



Revista de Estilos de Aprendizaje / Journal of Learning Styles

ISSN: 1988-8996 / ISSN: 2332-8533

Uso de la realidad virtual para afrontar obstáculos didácticos atendiendo a los principales estilos de aprendizaje.

Jesús Alberto Flores Cruz

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada
Tecnología Avanzada Unidad Legaria-IPN, México

jafloresc@ipn.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

Received: 23 July 2024 / Accepted: 29 March 2025

Resumen

Los obstáculos didácticos han existido en la formación académica de los estudiantes de ingeniería históricamente; algunos de ellos son ocasionados por los profesores cuando imparten algún tema de naturaleza compleja o abstracta, mientras que otros son provocados por los materiales didácticos utilizados durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, dando como resultado que los estudiantes no aprendan los temas que les son enseñados. Este artículo presenta una propuesta basada en el uso de una tecnología que ha mostrado un notable crecimiento en el ámbito educativo en las últimas décadas para afrontar dichos obstáculos: la realidad virtual, tecnología que posee propiedades únicas como el sentido de inmersión y de presencia, propiedades capaces de estimular al mismo tiempo varios de los sentidos humanos, lo que satisface también los requerimientos de información de los principales estilos de aprendizaje encontrados en los estudiantes de ingeniería. La realidad virtual logra involucrar al estudiante de manera significativa, generando la sensación de presencia en una situación real, algo que resulta difícil de conseguir con otras tecnologías. Derivado del desarrollo de este estudio, se obtuvieron resultados teóricos que ponen en evidencia que la realidad virtual es útil para afrontar algunos de los principales obstáculos didácticos presentes en la formación de los ingenieros, atendiendo adicionalmente sus principales estilos de aprendizaje.

Palabras clave Enseñanza de la ingeniería, aprendizaje inmersivo, simulación educativa, tecnología educativa.

[en] Use of Virtual Reality to Overcome Didactic Obstacles Based on the Main Learning Styles.

Abstract

Didactic obstacles have historically existed in the academic training of engineering students. Some of these obstacles are caused by professors when teaching complex or abstract subjects, while others stem

from the didactic materials used during the teaching learning process, leading to students not effectively learning the topics presented. This article presents a proposal based on the use of technology that has seen remarkable growth in the educational field in recent decades to address such obstacles: virtual reality. This technology possesses unique properties, such as the sense of immersion and presence, which can simultaneously stimulate several human senses, also meeting the information needs of the primary learning styles found in engineering students. Virtual reality engages students in a meaningful way, creating the sensation of being present in a real situation, something difficult to achieve with other technologies. Based on the development of this study, theoretical results indicate that virtual reality is useful for addressing some of the primary didactic obstacles in engineering education, while also catering to the main learning styles of students.

Keywords Engineering education, immersive learning, educational simulation, educational technology.

Sumario: 1. Introducción. 2. Marco Teórico. 2.1 Obstáculos en el proceso enseñanza-aprendizaje. 2.2 Obstáculos didácticos. 3. Los Estilos de Aprendizaje y los Obstáculos Didácticos. 4. La realidad virtual y sus propiedades. 5. Convergencia tecnología y realidad virtual. 6. Resultados. 6.1 Obstáculos didácticos, estilos de aprendizaje y realidad virtual. 7. Discusión. 7.1. Comparación con estudios previos. 7.2 Limitaciones del estudio. 7.3 Implicaciones y futuras investigaciones. 8. Conclusiones

1. Introducción

El proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación de ingenieros es un fenómeno complejo que es influenciado por diversos factores interrelacionados. Entre ellos destacan la naturaleza de los contenidos, las metodologías empleadas y las características de los materiales didácticos utilizados. Esta complejidad puede derivar en la aparición de obstáculos didácticos, los cuales dificultan la comprensión y apropiación de los conocimientos por parte de los estudiantes. Tales obstáculos pueden estar relacionados con limitaciones neurofisiológicas del alumno (obstáculos ontogenéticos), con la naturaleza propia de la disciplina (obstáculos epistemológicos) o con las estrategias pedagógicas y los materiales utilizados (obstáculos didácticos) (Brousseau, 1994; Camarena, 2002).

El presente estudio se centra en los obstáculos didácticos, particularmente aquellos derivados de la metodología de enseñanza y el uso de recursos didácticos poco efectivos. Como se ha identificado en estudios previos, la ausencia de estrategias adecuadas para la construcción del conocimiento puede generar dificultades en la comprensión de conceptos complejos (Guerra, 2010; Meyer, Debiaggi & Giménez, 2008). En este contexto, la realidad virtual (RV) emerge como una alternativa innovadora para superar estos desafíos, al proporcionar entornos interactivos y altamente inmersivos que facilitan la asimilación de contenidos de manera visual, al mismo tiempo que fomenta la experimentación (Herbelin, Vexo & Thalmann, 2002; Flores, Camarena & Avalos, 2014).

El creciente uso de la tecnología ha permitido la integración de herramientas de realidad virtual en diversos ámbitos educativos, incluyendo la ingeniería. Estudios como los de Maynard et al. (2012) han demostrado que los entornos de aprendizaje inmersivos pueden mejorar la comprensión de conceptos abstractos y reducir los riesgos asociados con la experimentación en entornos reales, lo cual es respaldado por Reyes (2020). Además, la pandemia de COVID-19 evidenció la necesidad de adoptar estrategias didácticas que incorporen tecnologías digitales, lo que aceleró la exploración de alternativas como la RV en la educación superior (Camarena, Navarro & Navarro, 2012).

Desde una perspectiva didáctica, la RV posee dos propiedades clave que favorecen el aprendizaje: la inmersión y la presencia. La inmersión se refiere a la sensación del usuario de estar completamente envuelto en un entorno virtual, mientras que la presencia implica la percepción de estar "allí" en dicho entorno, lo que favorece la interacción activa con los contenidos (Barfield et al., 2002). Gracias a estas características, la RV se presenta como una herramienta idónea para atender las necesidades de los estudiantes con estilos de aprendizaje predominantemente kinestésico y visual, quienes requieren experiencias interactivas y representaciones gráficas para consolidar su aprendizaje (Felder et al., 2000; Leite, Svinicki & Shi, 2010).

Este estudio tiene como objetivo analizar el potencial de la realidad virtual para afrontar los obstáculos didácticos en la enseñanza de la ingeniería, centrándose en su capacidad para mejorar la comprensión de conceptos complejos, facilitar la experimentación sin riesgos y adaptar las estrategias pedagógicas a los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

La investigación se sustenta en un marco teórico-empírico que considera la clasificación de los obstáculos didácticos (Brousseau, 1994; Camarena, 2002), la teoría de estilos de aprendizaje (Fleming & Mills, 1992) y las propiedades de la RV en contextos educativos (Özgen, Afacan & Sürer, 2021). Finalmente, se discutirán las implicaciones de la implementación de esta tecnología en el diseño de estrategias didácticas para la formación en ingeniería y se sugerirán líneas de investigación futura para evaluar su impacto a largo plazo.

