mucho apoyo para el desarrollo de varios temas prácticos, pero existe en ellos un gran vacío que se plantea mediante una hipótesis el cual es la Incorporación de feedback háptico en simuladores electrónicos para entrenamiento pedagógico, el mismo que permitirá al estudiante interactuar mediante la retroalimentación táctil se trata de simular mejor cómo se sentiría tocar o interactuar con algo en la vida real, permitiendo vibraciones de precisión que ayudan a representar mejor lo que sucede en el desarrollo de una práctica de circuitos electrónicos, automatización entre otros.

Mediante un análisis con los estudiantes de la carrera de software del segundo y sexto semestre de la Universidad Regional Autónoma de los Andes se ha planteado la posibilidad de trabajar con un simulador háptico que sea de fácil manipulación y uso para el desarrollo de prácticas de circuitos electrónicos, sistemas de automatización que permitan mejorar el proceso enseñanza aprendizaje.

CONCLUSIONES

Al estudiar los principales conceptos teóricos de simuladores electrónicos, las nuevas tecnologías como los dispositivos hápticos, han permitido ampliar la perspectiva respecto al desarrollo de simuladores que interactúen con actuadores hápticos los mismos que están logrando que los estudiantes mejoren el proceso de aprendizaje.

Los simuladores electrónicos han permitido al estudiante trabajar en temas teóricos y llevarlos a la práctica de una forma rápida y fácil de entender sin la necesidad de entrar en gastos económicos.

La evolución de los dispositivos hápticos permite al estudiante interactuar con componentes que se encargan del estudio del sentido del tacto, ya que estos instrumentos son los encargados de simular respuestas táctiles, los

cuales pueden percibir la presencia de objetos tridimensionales en un simulador virtual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariza, V., & Santís-Chaves, M. (2016). Interfaces hápticas: sistemas cinestésicos vs. sistemas táctiles. *Revista EIA*, 13(26), 13-29.
- Bergero, F., Kofman, E., & Cellier, F. (2013). A novel parallelization technique for DEVS simulation of continuous and hybrid systems. *Simulation*, 89(6), 663-683.
- Christensen, R. R., Hollerbach, J. M., Xu, Y., & Meek, S. G. (2000). Inertial-force feedback for the treadport locomotion interface. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 9(1), 1-14.
- Cox, J. (2018). *Fundamentals of Linear Electronics Integrated and Discrete*. Thomson Learning.
- Doñate, M. (2004). *Interfases Hapticas. Aplicaciones en Entornos*. XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.
- Li, S., Bai, H., Shepherd, R. F., & Zhao, H. (2019). Bio-inspired Design and Additive Manufacturing of Soft Materials, Machines, Robots, and Haptic Interfaces. *Angewandte Chemie International Edition*, 58(33), 11182-11204.
- Minaker, G., Schneider, O., Davis, R., & MacLean, K. E. (2016). HandsOn: Enabling embodied, creative STEM e-learning with programming-free force feedback. En, *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications*. (pp. 427-437). Springer-
- Suebnuakarn, S., Haddawy, P., Rhienmora, P., & Gajananan, K. (2010). Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics. *Journal of endodontics*, 36(1), 53-55.
- Suebnuakarn, S., Phatthanasathiankul, N., Sombatweroje, S., Rhienmora, P., & Haddawy, P. (2009). Process and outcome measures of expert/novice performance on a haptic virtual reality system. *Journal of dentistry*, 37(9), 658-665.
- Vaillant, D., Zidán, E. R., & Biagas, G. B. (2020). Uso de plataformas y herramientas digitales para la enseñanza de la Matemática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 28, 718-740.