

Simulación digital de plantas y procesos con realidad virtual para mejorar la gestión de la producción en la ingeniería
Digital simulation of plant and processes with virtual reality to improve production management in engineering

Aitor Ruiz de la Torre, Rosa Maria Rio Belver, Javier Fernández Aguirrebeña
UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO UPV/EHU
aitor.ruizdelatorre@ehu.eus, rosamaria.rio@ehu.eus, javier.fernandeza@ehu.eus

Abstract

La simulación y la realidad virtual están cada vez más presente en la sociedad actual. A pesar de ello, gran parte de la población y los alumnos de todos los niveles incluyendo a alumnos universitarios no están habituados a trabajar con estas tecnologías. Por ello, esta investigación presenta la digitalización de la asignatura de gestión de la producción, simulando casos reales de plantas de fabricación en los que se ha utilizado el software FlexSim para este fin y posteriormente contrastar las simulaciones realizadas mediante la realidad virtual. El objetivo principal de este estudio es analizar si la aplicación de la tecnología de simulación en las plantas industriales beneficia a la pedagogía y al aprendizaje. Tras la exposición del caso, el estudio siguió una metodología cuantitativa mediante un cuestionario ad hoc. En este estudio participaron los 60 alumnos correspondientes a la asignatura de “Gestión de la Producción” impartida en cuarto curso de todos los grados industriales de la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, los cuales fueron los usuarios y evaluadores de las nuevas tecnologías implementadas. Los resultados han aportado que la aplicación de la simulación refleja grandes mejoras en todas las áreas de aprendizaje. En primer lugar, valorando positivamente la utilización de nuevas tecnologías en el aprendizaje como son la simulación y la realidad virtual. En segundo lugar, la utilización de estas tecnologías hace que las prácticas realizadas sean más divertidas. Finalmente, los alumnos consideran esencial gamificar las asignaturas en el futuro para una mejor comprensión de la asignatura. La aplicación de este estudio es transferible a otras disciplinas académicas que utilicen las nuevas tecnologías de simulación con fines pedagógicos.

Simulation and virtual reality are increasingly present in today’s society. Despite this, a large part of the population and students at all levels, including university students, are not used to working with these technologies. Therefore, this research presents the digitization of the subject of “Production Management”, simulating real cases of manufacturing plants in which FlexSim software has been used for this purpose and then contrast the simulations performed using virtual reality. The main objective of this study is to analyze whether the application of simulation technology in industrial plants benefits pedagogy and learning. After the presentation of the case, the study followed a quantitative methodology by means of an ad hoc questionnaire. In this study, the 60 students corresponding to the subject “Production Management” taught in the fourth year of all the industrial degrees of the School of Engineering of Vitoria-Gasteiz participated, who were the users and evaluators of the new technologies implemented. The results have shown that the application of the simulation reflects great improvements in all learning areas. Firstly, the use of new technologies in learning, such as simulation and virtual reality, was positively valued. Secondly, the use of these technologies makes the practices carried out more fun. Finally, the students consider it essential to gamify the subjects for a better understanding of the subject. The application of this study is transferable to other academic disciplines that use new simulation technologies for pedagogical purposes.

Palabras clave: Simulación, realidad virtual, aprendizaje basado en problemas, gestión de la producción.

Keywords: Simulation, Virtual Reality, Problem Based Learning, Production Management.

1. Introducción.

Con la introducción de tecnologías como el Internet de las cosas o la computación en la nube la industria tal y como la conocíamos se está transformando (Wollschlaeger et al., 2017). Hoy en día, a raíz de la nueva revolución industrial, el mundo digital adquiere mayor importancia, no solo para recopilar datos, sino también para determinar cómo funciona el mundo real.

El informe “Digital Skills New Professions, New Educational Methods, New Jobs”, elaborado por la Comisión Europea, señala que alrededor del 90 % de los empleos en Europa requerirán en el futuro cercano algún tipo de competencia digital. Además, el 40 % de los trabajadores se muestran preocupados por el hecho de no poseer las habilidades digitales necesarias para desarrollar sus trabajos en el futuro (European Commission, Directorate-General for Communications Networks, 2019). Las asignaturas de ingeniería deben adecuarse a esta nueva realidad.

La aplicación de las tecnologías como la simulación y la realidad virtual son bien conocidas como facilitadoras y posibilitadoras de nuevas realidades digitales. Para la industria, la simulación de procesos no es sólo un avance tecnológico, es también un recurso que ayuda a analizar los procesos y a mejorarlos mediante su modelado y experimentación.