2. Marco Teórico

2.1 Obstáculos en el proceso enseñanza-aprendizaje

D'Amore (2018) llamaba *obstáculo a todo hecho que se opone al aprendizaje*, Autino et al. (2011), enfatizan que los obstáculos que enfrentan los estudiantes no solo se deben a razones cognitivas, sino que estos pueden surgir de problemas relacionados con la comunicación en el proceso educativo, la cual también puede crearlos, y citan varios ejemplos de factores que pueden contribuir a estos obstáculos, como cuando el docente transmite un mensaje académico; el mensaje en sí mismo ya que debe cubrir las características necesarias para ser comprendido; los materiales de estudio en lo referente a su estructura didáctica y finalmente al mismo estudiante con sus experiencias previas, influido por su entorno.

Desde hace ya varias décadas tanto Bachelard (1972), como Brousseau (1994) habían caracterizado y acotado al obstáculo dentro del proceso de enseñanza aprendizaje, describiéndolo como aquel conocimiento que de manera general resultó satisfactorio durante un tiempo, porque fue útil para solucionar algún problema, lo que lo hizo fijarse en la mente de los estudiantes, pero que después ese conocimiento ya no resulta adecuado, por lo difícil de adaptarlo a otro contexto, cuando el estudiante se enfrentaba con nuevos problemas existentes en otras áreas del conocimiento, lo cual puede ocasionar errores (Despuy et al. 2018). Brown (2008) por otra parte señala que un obstáculo es un saber que funciona productivamente en algunas áreas del conocimiento, mientras que contribuye a la manifestación de errores en otras.

Durante sus investigaciones Brousseau (1994) encontró que el proceso de enseñanza aprendizaje estaba condicionado por tres tipos de obstáculos (ver figura 1), los obstáculos *ontogenéticos* generados por las limitaciones neurofisiológicas del alumno; los *epistemológicos* que surgen de la disciplina misma y los *didácticos* que dependen principalmente del método de enseñanza. A inicio del siglo XXI, Camarena (2002) agrega otras dos categorías más, los obstáculos *cognitivos* inferidos a los conocimientos previos que tiene el estudiante y los obstáculos *contextuales* centrados en los conocimientos adquiridos de otras disciplinas y que después intervienen en la resolución de eventos contextualizados de una disciplina específica.

Serradó, Cardeñoso & Azcárate (2005) al respecto de la clasificación dada por Brousseau señalan además que, aunque Brousseau describe estas tres categorías separadas, en la realidad, resulta difícil determinar si cierto obstáculo por ejemplo de tipo epistemológico no tiene también un carácter ontogénico o si ya que los obstáculos epistemológicos y ontogénicos se reproducen siempre en un sistema didáctico, estos también se podrían después configurar como obstáculos didácticos.

En esta investigación la clasificación de Brousseau (1994), fue considerada como base para profundizar en la definición detallada de los obstáculos del tipo didáctico, obstáculos que se pretendían afrontar a través del uso de la RV, y que se detallan a continuación.

2.2 Obstáculos didácticos

Para Brousseau (1994) los obstáculos didácticos parecen no depender más que de una elección o de una actividad dentro del sistema educativo, ellos integran un sistema que, modificándolo se podría evitar con ello dicho obstáculo, mientras que otra parte la modificación de los otros sistemas de obstáculos (epistemológico y ontogenéticos) no necesariamente permitiría algo así, por lo que resultado de gran relevancia para esta investigación profundiza en su estudio, dejando de lado a los otros dos tipos, para

ello en primer lugar se consideraron las dos principales las categorías de obstáculos didácticos que fueron encontradas:

a) El profesor como generador de obstáculos didácticos.

Los obstáculos didácticos son el resultado de las elecciones didácticas hechas por el profesor, cuando establecer la situación de enseñanza (Batanero, Godino, Green, Holmes, & Vallecillos, 1994; Camarena, 2002; Saputro et al., 2018); por ejemplo, cuando él profesor sigue una metodología específica o determinada didáctica de enseñanza en una asignatura en particular, o también por el tipo de problemas que emplea para ejemplificar los conceptos enseñados. D'Amore (2018), Bastián, Mora, y Sánchez-Guzmán (2010) y Arrigo y D'Amore (2004) señalan que este tipo de obstáculos, son creados casi siempre por profesores de los niveles escolares precedentes, cuando al impartir su clase presentaron modelos intuitivos que crearon falsas concepciones en sus estudiantes.

Para Chamorro (1995) la relación didáctica también es fruto de obstáculos, ya que la distancia que existe entre el saber del alumno y el saber del profesor también ocasionan la aparición de éstos, debido por ejemplo al uso de métodos inapropiados de enseñanza, al abusar en el uso de las analogías, aproximaciones parciales, o de la transposición didáctica, lo que necesariamente provoca conocimientos erróneos e incompletos.

Al respecto Sălăvăstru, (2014) destaca que aunque los obstáculos didácticos son específicos de las decisiones tomadas por el profesor durante el proceso de enseñanza y son consecuencia de una ideología pedagógica determinada; el sistema educativo también podría ocasionar obstáculos didácticos, por la forma en que se encuentra organizado el plan de estudios, finalmente Brown, (2008) señala que los obstáculos didácticos, pueden ser evitables mediante el desarrollo de métodos de enseñanza alternativos, lo cual es favorable para esta investigación.

b) Obstáculos didácticos ocasionados por los recursos didácticos.

Para Guerra (2010) y Camarena (2014), la ausencia de una didáctica en los materiales utilizados para la construcción de los conceptos enseñados se convierte en una fuente inagotable de obstáculos didácticos, ocasionando que el aprendizaje de un tema sea algo falto de consistencia y rigor. Meyer, Debiaggi, y Giménez (2008) han encontrado evidencia en estudios con profesores, del hecho de que la presencia de obstáculos didácticos también puede atribuirse a las estrategias planteadas en algunos de los libros de texto que fueron utilizados por dichos profesores durante su formación profesional.

Por su parte Carvalho, Silva y Clément (2007) a través de los resultados de su investigación, sugieren que el uso de imágenes inadecuadas de los libros de texto pueden ser el principal obstáculo didáctico para un aprendizaje preciso de algunos temas escolares, ya que a través de su estudio, el cual consistió en realizar búsquedas de obstáculos didácticos en los libros de texto de nivel básico, encontraron que éstos podían generar tres clases de obstáculos, el primero de ellos se daba por el hecho de que el dibujo presentado en los textos no era un reflejo real de lo que se quería representar, el segundo se caracterizaba por que el dibujo no reflejaba el carácter dinámico que tenía el objeto en la realidad y finalmente en el tercer tipo, el dibujo no mostraba la relación que el objeto tenía con otros elementos de su entorno.

