

Validación del VRNQ en español: un instrumento para caracterizar aplicaciones innovadoras en Educación Científica que utilicen Realidad Virtual Inmersiva

Michael Padilla Mora¹, Alexa Alejandra Zúñiga Serrano¹

¹ Colaboratorio para Acciones Investigativas en Mediación, Educación y Docencia.
Universidad Nacional (Costa Rica)
michael.padilla.mora@una.cr ; alexa.zuniga.serrano@una.cr

Resumen. Ante el auge en el uso de nuevas tecnologías digitales inmersivas como parte de las mediaciones pedagógicas vinculadas con el aprendizaje y enseñanza de temáticas científicas, se hacen también requeridos instrumentos robustos y adecuados para sistematizar y validar los nuevos recursos propuestos. Para el caso de las aplicaciones y experiencias que incorporan la realidad virtual, son escasos los instrumentos disponibles en español que faciliten este tipo de validación como apoyo a la hora de generar producciones didácticas u otros recursos pedagógicos inmersivos. Es por lo anterior que el presente artículo se orienta a la validación de una versión traducida al español del Cuestionario Neurocientífico para Realidad Virtual (VRNQ, por sus siglas en inglés). Este instrumento creado originalmente para el monitoreo de percepciones de usuarios acerca de los escenarios de Realidad Virtual Inmersiva a los que son expuestos, es propuesta aquí como una herramienta apta para ser incorporada a las cada vez más comunes iniciativas educativas que buscan hacer uso de aplicaciones de Realidad Virtual como nuevo medio para el aprendizaje significativo dentro de las experiencias de educación científica. El trabajo exhibe los resultados de un análisis factorial confirmatorio aplicado sobre respuestas de 189 participantes, incluyendo menores de edad y adultos, que corrobora una versión traducida al español y abreviada del cuestionario VRNQ como un instrumento apto para la exploración de las percepciones de las personas usuarias en dimensiones como: experiencia de usuario, mecánica de juego, asistencia durante la experiencia y sintomatología asociada. Para el proceso de validación, se creó además un escenario virtual inmersivo con temática espacial utilizando software libre, que se encuentra disponible de manera gratuita, para promover la alfabetización y familiarización en tecnologías inmersivas para usuarios sin experiencia previa.

Palabras clave: Realidad Virtual. Validación. Tecnologías Digitales Inmersivas. Software Libre

1. Introducción

Las nuevas tecnologías relacionadas con la inteligencia artificial (IA), la robótica, el *big data* o la realidad virtual, impactan de manera significativa la forma en que se construye y desarrolla la sociedad actual [1]. Desde el uso cotidiano de asistentes digitales en teléfonos inteligentes como Alexa o Siri, hasta la posibilidad de realizar trabajos complejos a partir de indicaciones concisas en aplicaciones generativas como

ChatGPT o Gemini, los campos en los que inciden estas nuevas tecnologías no se limitan a un ámbito de aplicación, sino que trastocan múltiples escenarios debido a sus amplias posibilidades. Una de las áreas en donde estas tecnologías emergentes encuentran un espacio natural de aplicación, se relaciona con la exploración e investigación de nuevas estrategias pedagógicas para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Así, por ejemplo, encontramos el uso de robótica avanzada dentro de los procesos de enseñanza de programas STEAM [2] y la aplicación de realidad virtual inmersiva como medio para la simulación de entrenamientos que permita la familiarización con tecnologías mecánicas [3].

Dentro de estas nuevas propuestas destacan tecnologías inmersivas como la realidad virtual, cuyo potencial y relevancia para la educación científica emerge con la posibilidad de crear simulaciones en mundos virtuales, tridimensionales, navegables e interactivos percibidos por el usuario como reales y dotados de sentido de presencia, siendo la persona usuaria capaz de manipular los objetos visibilizados e interactuar con el ambiente de manera natural [4]. Diversos trabajos resaltan hoy las posibilidades de la realidad virtual inmersiva cuando se integra a las experiencias pedagógicas en el ámbito de la educación científica [5], [6], [7], [8], mismos que también ubican estas tecnologías como una alternativa ideal para acompañar los procesos formativos a partir del aprendizaje por simulación en áreas como la biología, la física, la ingeniería y la ecología. No obstante, aunque la habilidad para desarrollar aplicaciones virtuales inmersivas comenzará por tanto a ser cada vez más deseable para personas dedicadas a la educación científica, y pese a que los procesos para la validación de dichas aplicaciones deben apoyarse en instrumentos confiables, a la fecha no existen instrumentos en español específicamente validados y disponibles para esta finalidad.