Gracias al uso de modelos digitales de los procesos productivos la producción es más eficiente en tiempo, precisión y seguridad (He & Bai, 2021). Permite, entre muchas otras ventajas, experimentar con bajo coste e identificar con antelación las áreas de oportunidad y disminuir considerablemente los márgenes de error mediante el uso de los modelos de simulación. Además, como el simulador de procesos multiplica los cálculos, se pueden construir varios escenarios donde realizar proyecciones futuras (Kellner et al., 1999).

Trasladando el avance que han supuesto la simulación y la realidad virtual en la industria, a una fase anterior como es el caso de la educación superior, en primer lugar podemos destacar las simulaciones como herramientas dinámicas que representan la realidad y pretenden ser fieles, exactas y válidas (Sauvé et al., 2007). Estas simulaciones proporcionan retroalimentación visual, fomentando la exploración activa de la propia comprensión del estudiante, lo que permite ir más allá del saber en acción y comenzar a reflexionar en acción durante la formación, lo que resulta en la aplicación contextual de los conocimientos previos (Söderström et al., 2014; Vlachopoulos & Makri, 2017). Por otra parte, se puede definir la realidad virtual como un proceso que permite a los usuarios participar en espacios abstractos en los que la máquina física y espectador físico no existen (Helsel, 1992). Las razones principales del uso de esta tecnología en la educación, son que la realidad virtual proporciona nuevas formas y métodos de visualización, la motivación de los estudiantes y que permite al alumno avanzar a su propio ritmo a través de una experiencia durante un amplio periodo de tiempo no fijado por un horario regular de clases (Pantelidis, 2010).

Las ventajas de la utilización de la simulación y la realidad virtual en el entorno de los objetivos educacionales pueden ser similares de muchas maneras. El autor (Clark Aldrich, 2013) en su libro afirma que los alumnos deben saber que las simulaciones permiten explorar nuevos ámbitos, hacer predicciones, diseñar experimentos e interpretar resultados. Otros muchos investigadores atribuyen el éxito de las simulaciones a la capacitación de los estudiantes, las capacidades instructivas únicas, el apoyo a nuevos enfoques instructivos, el desarrollo de habilidades cognitivas y el desarrollo de actitudes (Chou, 1998; Pantelidis, 2010; Zacharia, 2003). La tecnología de la realidad virtual complementa la simulación de los procesos permitiendo su visualización y, por tanto, facilitando la comprensión de los problemas.

La desventaja principal del uso de la simulación y la realidad virtual, aun siendo tecnologías desarrolladas varias décadas atrás, están relacionados con el coste (Merchant et al., 2014; Pottle, 2019), la dificultad de cómo integrar las nuevas tecnologías en el aula (Kopcha, 2012; Mercader, 2020) y la inversión del tiempo para implementarlas en el aula (Mercader & Sallán, 2017).

Aun así, hoy en día es posible incorporar la simulación y realidad virtual en los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que la curva de aprendizaje de estas tecnologías se ha simplificado y se ha acompañado de un descenso de los costes de hardware y software (Abulrub et al., 2011) además de la gran mejora en la disponibilidad de conexión de internet de alta velocidad en las aulas.

Concretamente en la gestión de la producción, recientes publicaciones apuntan que la simulación de procesos puede utilizarse para obtener una serie de ventajas y beneficios (Chernyakov et al., 2018; Turner et al., 2016) entre los que cabe destacar los siguientes:

- Diseño, creación y optimización constante de plantas industriales.
- Mejora de los tiempos de producción.
- Tener una visión preliminar de las posibles estrategias de trabajo y estudiarlas.
- Simular el uso de maquinaria y equipos de trabajo automatizados.
- Modelar averías de máquinas y otros equipos.
- Diseñar patrones de mantenimiento preventivo.
- Etc.

La asignatura denominada “Gestión de la Producción” impartida en los grados de las escuelas de ingeniería tiene por objeto el estudio de la producción de un bien específico a tiempo y coste mínimos. En el mundo actual inmersos en la Industria 4.0, la eficiencia de los sistemas productivos está siendo afectada por la introducción de herramientas digitales que repercuten en la necesidad de modernizar sus enseñanzas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar si la implementación de la tecnología de simulación con la ayuda de la realidad virtual orientada a resolver los problemas reales en la asignatura de gestión de la producción, beneficia la pedagogía y el aprendizaje de los estudiantes.