Serradó *et al.* (2005), presentan un análisis detallado de los obstáculos didácticos, centrándose principalmente en dos aspectos de la construcción del conocimiento: el primero de ellos es el que se encuentra relacionado con el uso de un lenguaje especializado de una determinada rama de las ciencias, ya que siempre existen diferencias entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje de alguna especialidad, lo cual pueden constituirse como un obstáculo para la construcción del conocimiento; y otro con los contextos de ejemplificación y experimentación para la construcción del conocimiento, lo que también define Camarena (2002) como obstáculo contextual.

Para Heitele (citado por Serradó, *et al.*, 2005), cuando el alumno inicia en el estudio de alguna asignatura, él ha usado en sus actividades cotidianas, términos y expresiones para referirse a los sucesos relacionados con alguna asignatura que, con frecuencia, no tienen el sentido preciso que adquieren cuando se estudia formalmente en un salón de clases. Estas diferencias existentes entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje especializado pueden ser también un obstáculo para la construcción del conocimiento (Olazábal y Camarena, 2003; Sánchez y Jiménez, 2018).

Figura 1.
Triángulo didáctico



Fuente: Astolfi (citado en De Souza, 2009)

Para Vesely, F. J. (2005), algunos obstáculos didácticos pueden presentarse también cuando los experimentos en el aula no son posibles; o el tema suele presentarse de una manera meramente formal o también cuando los componentes del tema son bastante abstractos. Además, señala que estos obstáculos pueden ser abordados siguiendo una estrategia de enseñanza que reemplace los experimentos en el aula por las simulaciones por computadora, o que cuando se apoyan los argumentos formales con argumentos gráficos, o se en el salón de clases un enfoque que va de menor a mayor complejidad. Propone además el uso de las nuevas herramientas didácticas, como son las *simulaciones en tiempo real*. Flores, Camarena y Avalos (2014) con relación a los obstáculos en la enseñanza de la ingeniería eléctrica en particular, encontraron mediante el análisis del plan de estudios e indagación con los docentes, factores que también podrían originarlos, por ejemplo, cuando alguna de las asignaturas del plan de estudios incorpore:

- Conceptos de naturaleza abstracta o compleja, los cuales, al tratar de ser enseñados a través de los métodos tradicionales, representen alguna dificultad para el profesor.
- Ejemplificación de máquinas o situaciones reales de una situación en la ingeniería, mediante el uso del pizarrón, por ejemplo, al tratar de explicar los componentes de una máquina eléctrica.
- Situaciones de riesgo para los estudiantes, entendiéndose éstas como aquellas donde existe el peligro de lesiones, accidentes o incluso la muerte, ocasionadas por actividades relacionadas directamente o indirectamente con el tema de estudio, por ejemplo, la visita a una central eléctrica.
- Situaciones de riesgo para la maquinaria y el equipo al ser operados por estudiantes que no tienen la capacitación adecuada.

Con los resultados encontrados anteriormente se integró la tabla 1, como aporte inicial de esta investigación, en ella se sintetizan las principales características de los obstáculos didácticos:

Tabla 1.

Obstáculos didácticos	Ocasionados por el profesor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Por la metodología o didáctica de enseñanza utilizada en una asignatura 2. Por el uso de modelos intuitivos que crean falsas concepciones. 3. Por los problemas empleados para ejemplificar conceptos. 4. Por el abuso de analogías y aproximaciones parciales.
	Ocasionados por los recursos didácticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Imágenes inadecuadas de los libros de texto: <ol style="list-style-type: none"> a) El dibujo no es un reflejo real de lo que se quiere representar. b) El dibujo no refleja el carácter dinámico que tiene un objeto en la realidad. c) El dibujo no muestra la relación que tiene un objeto con otros elementos de su entorno. 2. Por las diferencias entre el lenguaje cotidiano usado por el alumno y el lenguaje de alguna especialidad. 3. Cuando los experimentos en el aula no son posibles. 4. Cuando en una asignatura se tienen que enseñar a través del pizarrón: <ol style="list-style-type: none"> a) Conceptos de naturaleza abstracta o compleja. b) Ejemplificaciones de máquinas o contextos reales de una situación en ingeniería

Fuente: Elaboración propia

Continuando con la investigación, se diseñó una etapa intermedia, mediante la cual se determinaron los principales estilos de aprendizaje y los canales sensoriales utilizados para aprender por un grupo de estudiantes de ingeniería, ya que estos son factores clave cuando se quieren afrontar los obstáculos didácticos a través de la realidad virtual, tecnología que puede estimular en mayor o menor grado los canales visual, auditivo, táctil, olfativo y gustativo.

3. Los Estilos de Aprendizaje y los Obstáculos Didácticos.

Los estilos de aprendizaje constituyen un constructo multidimensional que ha experimentado una evolución conceptual significativa en las últimas décadas. Kolb (1984) los definió como capacidades predominantes que emergen de la interacción entre factores hereditarios, experiencias vitales y exigencias del entorno, subrayando la naturaleza dinámica del aprendizaje como proceso adaptativo mediante el cual los individuos construyen conocimiento a partir de sus vivencias.

En la literatura especializada, diversos autores han propuesto marcos conceptuales para comprender este fenómeno. Dunn y Dunn (1978) establecieron uno de los modelos precursores al identificar 21 elementos que, agrupados en cinco categorías (ambiente inmediato, emotividad, necesidades sociológicas, físicas y psicológicas), determinan la forma en que los estímulos básicos influyen en la capacidad individual para absorber y retener información. Este enfoque multifactorial constituyó la base para taxonomías posteriores que integraron elementos contextuales y personales en la comprensión de los procesos de aprendizaje. Posteriormente, Honey y Mumford (1992), fundamentándose en la teoría de Kolb, refinaron la conceptualización clasificando los estilos en cuatro categorías: activo, reflexivo, teórico y pragmático. Esta taxonomía ha alcanzado amplia difusión en contextos educativos y cuenta con instrumentos de evaluación validados transculturalmente (Alonso et al., 1994).

Felder et al. (2000) señalan que tanto los estudiantes de ingeniería como de otras disciplinas manifiestan diversas formas de aprendizaje. Por otra parte, los métodos de enseñanza también presentan variabilidad: algunos docentes imparten clases magistrales, mientras otros optan por discusiones o demostraciones; algunos enfatizan principios teóricos y otras aplicaciones prácticas; algunos priorizan

la memorización frente a la comprensión. Esta heterogeneidad implica que la asimilación de información por parte del estudiante no depende exclusivamente de su capacidad innata o preparación previa, sino también de la concordancia entre su estilo de aprendizaje y el método de enseñanza implementado por su profesor. Para optimizar esta correspondencia, resulta muy importante utilizar métodos que definan integralmente los estilos de aprendizaje individuales.

La evaluación de estos estilos constituye un elemento fundamental para el diseño de estrategias pedagógicas efectivas, particularmente en disciplinas como la ingeniería. El Modelo VARK, propuesto por Fleming y Mills (1992), establece una clasificación en cuatro categorías sensoriales: visual, auditivo, lecto/escritura y kinestésico. Esta taxonomía permite identificar las preferencias específicas mediante las cuales los estudiantes procesan la información, contando con amplia validación empírica (Leite et al., 2010). Esta perspectiva se fundamenta en principios constructivistas (Piaget, 1969; Vygotsky, 1978), que reconocen la naturaleza individual y contextual de la construcción del conocimiento. Desde este enfoque, la identificación de preferencias cognitivas y sensoriales representa un paso esencial para la personalización de experiencias educativas significativas.