Como es sabido, una de las metodologías de recolección de datos para la validación de aplicaciones más comunes y eficientes, utilizadas de manera regular dentro de la investigación son los cuestionarios. Este tipo de instrumentos representan una forma asequible de recabar la información, son de fácil acceso y aplicación, permitiendo construir una base estadística al recolectar datos sobre un amplio número de personas en un tiempo relativamente breve y propiciando el anonimato de las personas participantes mediante recodificación [9]. En las investigaciones sobre realidad virtual, un ejemplo destacado de cuestionario que cumple con las características anteriores es el *Virtual Reality Neuroscience Questionnaire (VRNQ)*, el cual constituye una de las herramientas más relevantes en la validación de aplicaciones de realidad virtual inmersiva en la actualidad.

El *Virtual Reality Neuroscience Questionnaire (VRNQ)* es un instrumento realizado por investigadores de las Universidades de Edimburgo y Naples [10], con el objetivo de evaluar la calidad de aplicaciones de realidad virtual inmersiva y la intensidad de los síntomas de malestar que puede experimentar una persona al usar el recurso. Es importante recordar que las características de la estimulación propioceptiva y vestibular en entornos de realidad inmersiva pueden afectar especialmente a los usuarios nóveles, provocando mareos, náuseas u otras molestias. Si no se consideran estos efectos, podrían influir negativamente en sus experiencias formativas.

Más en específico, el *VRNQ* es un cuestionario breve compuesto por 20 ítems que miden cuatro dimensiones: la experiencia del usuario, la mecánica del juego, la asistencia en el juego y los síntomas y efectos de malestar inducidos por el uso de realidad virtual inmersiva. Este instrumento destaca sobre otros cuestionarios

orientados a evaluar la realidad virtual como el Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) [11], Fast Motion Sickness Score (FMS) [12] y Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S) [13], al ser de baja complejidad, evaluar la idoneidad del software inmersivo propuesto desde la perspectiva de usuario, y por permitir evaluar dentro del mismo instrumento cuatro dimensiones que se integran para lograr caracterizar un perfil de medición estándar, confiable y rápido asociado con las aplicaciones propuestas [14].

El objetivo de esta investigación es determinar la confiabilidad y validez de una versión traducida al español y adaptada del *Virtual Reality Neuroscience Questionnaire (VRNQ)*, en su utilidad para facilitar la caracterización de aplicaciones de realidad virtual inmersiva diseñadas para ser introducidas en procesos pedagógicos de educación científica u otras finalidades pedagógicas más generales. Hacer uso de este tipo de instrumento como apoyo para conocer las perspectivas de las personas usuarias al momento de utilizar las aplicaciones educativas inmersivas que podamos incorporar en nuestras experiencias de aprendizaje, constituye un aspecto clave en la aspiración de propiciar procesos de desarrollo e implementación más participativos, informados y seguros; especialmente si se considera que un empleo descuidado podría incluso favorecer sintomatologías de riesgo considerable y malestares asociados en detrimento del aprendizaje significativo deseado. En cambio, un registro adecuado de la experiencia de las personas usuarias al experimentar los escenarios inmersivos, además de permitir la identificación y mejora de características concretas generalmente relacionadas con la programación desinformada de algunos de los parámetros formales del renderizado en tiempo real [15], habilita el resguardo de la integridad de las personas aprendientes para promover mejores aprendizajes.

2. Materiales y Métodos

2.1 Participantes

El trabajo se realizó incluyendo un total de 189 participantes, 80 niños y niñas con edades entre los 9 y 13 años ($\bar{x} = 11.01$), y 109 personas adultas con edades de entre los 17 y 61 años ($\bar{x} = 22.56$). Todos los participantes menores de edad fueron estudiantes de cuarto, quinto y sexto nivel de la escuela pública Rafael Francisco Osejo, ubicada en Sabana Sur (San José, Costa Rica). En todos los casos, se obtuvo el consentimiento informado firmado por sus encargados legales. Las personas adultas fueron estudiantes universitarios de las carreras de Pedagogía con Énfasis en Educación Preescolar, Educación Especial y I y II Ciclo de la Universidad Nacional (Heredia, Costa Rica). Para los participantes mayores de edad, el consentimiento fue firmado por ellos mismos. Sin importar la edad, se excluyeron a todos los posibles participantes que reportaran malestares significativos relacionados con mareos o ansiedad asociables con el uso de los equipos de realidad virtual desde inicio de la experiencia.