2. Metodología

Como metodología activa para la incorporación de tecnologías a los procesos de enseñanza-aprendizaje del aula se ha elegido el aprendizaje basado en problemas (PBL). Este método ha sido ampliamente utilizado en los estudios de ingeniería por demostrar efectividad en el aprendizaje de conceptos tecnológicos mediante la resolución de problemas y la toma de decisiones favoreciendo los procesos de razonamiento y la creatividad (Chen et al., 2021).

El PBL planteado en los ejercicios se desarrolló a lo largo de 5 sesiones de 2 horas impartidas en distintas semanas. En cada sesión, como primera tarea los alumnos tenían que leer y entender el problema planteado para posteriormente diseñar y definir el modelo de simulación necesario para modelar el problema planteado en el software FlexSim. Una vez modelado, el siguiente paso fue simular el escenario desarrollada las veces que fuera necesaria con las posibles variantes dependiendo del problema con el objetivo de tratar de resolver la problemática planteada. Una vez simulado el escenario, los alumnos visualizaban los resultados obtenidos con el fin de reflexionar lo que sucedía en cada escenario desarrollado. Finalmente, se solicitó la entrega de un documento donde los alumnos presentaban los resultados y trabajos realizados. La Figura 1 permite comprender la metodología de autoaprendizaje aplicada.

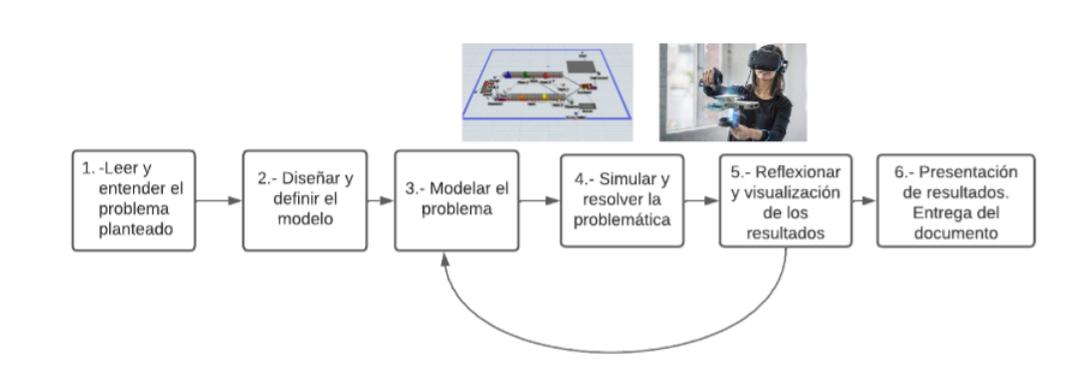


Figura 1: Diagrama de flujo del método PBL aplicado a los ejercicios de simulación.

Para el análisis de estos ejercicios se seleccionó la asignatura de gestión de la producción, impartida en todos los grados industriales de la Facultad de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. El grupo experimental elegido está formado por 60 alumnos con una edad media de 21,5 años, siendo un grupo homogéneo en cuanto a edad y nivel educativo.

El software de modelado y análisis de la simulación 3D utilizado fue FlexSim (<https://www.flexsim.com/>) mientras que el hardware para la visualización en la realidad virtual fue realizada mediante las gafas comerciales Oculus.

Como solo algunos pocos participantes tenían algunos conocimientos previos de simulación, como primer paso, se explicaron los conceptos introductorios de la simulación y luego se pidió a los estudiantes que siguieran su autoaprendizaje a través del desarrollo de varios escenarios, diseñados para tomar parte activa e involucrarse en la resolución de un problema real o imaginario (simplificado del mundo real).

Las simulaciones de los escenarios reales aumentaban su complejidad motivando a los alumnos en la búsqueda de soluciones cada vez más innovadoras a los problemas generados. Paso a paso los siguientes cinco escenarios se acercan cada vez a una situación real.

1. La oficina de correos de Vitoria-Gasteiz: Gestión de movimientos y servicio.
2. El aeropuerto de Vitoria-Gasteiz: La descarga de los aviones de carga y la entrega en furgonetas.
3. La fabricación de drones en el parque tecnológico de Álava: Montaje de un dron a través de diferentes operaciones de ensamblaje y calidad.
4. Almacén de neumáticos: Gestión de un almacén de neumáticos, embalaje de pedidos y preparación para un futuro cliente.
5. Clasificador: Desarrollo de una planta de producción de clasificadores mediante robots y preparación de la línea para diferentes tipos de mantenimientos.