Felder y Silverman (1988) desarrollaron un modelo integral que establece cuatro dimensiones dicotómicas: sensorial/intuitivo, visual/verbal, activo/reflexivo y secuencial/global. Este modelo, validado específicamente en contextos de educación en ingeniería, ha demostrado correlaciones significativas entre la congruencia estilo-método y el rendimiento académico (Felder & Spurlin, 2005). La validez predictiva de la evaluación de estilos de aprendizaje ha sido exhaustivamente documentada. Un metaanálisis realizado por Pashler et al. (2008) examinó 42 estudios empíricos, encontrando correlaciones moderadas pero significativas ($r = 0.38$, $p < 0.01$) entre la correspondencia estilo-método y los resultados de aprendizaje, particularmente en disciplinas STEM. El modelo VARK, propuesto por Fleming y Mills (1992), representa una evolución de los modelos previos al centrarse específicamente en las preferencias sensoriales para el procesamiento de información. Esta taxonomía distingue cuatro modalidades perceptuales:

- **Visual (V):** Preferencia por información presentada mediante representaciones gráficas, diagramas y mapas conceptuales.
- **Auditivo (A):** Preferencia por información transmitida mediante la palabra hablada, discusiones y explicaciones orales.
- **Lectura/Escritura (R):** Preferencia por información en formato textual como libros, artículos y apuntes escritos.
- **Kinestésico (K):** Preferencia por aprendizaje experiencial, simulaciones, prácticas de laboratorio y aplicaciones concretas.

Este instrumento ha sido validado psicométricamente en diversos contextos culturales y disciplinarios. Leite et al. (2010) evaluaron sus propiedades mediante análisis factorial confirmatorio, obteniendo índices de confiabilidad satisfactorios (α de Cronbach entre 0.77 y 0.85) y validez convergente con otros instrumentos de evaluación cognitiva ($r = 0.72$, $p < 0.001$).

Para caracterizar los perfiles de aprendizaje de la población de esta investigación se implementó el cuestionario VARK en su versión en español a una muestra de 200 estudiantes de Ingeniería Eléctrica durante el semestre 2021-2. La composición de la muestra reflejó las características típicas de esta carrera: 90% hombres y 10% mujeres. Dada esta distribución asimétrica, no se realizaron análisis comparativos por género, centrándose exclusivamente en la caracterización global de los estilos de aprendizaje. Los datos fueron analizados mediante SPSS versión 20, incluyendo frecuencias y porcentajes para cada estilo. La modalidad VARK se expresó porcentualmente, mientras que los puntajes individuales se presentaron como media \pm DE.

Para datos cualitativos se utilizó chi cuadrado, y para datos continuos, prueba t para muestras independientes. Las comparaciones entre proporciones se expresaron como odds ratio (OR), estableciéndose significación estadística en $p < 0.04$.

Los resultados revelaron que el estilo de aprendizaje predominante fue el kinestésico (30%), seguido de la visual (26%), auditivo (25%) y lecto-escritor (19%). Los puntajes promedio fueron 70.67 ± 9.69 en kinestésico, 59.32 ± 12.08 en visual, 54.54 ± 15.19 en auditivo y 51.74 ± 9.43 en lecto-escritor. La prueba de chi cuadrado ($\chi^2 = 0.97$, $p = 0.81$) indicó que las diferencias observadas no eran

estadísticamente significativas. La prueba t para comparar estudiantes con preferencia kinestésica frente a otros estilos ($t = 0.55$, $p = 0.58$) tampoco mostró diferencias significativas. El análisis de odds ratio (1.15) para la preferencia kinestésica mostró una leve inclinación hacia este estilo, aunque sin alcanzar significación estadística.

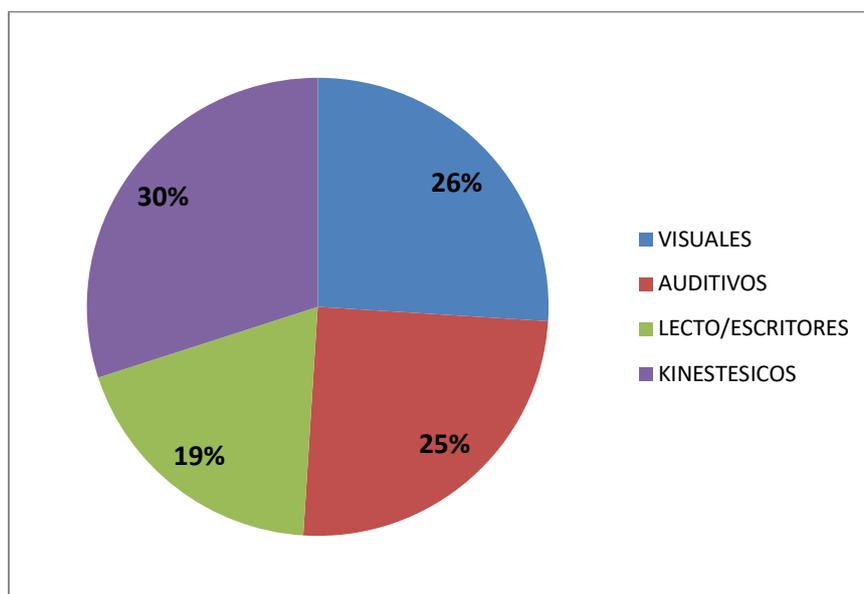
Estos hallazgos confirman el predominio del aprendizaje kinestésico en estudiantes de ingeniería, congruente con la naturaleza práctica de esta formación, lo cual coincide con el estudio de Ocampo, Guzmán, Camarena y De Luna (2014). Como señalan Fleming y Mills (1992), esta experiencia puede facilitarse mediante actividades concretas, ejemplos o prácticas, reflejando la preferencia de estos estudiantes por aproximaciones experienciales al conocimiento.

Entre los materiales didácticos que se les pueden ofrecer a los estudiantes kinestésicos están los que incluye demostraciones, simulaciones, vídeos y películas de cosas “reales”, así como casos prácticos, ejercicios y aplicaciones. Maynard *et al.* (2012) señalan que los ingenieros necesitan una gran formación práctica, la cual es algunas veces proporcionada por el contacto directo con la industria y los procesos productivos reales; pero las posibles demandas a las que una empresa se enfrentaría si un estudiante se accidenta durante una visita industrial, aunadas a los altos costos y la logística necesaria para que esta actividad se lleve a cabo, vuelven infructuosos la mayoría de los esfuerzos que se hacen por parte de los administradores de las plantas industriales y del personal de la universidad para proporcionar a los estudiantes de ingeniería este tipo de experiencias.