2.2 Instrumento

Se utilizó una versión abreviada en español del instrumento *Virtual Reality Neuroscience Questionnaire (VRNQ)* elaborado por Kourtesis et al. [10], y originalmente desarrollado para evaluar la calidad de las experiencias de realidad virtual a partir de cuatro dimensiones: la experiencia del usuario, la mecánica del juego, la asistencia en el juego y los síntomas y efectos inducidos por la Realidad Virtual. El instrumento original, compuesto por 20 ítems, utiliza una escala Likert con opciones de respuestas de 1 a 7 para medir el nivel de acuerdo, agrado y dificultad percibidos por la persona durante la experiencia inmersiva. La versión traducida de los ítems de esta investigación fue valorada por un experto como adecuada al respecto del contenido original de cada ítem, y referida como adecuada por el sistema digital experto Gemini 2.0 basado en LLM [16]. La versión aquí empleada del cuestionario excluyó 4 ítems de la versión original, que resultaron ambiguos en función del criterio de respuesta acorde con los comentarios de algunos participantes en una aplicación preliminar. De este modo, cada dimensión quedó constituida por 4 ítems. En el presente trabajo además se utilizaron figuras similares a emoticones para ilustrar cada opción de respuesta en la escala Likert, misma que se redujo a 5 niveles de respuesta dada la inclusión de niños y niñas como participantes (El cuestionario se encuentra en el material suplementario).

2.3 Escenario de Realidad Virtual y Software

Como referente para facilitar una primera experiencia con la Realidad Virtual Inmersiva a usuarios nóveles o poco familiarizados, y como referente para la aplicación de las valoraciones mediante el cuestionario VRNQ, se construyó un escenario de realidad virtual inmersiva con temática espacial, donde los participantes obtuvieron una perspectiva de primera persona (POV por sus siglas en inglés), encontrando diferentes objetos con los cuales interactuar mientras exploraban libremente a través de distintos formatos de desplazamiento (caminado, volando, teletransportándose, etc.) (Ver detalle en Figura 1a). El escenario fue diseñado utilizando el software libre Unity para la creación de aplicaciones en 3D y el paquete VRIF [17] para la interactividad con los objetos disponibles a usuarios. Unity es actualmente uno de las principales suites de creación para el diseño de aplicaciones y experiencias educativas relacionadas con las ciencias [18]. El escenario inmersivo contempló los siguientes criterios de 1) interacciones ergonómicas que simulan movimientos de la mano en la vida real; 2) un sistema de navegación que utiliza la teletransportación y la movilidad física; 3) tutoriales comprensibles pertinentes a los controles; 4) instrucciones e indicaciones que ayudan al usuario a orientarse e interactuar con el entorno [19]. El escenario desarrollado y completamente funcional se encuentra accesible para su uso libre bajo licencia creative commons (Ver material suplementario).

2.4 Hardware, Procedimiento y Análisis

Se utilizaron los visores de realidad virtual Meta Quest 2 y Meta Quest 3 desarrollados por la compañía Meta Platforms. Estos dispositivos permiten que las personas participantes estén inmersas en la experiencia e interactúen en el entorno virtual. Además, en un inicio los dispositivos estuvieron conectados por medio de Meta

Quest Link a una computadora portátil marca MSI Katana 17 con procesador Intel Core i7 12650H, 16GB de RAM y tarjeta gráfica NVIDIA 4060 (Ver Figura 1b). Previamente a estas aplicaciones, el trabajo involucró la adaptación del instrumento al idioma español considerando en la traducción de los ítems el contexto costarricense y siguiendo el criterio experto. Luego se corroboró el criterio utilizando la herramienta de inteligencia artificial Gemini [16]. Además, se modificaron las opciones de respuesta de la Escala Likert a una escala de 1 a 5; debido a la necesidad de disminuir la cantidad de opciones de respuesta y simplificar el instrumento para ser aplicado también a niños y niñas. Por la misma razón se optó por acompañar las opciones de respuesta con emoticones de caras acompañando la numeración. Posteriormente, se realizó el enlace con la institución educativa escolar correspondiente para explicar el objetivo de la investigación y proceder a enviar a los padres de familia el consentimiento informado. El consentimiento explicó a las personas encargadas de los menores de edad el objetivo de la investigación, lo que se haría, los riesgos y beneficios, la voluntariedad y la confidencialidad de los datos recolectados. Posteriormente, se visitó el centro educativo entre el mes de octubre del 2023 al mes de agosto del 2024. Durante estas visitas, se explicó a los niños y las niñas las normas de seguridad necesarias para poder realizar la experiencia de realidad virtual; seguidamente, exploraron la aplicación desarrollada durante un periodo de tiempo de 10 minutos y finalmente, se aplicó el instrumento a validar.