Dada la alta complejidad de la modelización de un caso real, todos los docentes implicados en cada sesión supervisaron y resolvieron las dudas que surgieron a lo largo de cada sesión de trabajo. Cada alumno participante debía reflexionar sobre el escenario y su modelo desde el final de cada ejercicio hasta la siguiente presentación del mismo, con el fin de realizar un exhaustivo análisis de sensibilidad y establecer los límites del escenario (ver ejemplo de ejercicio cuatro en la Figura 2).

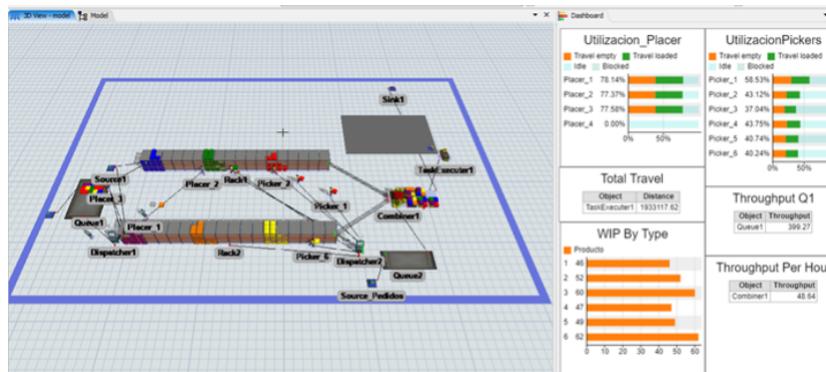


Figura 2: Visualización del cuarto ejercicio almacén de neumáticos.

Por último, como herramienta de medida de los resultados de aprendizaje, se ha optado por utilizar un cuestionario ad hoc con un total de 21 preguntas en una escala de Likert de 1 a 5 divididas en los siguientes 5 bloques:

1. El contexto teórico de la asignatura.
2. La aplicación de la tecnología: el taller de simulación.
3. Valoración general utilización de la simulación.
4. La realidad virtual.
5. Ventajas y desventajas de la utilización de la simulación y la realidad virtual.

3. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a través del cuestionario ad hoc, con la finalidad de analizar si las tecnologías implementadas benefician la pedagogía y el aprendizaje de los estudiantes.

En primer lugar, referente al primer bloque del contexto teórico de la asignatura, se solicitaba la valoración de la asignatura de gestión de la producción donde los alumnos valoran con un 3,83 sobre 5, siendo una asignatura valorada positivamente, pero con margen hacia ser la más valorada.

El objetivo del segundo bloque “La aplicación de la tecnología: el taller de simulación” trataba, por un lado, de averiguar si la simulación y la realidad permiten aprender contenidos de la asignatura y, por otro lado, si ambas tecnologías han facilitado el proceso de aprendizaje de la asignatura. El grupo experimental valoró positivamente (4,03 sobre 5) entendiendo que las tecnologías implementadas permiten aprender los contenidos de la asignatura y también como facilitadoras del proceso de aprendizaje (4,17 sobre 5). Corroborando que tanto la simulación como la realidad virtual han facilitado el proceso de aprendizaje de la asignatura en todo momento. La valoración general de la utilización de la simulación perteneciente al tercer bloque del cuestionario ad hoc, reflejan grandes mejoras en todas las áreas con una valoración media de 4,23 sobre 5. Destacando sobre los demás el uso de las nuevas tecnologías (4,65) y el aprendizaje basado en problemas (4,45), debido a la posibilidad de afrontar la realidad de una manera más cercana con la interacción de estas herramientas digitales (ver Figura 3).

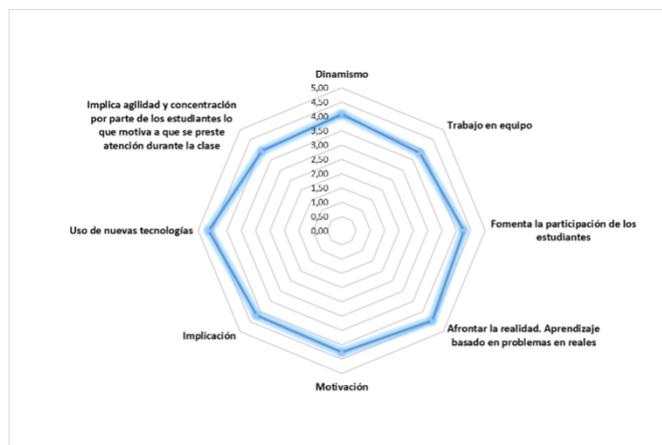


Figura 3: Valoración general de la clase.