Con respecto al estilo de aprendizaje visual, aunque los estudiantes donde predomina este estilo de aprendizaje prefieren la representación de la información en forma de mapas, árboles, cuadros, gráficos, diagramas de flujo, organigramas y todos aquellos recursos simbólicos como son las flechas, círculos, jerarquías, entre otros.

Gráfica 1:

Estilos de Aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Astin (citado por Sulbaran & Baker, 2000) descubrió que el proceso de enseñanza y aprendizaje tradicional ha estado lleno de prácticas prioritariamente verbales, lo que ha ocasionado que los estudiantes escuchen principalmente las clases que les dictan sus profesores y que además, deben leer el material escrito en el pizarrón, en los libros de texto o en múltiples documentos, con muy pocas actividades que les faciliten poner en práctica lo aprendido, con lo que los estilos de aprendizaje de la mayoría de los estudiantes no se ven atendidos, lo que significa que la mayoría de ellos no obtienen la información necesaria para construir adecuadamente su conocimiento, lo que tiene un impacto negativo en el proceso de enseñanza, obstaculizando el aprendizaje.

Como resultado del análisis anterior se generó la tabla 2 donde se puede observar a detalle, la relación que guardan los estilos de aprendizaje, los canales sensoriales y los obstáculos didácticos, y como no atender adecuadamente un factor podría repercutir en los otros dos.

Tabla 2

Relación de los estilos de aprendizaje, los canales sensoriales y los obstáculos didácticos.

Estilo de aprendizaje	Canal sensorial utilizado	Obstáculos didácticos
Visual	Visual	1. Imágenes inadecuada en los libros de Texto. 2. Ejemplificación de maquinaria o equipo, a través de figuras.
Auditivo	Auditivo	1. Transferencia hablada del lenguaje común al de especialidad o científico
Kinestésico	Táctil	1. No es posible la experimentación. 2. Existen situaciones de riesgo para el alumno. 3. Se ponen en riesgo maquinaria o equipo si se usa de manera inadecuada.

Continuando con la investigación, toca el turno al análisis de la tecnología de la Realidad virtual y sus propiedades.

4. La realidad virtual y sus propiedades

Jaron Lanier (citado por Özgen, Afacan, & Sürer, 2021), a quien se le atribuye por primera vez el uso de la palabra de realidad virtual, define a ésta tecnología como *una realidad tridimensional implementada con gafas de visión estereoscópica y guantes, para que las personas puedan interactuar con ella*, entonces se tiene que la realidad virtual es una integración de las tecnologías de interacción hombre-máquina, con comportamientos táctiles, visuales y auditivos, cuyo objetivo es obtener los máximos resultados de las técnicas y métodos relacionados con la capacidad de percepción y de operación del ser humano; a partir de las dos definiciones anteriores y para fines de esta investigación se entiende a la realidad virtual como *una simulación hecha por computadora destinada a estimular más de un sentido humano, la cual permite el máximo nivel de interacción entre el ambiente artificialmente creado y el usuario*.

La estimulación de los sentidos humanos que tiene la RV se da principalmente por dos de sus propiedades emergentes que posee, la *inmersión* y la *presencia*, las cuales se definen a continuación:

- a) *Inmersión*: es la percepción que tiene un usuario de estar físicamente presente en un mundo no-físico. Percepción que se crea a través de imágenes, sonidos y otros estímulos, los cuales en conjunto logran proporcionar un ambiente totalmente absorbente. El nombre de inmersión es usado metafóricamente, definiéndose también como el estado de conciencia en el que un "visitante" (en palabras de Maurice Benayoun) o como lo llama Char Davies citado por (Jones, 1995) "inmersante", modifica su estado de conciencia transformado su yo físico por la sensación de estar rodeado de un ambiente artificial.
- b) *Presencia*: El sentido de presencia es un mecanismo mental complejo que está fuertemente ligado a nuestra capacidad de razonamiento emocional, es lo que ocasiona una sensación de vulnerabilidad psicológica en el usuario y un fuerte impacto de los símbolos en la percepción de un mundo virtual. Barfield *et al.* citados en (Herbelin *et al.* 2002), definen a la presencia como *el sentido de participar de "estar allí" en el entorno virtual*, lo cual no ocurre desde el punto de vista de un mero observador, sino que se tiene la posibilidad de modificar, manipular, recorrer e interactuar con el entorno sintético.

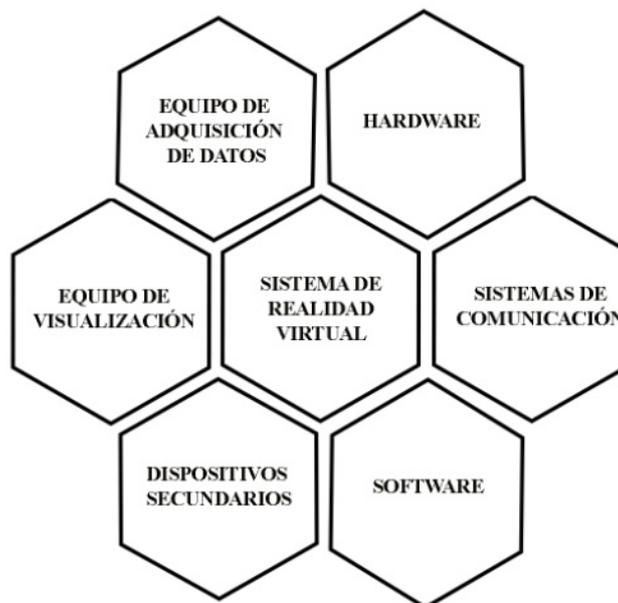
5. Convergencia tecnología y realidad virtual

La era moderna de la RV data del año 2012, encontrándose cada vez cada vez un mayor número de situaciones de uso, en el campo de la educación las aplicaciones didácticas van desde los niveles de educación básica hasta los de nivel posgrado, esto ocurre como respuesta no solo las propiedades de la RV, sino también a otro factor clave, la convergencia tecnológica, que ha logrado no solo reducir los costos de implementación y producción sino la capacidad de procesamiento de información; la convergencia tecnológica se define en palabras de Olawuyi y Mgbale (2012) como: “... la tendencia de los diferentes sistemas tecnológicos para evolucionar hacia la realización de tareas similares”.

En esta investigación se encontró que, en los sistemas de realidad virtual convergen seis grandes categorías tecnológicas (ver figura 2), las cuales pueden presentarse en mayor o menor medida dependiendo del nivel de inmersión y presencia que éstos brinden al usuario a través de imágenes, sonidos y otros estímulos, permitiendo además la interacción con el mundo sintético recreado; esto significa que, a mayor nivel de inmersión y presencia, mayor cantidad de equipo necesario.

Figura 2.

Convergencia tecnológica en los sistemas de Realidad Virtual.