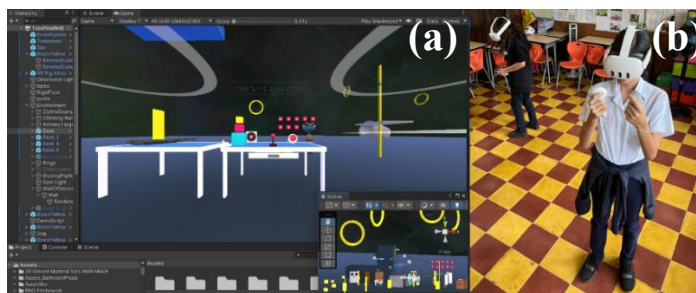


Fig.1. (a) Diseño del escenario de realidad virtual inmersiva con temática espacial.
(b) Participantes utilizando visores de Realidad Virtual durante la experiencia.

Para el caso de la población universitaria se procedió a contactar docentes anuentes a participar una vez conocidos los objetivos de la investigación. Con anuencia de las personas docentes se procedió también a informar a las personas estudiantes sobre los objetivos de la investigación y se les solicitó firmar el consentimiento informado tras la lectura del documento. Los estudiantes que entregaron el consentimiento, al igual que los menores de edad, fueron informados sobre las normas de seguridad necesarias para poder realizar la experiencia de realidad virtual y exploraron el escenario inmersivo por 10 minutos para posteriormente llenar el cuestionario.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R en su versión 4.0.1. El análisis implicó un análisis general descriptivo por mapa de calor para conocer el comportamiento general de las respuestas a los ítems y un análisis factorial confirmatorio utilizando el paquete lavaan de R [20] para examinar la validez del instrumento en su versión traducida.

3. Resultados

La Figura 2 muestra un mapa de calor con evidencia descriptiva asociada al comportamiento general en la distribución de las respuestas a los ítems por la totalidad de las personas participantes. Como se exhibe en la sección inferior derecha de la figura, la muestra general de los participantes juzgó en su mayoría con altas valoraciones aspectos del escenario diseñado relacionados con la experiencia de usuario como: calidad de la experiencia visual, calidad del sonido y el disfrute de la experiencia. Los valores porcentuales asociados con cada nivel de respuesta se presentan en cada casilla respectiva. También, en ese mismo sector derecho, pero a media tabla destacan buenas valoraciones mayoritarias para aspectos clave de la mecánica del escenario diseñado como: la facilidad para el uso de objetos, así como la experiencia de inmersión en el espacio virtual. La dimensión de asistencia durante la experiencia también destacó por la concentración del porcentaje de respuesta en altas valoraciones como evidencia los ítems de funcionalidad y replicabilidad de indicaciones proveídas.

La misma Figura 2 permite identificar con facilidad que, en consonancia con la buena recepción del escenario diseñado por parte de los participantes, el único conjunto de ítems que destaca por concentrar sus respuestas asociadas mayoritariamente en el sector izquierdo de la Figura 2, refiere a los relacionados con la exploración de sintomatología asociada con malestar. Es así como en la sección superior izquierda de la figura se visibilizan las zonas de calor respectivas a los ítems: sensaciones de vómito, sensaciones de mareo o de cansancio. En todos estos aspectos, porcentajes siempre superiores al 65% destacaron muy pocos o pocos reportes de sintomatología negativa en relación con el uso del escenario diseñado.

Posterior a la exploración inicial, se realizó un análisis factorial confirmatorio. Este análisis mostró que las varianzas asociadas con las respuestas de los participantes al cuestionario VRNQ en su versión traducida al español, puede explicarse de manera aceptable mediante los 4 factores propuestos por la teoría y evidencia original presentada por Kourtesis et al. [10]. De acuerdo con los criterios regulares en la literatura especializada, el modelo evidenció ajustes excelentes y buenos en cuatro de los principales indicadores de bondad ajuste (Ver Figura 3).