El dinamismo, el fomento de la participación de los estudiantes y la implicación también han sido valoradas positivamente por los alumnos ligeramente por encima de la media del bloque. Cabe destacar que no han percibido como el resto de variables con el uso de estas dos tecnologías el trabajo en equipo y la necesidad concentración por parte de los alumnos (ambos ligeramente por debajo de 4 sobre 5), siendo claros indicadores que la simulación es una tecnología de gran ayuda con una adaptación rápida.

El siguiente bloque, referente a la utilización de la realidad virtual refleja que aunque pocos participantes habían interactuado previamente con la realidad virtual en otras asignaturas, los alumnos perciben grandes beneficios con la interacción en entornos virtuales con un promedio de (4,35 sobre 5) considerando la gamificación de las asignaturas en entornos virtuales esenciales en el futuro (ver Figura 4).

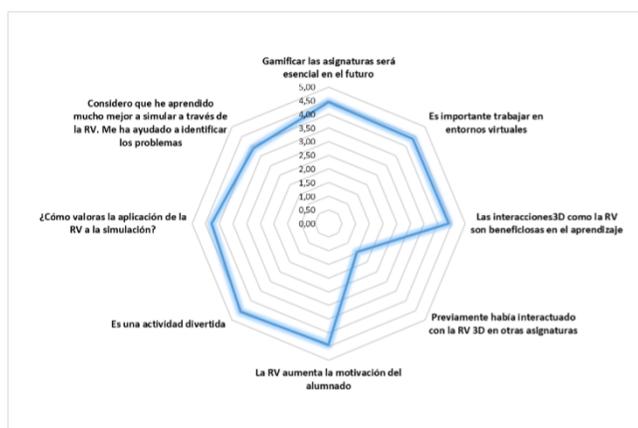


Figura 4: Valoración aspectos realidad virtual.

No solo se percibe la gamificación de las asignaturas esencial para el futuro, ya que, en su totalidad, considerando en todo momento los resultados del cuarto bloque queda altamente mostrado que la realidad virtual aumenta la motivación del alumnado (4,43) y, por otra parte, que las interacciones en 3D como la realidad virtual (4,40) y trabajar en entornos virtuales (4,37) se consideran beneficiosas en el caso de la asignatura de la gestión de la producción.

Por último, el alumnado ve ventajas en la introducción de estas tecnologías por el aumento de contacto con los profesores y la disponibilidad inmediata de los materiales de la asignatura con los que enfrentarse.

4. Conclusiones

Este estudio amplifica que la introducción de las nuevas tecnologías que transforman digitalmente la educación aportan competencias y ayudan a los alumnos a una mejor comprensión de la materia impartida como se presentan en varias investigaciones. Entre los resultados obtenidos, es necesario profundizar en el caso experimental analizado.

Queda altamente reflejado que la simulación con la ayuda de realidad virtual son tecnologías que tienen un gran potencial para que los alumnos de distintas enseñanzas técnicas puedan beneficiarse pedagógicamente y aumentar considerablemente su aprendizaje en la materia correspondiente (Cózar-Gutiérrez & Sáez-López, 2016), afrontando situaciones reales.

El uso de la simulación refleja grandes mejoras en todas las áreas analizadas en este estudio. Cabe destacar que la tecnología de la simulación es necesaria, ya que aproxima al alumnado habituado a métodos de aprendizaje más tradicionales a afrontar la realidad con metodologías activas bien valoradas como es el caso del aprendizaje basado en problemas implementado en este estudio.

La ayuda de la realidad virtual también es un soporte imprescindible, no solo por la interacción con entornos virtuales que reflejan la gran importancia que tendrá la virtualización y gamificación de cualquier asignatura, sino por el aumento de la motivación del alumnado con los beneficios que ello conlleva.

Por último, cabe señalar que las nuevas tecnologías ofrecen la oportunidad de introducir a los alumnos en entornos digitales además de poder facilitarles el aprendizaje de la asignatura, pero es necesario digitalizar otras áreas con tecnologías como la simulación y la realidad virtual en futuros estudios, para contrastar los resultados obtenidos y llegar a conclusiones más profundas.