Fuente: Adaptación de (Flores, Camarena y Ávalos, 2014)

La convergencia tecnológica es pues otro factor clave cuando se planea utilizar a la realidad virtual para afrontar obstáculos didácticos, ya que gracias a ella en la actualidad existen equipos de cómputo con mayor capacidad de procesamiento de información a costos más accesibles, lo que permite que más instituciones educativas tenga acceso a incorporar dicha tecnología en sus procesos de enseñanza aprendizaje, como ejemplo de lo anterior se puede tomar el sistema CAVE (acrónimo de Cave Automatic Virtual Environment, por sus siglas en inglés), que fue desarrollado en el año 1992 por Carolina Cruz-Neira, Thomas A. DeFanti, y Daniel. J. Sandin, investigadores de la Universidad de Chicago, cuya implementación en ese año requirió una inversión de dos millones de dólares, inversión que para el año 2012 con la evolución de dicho sistema, que fue efectuada por esa misma universidad al pasar el antiguo sistema al sistema CAVE2, integrado por 72 monitores de 46 pulgadas, 20 equipos de cómputo de alto desempeño y accesorios secundarios, con una inversión de \$926,000 dólares para su implementación, es decir, menos de la mitad de lo que costó el proyecto inicial (Grimes, 2013), cabe destacar que en la actualidad existen sistemas de realidad virtual menos sofisticados que el sistema CAVE, que se pueden implementar con algunos cientos de dólares dentro de los que destaca el casco de

realidad virtual Oculus Quest 2, de la empresa META el cual pese a ser un sistema individualizado, brinda un alto nivel de inmersión y presencia dentro de la Realidad Virtual.

Durante el desarrollo de la investigación, se encontraron tres categorías principales en las que se pueden clasificar los sistemas de RV actuales:

- a) Sistemas de realidad virtual de escritorio, o no inmersiva, dentro de esta categoría se encuentran aquellos sistemas con la capacidad de reproducir contenidos multimedia y simulaciones computacionales, que no requieren de equipo de cómputo o periférico especializado, por lo que su integración se hace únicamente con una computadora de escritorio, laptop o dispositivo móvil, y equipos como teclados, mouse o pantallas táctiles. Esta categoría de RV, tiene la desventaja de no brindar ninguna sensación de inmersión para el usuario, al no perderse en ningún momento el contacto con el entorno físico.
- b) Sistemas de realidad virtual semi-inmersiva, en esta categoría se clasifican aquellos sistemas que debido a los dispositivos tecnológicos que se utilizan como son monitores o pantallas de gran formato con capacidad de reproducir contenidos 3D, logran engañar parcialmente al cerebro del usuario, dándole la sensación de estar inmerso en los contenidos sintéticos que se le presentan, aunque en esta categoría el usuario tampoco pierde el contacto con su entorno real.
- c) Sistemas de realidad virtual inmersiva, esta es sin duda la categoría más importante sobre la que han girado las investigaciones de la última década realizadas sobre esta tecnología, encontrándose dividido en dos grandes categorías, la primera de ella consta un casco o dispositivo montado sobre la cabeza del usuario, integrado por un par de pantallas de visualización tridimensional, en las cuales puede ser reproducido el contenido sintético 3D creado por computadora, casco que se complementa con sonidos envolventes, sensores de movimiento y dispositivos hápticos, que le permiten a usuario estar completamente aislado del mundo físico exterior, logrando niveles elevados de inmersión. La segunda categoría es la de las denominadas cuevas de realidad virtual, las cuales son salas en la que las paredes, piso y techo que rodean al usuario tiene la capacidad de reproducir imágenes tridimensionales de gran formato y de alta calidad, por su tamaño pueden ofrecer una sensación de inmersión total a un grupo de usuarios al mismo tiempo, aunque solo uno de ellos pueda interactuar con el contenido sintético, sirviendo como guía de los demás, estos sistemas cuentan también con múltiples dispositivos periféricos para optimizar su funcionamiento. La Realidad Virtual inmersiva es considerada por diversas razones la mejor opción para transmitir información multisensorial, incluyendo entre ellas la capacidad de aislar casi por completo la interferencia que pudiera proveer el mundo exterior y permitir de este modo al usuario enfocarse por completo en la información que le proporciona el contenido sintético.

6. Resultados:

6.1 Obstáculos didácticos, estilos de aprendizaje y realidad virtual

Finalmente en esta sección se muestra la correspondencia entre los obstáculos didácticos, los estilos de aprendizaje y los sistemas de realidad virtual, para lo cual una vez que fueron encontrados los principales obstáculos didácticos presentes en la enseñanza de la ingeniería (tabla 1), y después de la realización de la etapa intermedia de contraste entre los estilos de aprendizaje predominantes de los estudiantes de ingeniería y los obstáculos didácticos, fue necesario contrastar dichos hallazgos con y la realidad virtual, encontrándose que aunque dicha tecnología como señalaban Ariyakul, Aizawa & Nakamoto (2013), logra estimular un gran universo de estudiantes principalmente aquellos que utilizan la vista, el oído y el tacto, y más recientemente y con menor uso el olfato, los estudiantes lecto-escritores por su estilo de aprendizaje no podrían tener acceso a los beneficios que brinda esta tecnología.

Para lograr el contraste señalado anteriormente y poder recomendar el sistema de realidad virtual que resulta más adecuado para afrontar los obstáculos didácticos que se presentan durante la enseñanza de la ingeniería, se tomó como base la clasificación mencionada con anterioridad, considerando únicamente aquellos sistemas que ofrecen los niveles de interacción y de inmersión, necesarios para atender los

principales estilos de aprendizaje de los estudiantes. Finalmente se construye la tabla 3, la cual muestra que al menos dos de las categorías de la realidad virtual logran atender los tres principales estilos de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, al mismo tiempo que permiten afrontar algunos de los obstáculos didácticos presentes en el proceso de enseñanza aprendizaje, por otra parte, se encontró que los estudiantes lecto-escritores no lograrían satisfacer su estilo de aprendizaje con esta propuesta.

Tabla 3.

Relación de la RV con los obstáculos didácticos y estilos de aprendizaje

Estilo de aprendizaje	Obstáculo didáctico	Nivel de la Realidad Virtual	
		Semi-inmersiva	Inmersiva
Visual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Imágenes inadecuada en los libros de Texto. 2. Conceptos de naturaleza abstracta o compleja. 3. Ejemplificación de maquinaria o equipo. 	sí	sí
Auditivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transferencia del lenguaje común al de especialidad o científico 	sí	sí
Kinestésico	<ol style="list-style-type: none"> 1. No es posible la experimentación. 2. Existen situaciones de riesgo para el alumno. 3. Se ponen en riesgo maquinaria o equipo si se usa de manera inadecuada. 	sí	sí

7. Discusión

Los hallazgos de esta investigación sugieren que el uso de la realidad virtual (RV) en la enseñanza de la ingeniería puede contribuir a la superación de los principales obstáculos didácticos identificados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En particular, la RV permite atender los estilos de aprendizaje predominantes en los estudiantes de ingeniería, como el kinestésico y el visual, facilitando un aprendizaje más inmersivo y contextualizado.