Así, los índices evidenciados por los resultados fueron los siguientes: CFI=0.911, SRMR=0.056, TLI=0.891, RMSEA=0.068 y $\chi^2=183.915$ ($p<.001$), $df=98$. En este último caso, si bien el chi-cuadrado evidenció un ajuste significativo, vale considerar que este indicador es altamente sensible al tamaño de la muestra, misma que en este estudio se elevó a un número todavía limitado. Por otra parte, los resultados mostraron que los ítems agrupados en cada factor latente tuvieron cargas factoriales significativas ($p < .05$), lo que demuestra la relevancia de sus aportes para medir los constructos subyacentes. De entre estas cargas, todas oscilaron entre valores que superaron el umbral recomendado de 0.400 para considerar relación adecuadas [21]. En general, los resultados brindan evidencia que confirma la estructura pretendida por los autores de la versión inglesa del VRNQ, como modelo subyacente que también caracteriza las relaciones entre los ítems constituyentes en esta versión abreviada y traducida al español (Ver coeficientes de covarianza exhibidos en la Figura 3).

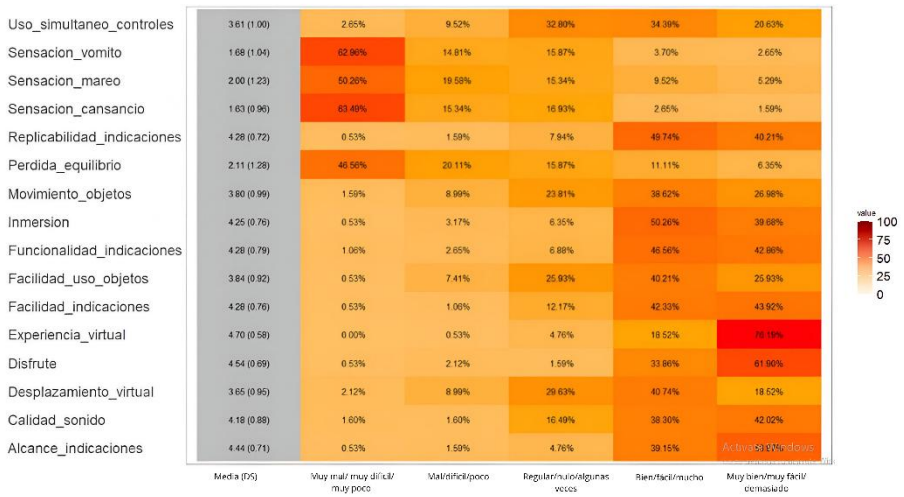


Fig. 2. Mapa de calor para la totalidad de los ítems del Cuestionario

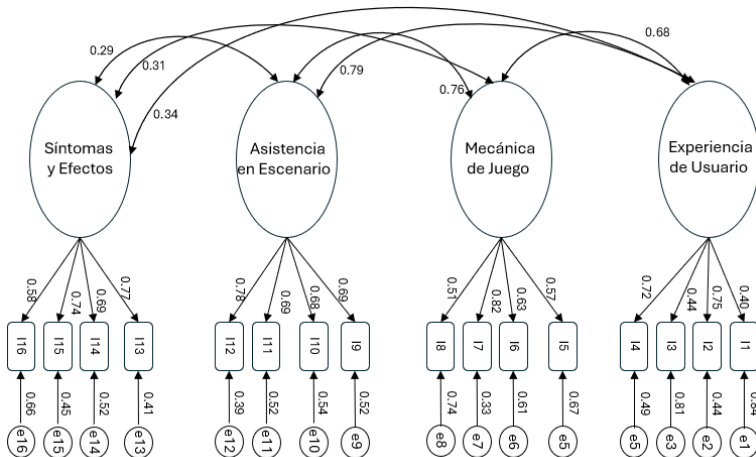


Fig. 3. Estructura del Modelo Confirmatorio incluyendo las cargas de ajuste.