Referencias

- 

Abulrub, A. H. G., Attridge, A. N., & Williams, M. A. (2011). *Virtual reality in engineering education: The future of creative learning*. 2011 IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2011, 751–757. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2011.5773223>
- 

Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). *Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature*. European Journal of Engineering Education, 46(1), 90–115. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615>
- 

Chernyakov, M. K., Chernyakova, M. M., & Ch Akberov, K. (2018). *Simulation Design of Manufacturing Processes and Production Systems*. Proceedings of the International Conference “Actual Issues of Mechanical Engineering” (AIME 2018). [10.2991/aime-18.2018.24](https://doi.org/10.2991/aime-18.2018.24)
- 

Chou, C.-H. (1998). *The effectiveness of using multimedia computer simulations coupled with social constructivist pedagogy in a college introductory physics classroom*. <https://search.proquest.com/openview/0c58850dd8eda165694c65a379822803/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

-  Cózar-Gutiérrez, R., & Sáez-López, J. M. (2016). *Game-based learning and gamification in initial teacher training in the social sciences: an experiment with MinecraftEdu*. International Journal of Educational Technology in Higher Education 2016 13:1, 13(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1186/S41239-016-0003-4>
-  European Commission, Directorate General for Communications Networks, C. and T. (2019). *Digital skills': new professions, new educational methods, new jobs': final report*.
<https://doi.org/10.2759/36058>
-  He, B., & Bai, K. J. (2021). *Digital twin-based sustainable intelligent manufacturing: a review*. Advances in Manufacturing, 9(1), 1–21.
<https://doi.org/10.1007/S40436-020-00302-5/FIGURES/4>
-  Helsel, S. (1992). *Virtual Reality and Education on JSTOR*.
<https://www.jstor.org/stable/44425644>
-  Kellner, M. I., Madachy, R. J., & Raffo, D. M. (1999). *Software process simulation modeling: Why? What? How?* Journal of Systems and Software, 46(2-3), 91–105.
[https://doi.org/10.1016/S0164-1212\(99\)00003-5](https://doi.org/10.1016/S0164-1212(99)00003-5)
-  Kopcha, T. J. (2012). *Teachers' perceptions of the barriers to technology integration and practices with technology under situated professional development*. Computers and Education, 59(4), 1109–1121.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.014>
-  Mercader, C. (2020). *Explanatory model of barriers to integration of digital technologies in higher education institutions*. Education and Information Technologies, 25(6), 5133–5147.
<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10222-3>
-  Mercader, C., & Sallán, J. G. (2017). *¿Cómo utiliza el profesorado universitario las tecnologías digitales en sus aulas?* REDU. Revista de Docencia Universitaria, 15(2), 257-274.
<https://doi.org/10.4995/REDU.2017.7635>
-  Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T.J. (2014). *Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis*. Computers and Education, 70, 29–40.
<https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2013.07.033>

-  Pantelidis, V. S. (2010).
Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality.
Themes in Science and Technology Education, 2(1-2), 59–70.
<http://earthlab.uoi.gr/ojs/theste/index.php/theste/article/view/22>
-  Pottle, J. (2019).
Virtual reality and the transformation of medical education.
Future Healthcare Journal, 6(3), 181.
<https://doi.org/10.7861/FHJ.2019-0036>
-  Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D., & Marquis, J. S. (2007).
Distinguishing between games and simulations: A systematic review.
Educational Technology and Society, 10(3), 247-256.
<https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.10.3.247>
-  Söderström, T., Häll, L., Nilsson, T., & Ahlqvist, J. (2014).
Computer Simulation Training in Health Care Education: Fuelling Reflection-in-Action?
Simulation & Gaming, 45(6), 805–828.
<https://doi.org/10.1177/1046878115574027>
-  Turner, C. J., Hutabarat, W., Oyekan, J., & Tiwari, A. (2016).
Discrete Event Simulation and Virtual Reality Use in Industry: New Opportunities and Future Trends.
IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 46(6), 882–894.
<https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2596099>
-  Vlachopoulos, D., & Makri, A. (2017).
The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review.
International Journal of Educational Technology in Higher Education, 14(1), 1–33.
<https://doi.org/10.1186/S41239-017-0062-1/FIGURES/1>
-  Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017).
The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0.
IEEE Industrial Electronics Magazine, 11(1), 17–27.
<https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104>
-  Zacharia, Z. C. (2003).
Using interactive simulations to enhance students' explanations regarding physical phenomena.
Department of Education [1852]
<http://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/64570>

Modelling in Science Education and Learning
<http://polipapers.upv.es/index.php/MSEL>