7.1 Comparación con estudios previos

Estos resultados son consistentes con estudios previos, como el de Ariyakul, Aizawa y Nakamoto (2013), quienes demostraron que la RV puede estimular múltiples sentidos y mejorar la retención del conocimiento en entornos educativos. Además, coinciden con las investigaciones de Maynard et al. (2012), quienes señalaron que los estudiantes de ingeniería requieren experiencias prácticas significativas para consolidar su aprendizaje, las cuales pueden ser replicadas de manera efectiva mediante simulaciones en RV.

No obstante, algunos estudios han identificado limitaciones en la aplicación de la RV en la educación. Por ejemplo, investigaciones como las de Sulbaran y Baker (2000) indican que la adopción de esta tecnología puede verse obstaculizada por la disponibilidad de recursos tecnológicos y la capacitación docente. En este sentido, si bien la RV ofrece una solución viable para enfrentar los desafíos didácticos, su implementación efectiva requiere una infraestructura adecuada y docentes preparados para integrar estas herramientas en su práctica pedagógica.

7.2 Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados prometedores, este estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, el análisis se centra en una muestra específica de estudiantes de ingeniería, por lo que los hallazgos podrían no ser generalizables a otras disciplinas. Además, el estudio se basa en un análisis teórico, lo que sugiere la necesidad de futuras investigaciones empíricas que validen experimentalmente la efectividad de la RV para superar los obstáculos didácticos en diferentes contextos educativos.

7.3 Implicaciones y futuras investigaciones

Los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones importantes para el diseño de estrategias didácticas en la enseñanza de la ingeniería. La incorporación de la RV no solo puede mejorar la comprensión de conceptos complejos, sino también reducir la brecha entre la teoría y la práctica. Sin embargo, para maximizar su impacto, se recomienda diseñar estudios longitudinales que evalúen la retención del aprendizaje y la transferencia de conocimientos a situaciones reales de ingeniería.

En el futuro, sería relevante analizar el impacto de la RV en otros estilos de aprendizaje, como el lecto-escritor, que podría no beneficiarse en la misma medida que los estilos visual y kinestésico. Además, el desarrollo de entornos de RV con retroalimentación háptica podría ofrecer nuevas oportunidades para mejorar la experiencia de aprendizaje y su aplicación en escenarios educativos más diversos.

8. Conclusiones

Los resultados de esta investigación han demostrado que la realidad virtual (RV) representa una herramienta didáctica innovadora y eficaz para afrontar los obstáculos didácticos en la enseñanza de la ingeniería. Al proporcionar entornos de aprendizaje inmersivos e interactivos, la RV permite una mejor comprensión de conceptos abstractos, la reducción de riesgos asociados con la experimentación y la adaptación de los métodos de enseñanza a los estilos de aprendizaje predominantes en los estudiantes de ingeniería.

Se ha identificado que los principales obstáculos didácticos en la enseñanza de la ingeniería pueden ser mitigados mediante el uso de la RV, ya que esta tecnología permite generar experiencias multisensoriales que favorecen el aprendizaje kinestésico y visual. La capacidad de simular entornos y escenarios complejos sin comprometer la seguridad del estudiante facilita una enseñanza más efectiva y accesible (Maynard et al., 2012; Flores, Camarena & Avalos, 2014).

Desde una perspectiva teórica, este estudio respalda la clasificación de Brousseau (1994) sobre los obstáculos didácticos y sugiere que la integración de la RV en la educación puede minimizar las barreras generadas por metodologías tradicionales poco adaptadas a las necesidades del estudiante. La RV también permite una alineación más estrecha con los principios del aprendizaje experiencial, al permitir la interacción directa con el contenido en un entorno controlado (Ariyakul, Aizawa & Nakamoto, 2013).

No obstante, la implementación de la RV en la educación presenta desafíos que deben ser abordados para garantizar su efectividad. Entre estos desafíos se encuentran la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, la capacitación docente y la accesibilidad económica de estas herramientas. Si bien la convergencia tecnológica ha reducido los costos de los dispositivos de RV, su integración en los programas educativos aún requiere esfuerzos institucionales significativos (Grimes, 2013; Olawuyi & Mgbale, 2012).

Futuras investigaciones podrían enfocarse en evaluar el impacto de la RV en el desempeño académico a largo plazo y en explorar estrategias para su implementación equitativa en diversas instituciones educativas. Asimismo, sería relevante analizar el papel de la RV en la enseñanza de otros estilos de aprendizaje menos favorecidos por esta tecnología, como el lecto-escritor, y el desarrollo de herramientas complementarias para ampliar su aplicabilidad.

En conclusión, la realidad virtual tiene el potencial de transformar la enseñanza de la ingeniería al proporcionar experiencias de aprendizaje inmersivas y adaptadas a las necesidades de los estudiantes. Sin embargo, su implementación debe ir acompañada de estrategias pedagógicas bien diseñadas y políticas institucionales que garanticen su accesibilidad y efectividad en el ámbito educativo.

Referencias

- Ariyakul, Y., Aizawa, T., & Nakamoto, T. (2013). Visual-olfactory presentation system using a miniaturized olfactory display based on SAW streaming and electroosmotic pumps. *IEEE Virtual Reality*, 18(20), 155–156. <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549409>
- Arrigo, G., & D'Amore, B. (2004). Otros hallazgos sobre los obstáculos epistemológicos y didácticos en el proceso de comprensión de algunos teoremas de George Cantor. *Educación Matemática*, 16(2), 5–20. <https://doi.org/10.24844/EM>