4. Conclusiones

Iniciando el segundo cuarto del siglo XXI, el involucramiento de mediaciones apoyadas en experiencias inmersivas es cada vez más frecuente dentro de los procesos formativos en educación científica [5]. Además, la alta motivación de los aprendientes [22] y el costo de algunos visores ahora comparables al de cualquier teléfono móvil [23], permite prever que la tendencia seguirá en alza en el futuro inmediato. Esto,

aunado a la amplia disponibilidad de software libre y material de capacitación gratuito para la creación de mediaciones inmersivas, hace ahora viable para docentes y mediadores la creación de aplicaciones a la medida según las necesidades específicas de cursos, asignaturas, institutos y/o equipos de investigación. Sin embargo, aunque hoy sea viable este tipo de desarrollo para el enriquecimiento de los procesos de educación científica, los instrumentos en español para dar seguimiento a la respuesta de usuarios ante las aplicaciones propuestas son escasos. Desde el presente trabajo, los resultados del análisis confirmatorio de la versión abreviada en español del Cuestionario neurocientífico para Realidad Virtual aportan evidencia en favor de su uso como herramienta apta para sistematizar las experiencias de usuarios que utilizan aplicaciones de Realidad Virtual Inmersiva. Esto acredita al instrumento como herramienta a disposición de audiencias hispanohablantes interesadas en el desarrollo de aplicaciones y/o escenarios de realidad virtual como parte de producciones didácticas o recursos pedagógicos para la educación científica. Acorde con la evidencia presentada y los patrones de covarianza exhibidos por el modelo general, el conjunto de ítems caracteriza de manera adecuada las cuatro dimensiones previstas acorde con los presupuestos teóricos [10]. De entre ellas, la dimensión asociada con sintomatología resultó especialmente informativa para la realización de mejoras al escenario inmersivo, pues pese a que los resultados generales destacan por el mayoritario reporte de muy bajo malestar relacionado con mareos y náuseas en la muestra, en contraparte a variadas respuestas asociadas con la connotación positiva de la experiencia; el proceso realizado permitió también identificar al menos 7 personas (dos menores de edad) que sí reportaron mareo significativo y/o dolor de cabeza. La atención personalizada a esta diversidad supondrá un desafío a corto plazo para este tipo de mediación, especialmente en usuarios nóveles. Sin embargo, es importante destacar que, según trabajos posteriores no reportados acá, dichas molestias disminuyeron con el uso repetido. Dentro del material suplementario y en apoyo a la exploración de este aspecto, el escenario desarrollado como parte de este artículo se encuentra disponible sin costo para ser utilizado cuando se requiera alfabetización inicial en medios inmersivos de los aprendientes, previo al trabajo con las mediaciones propiamente de índole formativo científico. Por otra parte, y para mejor identificación de estas variaciones tanto en personas menores como para mayores de edad, futuros trabajos deberán aumentar el tamaño de la muestra y analizar modelos estratificados por edad, por cuanto el presente número de participantes fue apenas superior al recomendado para procesar el modelo confirmatorio total dado el número de ítems y dimensiones del cuestionario. Entre tanto, un futuro promisorio se vislumbra para la Realidad Virtual Inmersiva en el contexto de las aplicaciones de Educación Científica, y el VRQN en español puede ahora contarse dentro de las herramientas disponibles para explorarlo.

5. Material Suplementario

El escenario inmersivo desarrollado se encuentra disponible bajo licencia creative commons en el siguiente link: <https://hdl.handle.net/11056/30592>

El cuestionario se encuentra disponible en el siguiente link: <https://hdl.handle.net/11056/30594>

Para dudas o comentarios relacionados con el uso del tutorial o el cuestionario, favor contactar a cualquiera de los autores.

6. Referencias

- [1] A. Leavy, L. Dick, M. Mavrotheris, E. Paparistodemou y E. Stylianou. «The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature,» *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 39, pp. 1061–1082, Mar 2023. DOI: 10.1111/jcal.12806
- [2] A. Santoya et al., «Robótica educativa desde la investigación como estrategia pedagógica apoyada en tic en la escuela,» *Cultura, Educación y Sociedad*, vol. 9, n°3, pp. 699-708, Dec 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.9.3.2018.82>
- [3] Y. Xie, Y. Zhang y Cai, Y. «Virtual Reality Engine Disassembly Simulation with Natural Hand-Based Interaction,» en *VR, Simulations and Serious Games for Education*. Singapur: Springer, 2019, pp. 121-130. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2844-2>
- [4] A. Sandoval y F. Tabash. «Realidad virtual como apoyo innovador en la educación a distancia,» *Revista Innovaciones Educativas*, vol. 23, pp.120-132, Oct 2021. <doi.org/10.22458/ie.v23iespecial.3622>
- [5] R. Liu, L. Wang, J. Lei, Q. Wang y Youqun, R. «Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons,» *British Journal of Educational Technology*, vol.51, n°6, pp.2034-2049, Sep 2020. <https://doi.org/10.1111/bjjet.13028>
- [6] E. Pavlova, K. Ulanova, N. Valeeva y Y. Zakirova. «Virtual Reality as a New Tool In Teaching English for Specific Purposes to Ecology Students,» en *Conf. 4th International Technology, Education and Development Conference* (España), 2020, pp.5715-5720, <https://doi.org/10.21125/inted.2020.1547>
- [7] M. Astatke, C. Weng , A. Yohannes, M. Isaac y W. Liou. «Influences of immersive virtual reality (IVR)-based science, technology, religion, engineering, art, and mathematics (STREAM) instructional approach on students' learning performances: Influences of immersive virtual reality (IVR),» *Educational Technology Research and Development*, vol.72, n° 6, pp.2921-2938, May 2024. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10381-x>
- [8] G. Makransky, G. Petersen, y S. Sara. «Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? ,» *British Journal of Educational Technology*, vol.51, n°6, pp.2079-2097, May 2020. <https://doi.org/10.1111/bjjet.12954>
- [9] M. Pozzo, A. Borgobello y M. Pierella. «Uso de cuestionarios en investigaciones sobre universidad: análisis de experiencias desde una perspectiva situada,» *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, vol. 8, n°2, pp.1-15, Dec 2018. <https://doi.org/10.24215/18537863e046>
- [10] P. Kourtesis, S. Collina, L. Dumas y S. MacPherson. «Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology,»

- Frontiers in human neuroscience*, vol.13, pp.1-13, Nov 2019. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417>
- [11] R. Kennedy, N. Lane, K. Berbaum y M. Lilienthal. «Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness,» *The International Journal of Aviation Psychology*, vol 3, n°3, pp. 203-220, Nov 2009. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3
- [12] B. Keshavarz y H. Hecht. «Validating an efficient method to quantify motion sickness,» *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol.53, n°4, pp. 415-26, Apr 2011. <https://doi.org/10.1177/0018720811403736>
- [13] M. Schrepp, A. Hinderks y J. Thomaschewski. «Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S) ,» *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol.4, n°6, pp.103-108, Dec 2017. <https://dx.doi.org/10.9781/ijimai.2017.09.001>
- [14] A. Somrak y M. Pogacnik. «Suitability and Comparison of Questionnaires Assessing Virtual Reality-Induced Symptoms and Effects and User Experience in Virtual Environments,» *Sensors*, vol.21, pp.1-24, Feb 2021. doi.org/10.3390/s21041185
- [15] E. Chang, H. Take y B. Yoo. «Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements,» *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol.36, n°17, pp.1658-1682, Jul 2020. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- [16] Google DeepMind, *Gemini 2.0: Large Language Model*, Google AI, 2024. Disponible en: <https://deepmind.google/>
- [17] VR Interaction Framework, Version 2.0, Bearded Ninja Games, Unity Asset Store. Disponible en: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/vr/vr-interaction-framework>
- [18] C. L. Hemme et al. «Developing Virtual and Augmented Reality Applications for Science, Technology, Engineering and Math Education,» *BioTechniques*, vol.75, n°1, pp.11–20, Jun 2023. <https://doi.org/10.2144/btn-2023-0029>
- [19] P. Kourtesis, S. Collina, L. Doumas y S. MacPherson. «Technological competence is a precondition for effective implementation of virtual reality head mounted displays in human neuroscience: a technological review and meta-analysis,» *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, Oct 2019. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00342>
- [20] Y. Rosseel. «Lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling,» *Journal of Statistical Software*, vol. 48, n°2, pp.1–36, Jun 2012. [doi:10.18637/jss.v048.i02](https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02).
- [21] M. Kite y B. Whitley. «Principles of Research in Behavioral Science: Fourth Edition (4th ed.) ,» Routledge. May 2018. <https://doi.org/10.4324/9781315450087>
- [22] G. Makransky1 y G. Petersen. «The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality,» *Educational Psychology Review*, vol. 33, Ene 2021. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- [23] M. Romano et al. «Exploring the Potential of Immersive Virtual Reality in Italian Schools: A Practical Workshop with High School Teachers,» *Multimodal Technol. Interact*, vol. 7, n°12, Dic 2023. <https://doi.org/10.3390/mti7120111>