- Autino, B. del C., Digión, M. A., Llanos, L. M., Marcoleri, M. E., Montalvetti, P. G., & Soruco, O. S. (2011). Obstáculos didácticos, ontogenéticos y epistemológicos identificados desde la comunicación en el aula de matemática. En *Memorias del XIII CIAEM-IACME* (Recife, Brasil, 2011). https://xiii.ciaem-redumate.org/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/738/871
- Bachelard, G. (1972). *La noción de obstáculo epistemológico. La formación del espíritu científico*. Siglo Veintiuno editores S. A.
- Bastián, G. M., Mora, C., & Sanchez-Guzman, D. (2010). Obstáculos en la resolución de problemas en alumnos de bajo rendimiento. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(3). http://www.lajpe.org/sep10/413_Mauricio_Bastien.pdf
- Batanero, C., Godino, J. D., Green, D. R., Holmes, P., & Vallecillos, A. (1994). Errores y dificultades en la comprensión de los conceptos estadísticos elementales. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 25(4), 527–547.
- Brousseau, G. P. (1994). Perspectives pour la didactique des mathématiques. *Vingt ans de didactique des mathématiques en France. Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud*, 51-66.. https://hal.science/hal-00567259/file/Brousseau_1994_perspectives_ddm.pdf
- Brown, S. (2008). Exploring epistemological obstacles to the development of mathematics induction. In *Proceedings of the 11th Conference for Research in Undergraduate Mathematics Education* (Feb. 2008, San Diego, CA). http://sigmaa.maa.org/rume/crume2008/Proceedings/S_Brown_LONG.pdf
- Camarena, P., Navarro, E., & Navarro, Y. (2012). Experiencias institucionales exitosas en educación a distancia. *Revista Apertura*, 4(2). <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/317/283>
- Camarena, P. (2002). Reporte de investigación titulado: Los registros cognitivos de la matemática en el contexto de la ingeniería (Número de registro CGPI-IPN 20010616). Editorial ESIME-IPN.
- Camarena, P. (2014). Un modelo para el diseño de material computacional interactivo. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 19(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4794546>
- Carvalho, G. S., Silva, R., & Clément, P. (2007). Historical analysis of Portuguese primary school textbooks (1920–2005) on the topic of digestion. *International Journal of Science Education*, 29(2), 173–193. <https://doi.org/10.1080/09500690600739340>
- Chamorro, M. (1995). Los procesos de aprendizaje en matemáticas y sus consecuencias metodológicas en primaria. *Uno: Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 4. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/72581>
- D'Amore, B. (2018). Fundamentos teóricos de la investigación sobre el aprendizaje de la matemática en aula: Primeros elementos de didáctica de la matemática. *Eduser*, 5(1), 15-46. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/eduser/article/view/397/375>
- De Souza, S. (2009). Un análisis de los errores de los alumnos en clases virtuales de geometría descriptiva bajo las teorías del desarrollo del pensamiento geométrico y del concepto figural. *Revista Iberoamericana de Educación*, 51(1), 3. <https://doi.org/10.35362/rie5111926>
- Despuy, G., Kern, S., Pacini, C., & Craveri, A. (2018). Estrategias interdisciplinarias para fortalecer el aprendizaje de la química a partir de dificultades en el desarrollo de competencias matemáticas. En *IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*, 19-21 de septiembre de 2018, Córdoba, Argentina. https://cadi.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/4_CADI_y_10_CAEDI_paper_93.pdf
- Felder, R., Woods, D. R., Stice, J. E., & Rugarcia, A. (2000). The future of engineering education II: Teaching methods that work. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 26–39. <https://journals.flvc.org/cee/article/view/123097>
- Fleming, N. D., & Mills, C. (1992). Helping students understand how they learn. *The Teaching Professor*, 7(4):a1655.
- Flores, J. A., Camarena, P., & Avalos, E. (2014). Oportunidades de integración de la realidad virtual al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería eléctrica: Un análisis desde el enfoque de sistemas. *Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología*, 1(2), 19-30. <https://doi.org/10.18848/2386-8791/CGP/v01i02/19-30>
- Grimes, B. (2013, enero 30). University of Illinois at Chicago: Virtual reality's CAVE pioneer. *EdTech Focus on Higher Education*. <https://www.evl.uic.edu/entry.php?id=1093>

- Guerra, M. M. (2010). La geometría y su didáctica. *Revista Innovación y Experiencias Educativas*, 31. <https://goo-su/PPXxScq>
- Herbelin, B., Vexo, F., & Thalmann, D. (2002). Sense of presence in virtual reality exposure therapy. En *Proceedings of the 1st International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation*. <https://rb.gy/4j8od6>
- Jones, M. J. (1995). Char Davies: VR through osmosis. *Cyberstage*, 2(1), 24-28. <https://www.immersence.com/publications/1995/1995-MJJones.html>
- Leite, W. L., Svinicki, M., & Shi, Y. (2010). Attempted validation of the scores of the VARK: Learning styles inventory with multitrait-multimethod confirmatory factor analysis models. *Educational and Psychological Measurement*, 70(2), 323-339. <https://doi.org/10.1177/0013164409344507>
- Maynard, N., Kingdon, J., Ingram, G., Tadé, M., Shallcross, D. C., Dalvean, J., & Kavanagh, J. (2012). Bringing industry into the classroom: Virtual learning environments for a new generation. En *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*.
- Meyer, R., Debiaggi, M., & Giménez, N. (2008). La inferencia estadística como metodología: Análisis de contenido de ideas fundamentales (IEF). *Ciencias Económicas*, 2(9), 29-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5523070>
- Ocampo, F., Guzmán, A., Camarena, P., & de Luna, R. (2014). Identificación de estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(61), 401-429. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000200004
- Olawuyi, J. O., & Mgbale, F. (2012). Technological convergence. *Science Journal of Physics*. 2012, <http://www.sjpub.org/sjp/sjp-221.pdf>
- Olazábal, A. M., & Camarena, P. (2003). Categorías en la traducción del lenguaje natural al lenguaje algebraico de la matemática en contexto. En *Memorias del Congreso Nacional de Profesores de Matemáticas*.
- Özgen, D. S., Afacan, Y., & Sürer, E. (2021). Usability of virtual reality for basic design education: A comparative study with paper-based design. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(?), 357-377. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09554-0>
- Papadakis, S. (2007). Technological convergence: Opportunities and challenges. *Ensayos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones*. <https://www.itu.int/osg/spu/youngminds/2007/essays/papadakissteliostym2007.pdf>
- Reyes, C. E. (2020). Reducción de obstáculos de aprendizaje en matemáticas con el uso de las TIC. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 11, 697. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.697
- Sălăvăstru, D. (2014, enero). Obstacles and errors in the appropriation of the psychological language. *Argumentum: Journal of the Seminar of Discursive Logic, Argumentation Theory, and Rhetoric*, 21(1). <https://www.fssp.uaic.ro/argumentum/Argumentum%20No%2021%20issue%201.htm>
- Sánchez, D., & Jiménez, A. (2018). Situaciones a-didácticas en la enseñanza de las matemáticas. *RECME: Revista Colombiana de Matemática Educativa*, 3(1), 40-42. <http://ojs.asocolme.org/index.php/RECME>
- Saputro, B. A., Suryadi, D., Rosjanuardi, R., & Kartasasmita, B. G. (2018, diciembre). Learning obstacle student in factoring quadratic form. En *International Conference on Mathematics and Science Education of Universitas Pendidikan Indonesia*, 3, 898-904.
- Serradó, A., Cardeñoso, J. M., & Azcárate, P. (2005). Los obstáculos en el aprendizaje del conocimiento probabilístico: Su incidencia desde los libros de texto. *Statistics Education Research Journal*, 4(2), 59-81. https://iase-web.org/Publications.php?p=SERJ_issues
- Steuer, J. (1993). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Sulbaran, T., & Baker, N. C. (2000). Enhancing engineering education through distributed virtual reality. En *Frontiers in Education Conference Proceedings*, SID/13. <https://doi.org/10.1109/FIE.2000.896621>
- VARK, a guide to learning styles. <https://vark-learn.com/wp-content/uploads/2014/08/The-VARK-Questionnaire-Spanish.pdf>
- Vesely, F. J. (2005). Explaining Gibbsian phase space to second-year students. *European Journal of Physics*, 26(2), 243. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/26/2/003>

Conflicto de intereses

No hay ningún conflicto de interés reconocido por parte del autor de la publicación.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons