

Pensamiento computacional basado en realidad virtual y razonamiento complejo: caso de estudio secuencial

Virtual Reality-Based Computational Thinking and Complex Reasoning: Sequential Case Study

Carlos Enrique George-Reyes
Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México
cgeorge@tec.mx

Edgar Omar López-Caudana
Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México
edlopez@tec.mx

Maria Soledad Ramírez-Montoya
Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México
solramirez@tec.mx

Jessica Alejandra Ruiz-Ramírez
Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México
a00831093@tec.mx

...

Resumen

El desarrollo del Pensamiento Computacional (PC) en la formación escolar es considerado indispensable para habilitar a los estudiantes en la resolución de problemas complejos mediante el despliegue de habilidades como la identificación de patrones y el diseño de algoritmos. En este artículo se describe la evaluación de una experiencia de aprendizaje de los componentes del PC desde el enfoque del razonamiento complejo (R4C) utilizando una aplicación de realidad virtual basada en web (WebVR) llamada Virtual Campus. El método fue intrínseco de caso único con diseño de estudio secuencial basado en métodos cuantitativos. Se aplicaron dos instrumentos a 176 estudiantes universitarios, el primero para medir la aceptación del entorno virtual y el segundo para valorar el desarrollo del razonamiento complejo. Los resultados indican que la evaluación del virtual campus y sus herramientas satisfactorio, con valoraciones muy favorable en cuanto a la facilidad e intención de uso, asimismo, la experiencia de aprendizaje en 3D permitió escalar principalmente las competencias de pensamiento científico y crítico. Por lo anterior, se puede afirmar que la convergencia PC-R4C-WebVR generara dinámicas de aprendizaje innovadoras, alineadas con las demandas de una educación en constante cambio y que contribuyen en la mejora de prácticas para la resolución problemas.

Palabras clave: Educación 4.0, pensamiento complejo, pensamiento computacional, realidad virtual, innovación educativa, educación superior.

Abstract

The development of Computational Thinking (CT) in school education is considered essential to enable students to solve complex problems by deploying skills such as pattern identification and algorithm design. This article describes the evaluation of a learning experience of PC components from the complex reasoning approach (R4C) using a web-based virtual reality (WebVR) application called Virtual Campus. The method was intrinsic to a single case with a sequential study design based on quantitative

methods. Two instruments were applied to 176 university students, the first to measure the acceptance of the virtual environment and the second to assess the development of complex reasoning. The results indicate that the evaluation of the virtual campus and its tools is satisfactory, with very favorable evaluations in terms of ease and intention of use, likewise, the 3D learning experience allowed to scale mainly scientific and critical thinking skills. Due to the above, it can be affirmed that the PC-R4C-WebVR convergence will generate innovative learning dynamics, aligned with the demands of a constantly changing education and that contribute to the improvement of problem-solving practices.

Key words: Education 4.0, complex thinking, computational thinking, virtual reality, educational innovation, higher education.

1. Introducción

En las décadas recientes, el Pensamiento Computacional (PC) se ha posicionado como una habilidad necesaria para poder resolver de forma apropiada los problemas que se presentan en una sociedad cada vez más digitalizada e integrada a la Educación 4.0 (Ramírez, Castillo, Sanabria & Miranda, 2022), ya que representa un marco de las habilidades mínimas para interactuar en procesos formativos constantemente cambiantes (Polanco, Ferrer y Fernández, 2020) y vinculados con las demandas de la Industria 4.0 (Miranda et al., 2021). En la formación escolarizada se han implementado diversas experiencias para llevar el pensamiento computacional a las aulas, algunas como actividades curriculares y otras para fortalecer el aprendizaje de los alumnos en disciplinas como las matemáticas (González, 2019), una de sus principales características es que utiliza los conceptos fundamentales de la informática para proveer estrategias de resolución de tareas, aun cuando los estudiantes no sean expertos en la disciplina de la computación (Bers, González & Armas, 2019; Wing, 2006).

En este sentido, se ha afirmado que desarrollar habilidades derivadas del PC puede ser útil para afrontar con éxito situaciones problemáticas tanto en las ciencias exactas como en las ciencias sociales, ya que sus principios orientadores hacen referencia a reformular problemas complejos desarrollando procesos de abstracción (Grover & Pea, 2017; Rose, Habgood, & Jay, 2017), la descomposición de problemas complicados en otros más sencillos (Basogain, Olabe & Olabe, 2015; Figueiredo & García, 2017; Ortega & Asensio, 2018; Wing, 2008; Yadav, Hong & Stephenson, 2016), así utilizar el reconocimiento de patrones y el diseño de algoritmos para generar soluciones mediante la sistematización de las decisiones (Ángel, Segredo, Arnay y León, 2020).

Estos cuatro principios se complementan con 3 dimensiones de análisis que se sugiere son necesarias para diseñar experiencias de aprendizaje basadas en el PC: los conceptos, las prácticas y las perspectivas computacionales (Nouri, Zhang, Manilla & Norén, 2020), que interrelacionadas representan un esquema instruccional para elaborar actividades que enriquezcan el aprendizaje (ver Figura 1). Sin embargo, también se ha afirmado que las actividades formativas en donde se utiliza PC no siempre están mediadas por el uso de dispositivos digitales o de lenguajes de computación (Valverde, Fernández & Garrido, 2015), ya que su propósito primordial se vincula con el fortalecimiento de conceptualizaciones, de habilidades no memorísticas, de pensamiento complejo y matemático (Bers, González &

Armas, 2019; García & Caballero, 2019), y con el aprendizaje basado en retos y desafíos (Gonçalves et al., 2019).

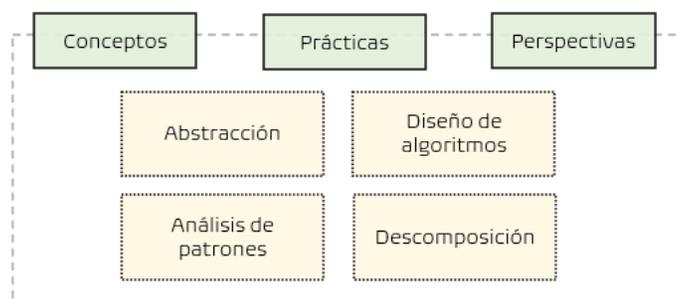


Figura 1. Componentes básicos del Pensamiento Computacional

Una de las primeras aplicaciones del PC en el campo educativo fue llevada a cabo por Papert (1980), que lo utilizó como un marco de referencia para elaborar actividades que reafirmaran la comprensión de conceptos abstractos de matemáticas en la formación de estudiantes de nivel básico (K12). Con el paso de las décadas, se han utilizado tecnologías cada vez más disruptivas y representativas de la educación 4.0 como la Realidad Virtual (RV) basada en web (WebVR) ya que esta tecnología es visualmente atractiva para desarrollar el aprendizaje (Radianti, Majchrzak, Fromm & Wohlgenannt, 2020; Videva, Marchiori & Cantoni, 2019), así como para mejorar la socialización (Glasserman-Morales et al., 2022; Jauhiainen, 2021) ya que permite a los estudiantes adentrarse en entornos simulados, con lo que se genera una sensación de inmersión en un escenario multimedia de apariencia realista (Neroni, Oti, & Crilly, 2021; Vorobyeva, Leukhin & Kugurakova, 2017).

El uso esta tecnología para diseñar experiencias de enseñanza sobre el pensamiento computacional ha ido en aumento ya que se ha demostrado que permite desarrollar el conocimiento complejo (Montiel & Gómez, 2021; Mora, Rojas & Mejía, 2020) y facilita la transferencia de habilidades, incluida la resolución de problemas y el pensamiento crítico (Shirey & Chandramouli, 2021). Las experiencias son diversas, algunas se han centrado en desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes (Shirey & Chandramouli, 2021), en el diseño de juegos serios (Sukirman, Ibharim, Said & Murtiyasa, 2022), para comprender de forma interactiva los conceptos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) así como para visualizar estructuras complejas en laboratorios virtuales (Xia, Xiao, Li, & Wang, 2018; Ye, Hu, Zhou, Lei & Guan, 2018).

La imbricación de la WebVR y el PC generan un enfoque de resolución de problemas que se puede implementar para diseñar estrategias de aprendizaje basadas en el desarrollo del pensamiento complejo en distintas disciplinas y de esta forma contribuir con el perfeccionamiento de las habilidades indispensables para poder participar en los ecosistemas emergentes del uso de las tecnologías, las comunicaciones y el razonamiento computacional (Rodríguez del Rey, Cawanga, Deco, Bender, Avello & Villalba, 2020)

Por lo anterior, en este artículo se describen los hallazgos de esa imbricación mediante la implementación y evaluación de una experiencia de enseñanza de los componentes del PC mediante una plataforma de WebVR mediada por el diseño de actividades desde el enfoque del pensamiento complejo, estos hallazgos se trabajaron desde dos vertientes: el análisis de la aceptación de la plataforma, así como de su percepción de desarrollo del pensamiento complejo a través del estudio del PC. Por lo anterior, el objetivo de investigación que se planteó fue: evaluar la experiencia de los estudiantes que participaron en la aplicación de una estrategia para aprender los componentes de pensamiento computacional mediante el enfoque del pensamiento complejo en un entorno WebVR.

Razonamiento complejo como mediador para el desarrollo del pensamiento computacional

El razonamiento complejo como enfoque para comprender la generación del conocimiento fue impulsado por Morin (1995). Desde su perspectiva los seres humanos en igualdad de condiciones tendrían la capacidad del pensamiento para aspirar a un conocimiento multidimensional, integrado por la simplificación del conocimiento con el consecuente rechazo a las visiones reduccionistas, unidimensionales y cegadoras del aprendizaje. Esa simplificación representa, de forma contradictoria, la perspectiva de una realidad social inmersa en la incertidumbre que provocan los cambios constantes e inesperados en la educación. En esa tesitura, Morin (1999) enunció que la educación debe tener la capacidad para crear conciencias para la reconocer la individualidad del individuo como una identidad compleja, al igual de las personas que le rodean, de esta manera, la formación en la escuela debe orientarse para promover el entendimiento de la condición humana como una determinante para transitar con éxito en un mundo cada vez más hiperconectado y vinculado con la educación 4.0

La comprensión del postulado de Morin pudo ser vivenciado durante el desarrollo de la pandemia por Covid-19, en el que millones de estudiantes se vieron obligados a trasladar sus actividades educativas a entornos formativos no presenciales, lo que no solamente les generó incertidumbre, sino también los obligó a utilizar herramientas para algunos de ellos disruptivas y desarrollar nuevas habilidades para poder afrontar el cambio para la modalidad de la enseñanza emergente (Jin, Lin, Zhao & Su, 2021; Sahlberg, 2020), y de esta forma poder interactuar con éxito en escenarios basados en la virtualidad como los sistemas de gestión de aprendizaje, espacios de videoconferencias y aplicaciones en línea (Niemi & Kousa, 2020).

Lo anterior ha provocado que el horizonte de la educación deba considerar de forma permanente a la complejidad como una oportunidad para el desarrollo de soluciones a problemas inesperados que se presentan en la sociedad del conocimiento. Así, el pensamiento complejo es una habilidad que debe ser desarrollada en por profesores y estudiantes para propiciar formas emergentes para comprender y explicar la realidad educativa (Chekantseva, 2017; Smith & Knowles 2017), sin embargo, este tipo de pensamiento no solamente se asocia al proceso del pensar (Álvarez, 2016), sino también a la gestión de la incertidumbre derivada de las dinámicas y modalidades de la enseñanza y el aprendizaje actual y futuro en el que surgen múltiples preguntas relacionadas con los retos para afrontar adversidades como las

provocadas por la pandemia por Covid19, que requieren de respuestas concretas (Baena, Ramírez, Mazo & López, 2022; Tobar, Garcés, Crespo & Sisa, 2021; Varona, 2020).

Algunos autores han postulado que el razonamiento complejo tiene tres componentes clave para estudiar la generación del conocimiento: la ciencia abierta, la innovación abierta y la Educación 4.0. (Ramírez, Álvarez, Sanabria, López & Miranda, 2021), mientras que para evaluarlo se han desarrollado escalas e instrumentos que permiten conocer la percepción del logro de este tipo de pensamiento (Koerber & Osterhaus, 2019; Tobón & Luna, 2021). En particular, Vázquez, Castillo, Ramírez y Millán (2022) proponen tres elementos básicos para su medición:

- Pensamiento sistémico, que permite apreciar la realidad interconectadamente considerando su complejidad evitando el reduccionismo.
- Pensamiento crítico, relacionado con evaluar la validez del razonamiento para hacer juicios lógicos sobre una situación o problema.
- Pensamiento científico, que toma como base la visualización y resolución de problemas con métodos objetivos, validados y estandarizados que aborden la realidad a través de la indagación y la investigación basada en la evidencia.

De esta forma, se puede afirmar que el razonamiento complejo es una competencia de orden superior, así como transversal a las disciplinas, incluidas las ciencias sociales (Vázquez & Viguri, 2020), que al igual que el pensamiento computacional tiene el potencial para contribuir con el perfeccionamiento del razonamiento debido a que comparten como componentes el desarrollo habilidades básicas como el pensamiento integrador, el análisis habilitador, la capacidad de síntesis, la resolución de problemas y el aprendizaje continuo (Ramírez, Castillo, Sanabria & Miranda, 2022).

Al imbricar los componentes del razonamiento complejo con los del pensamiento computacional surge un marco de referencia para analizar las posibilidades de ambos tipos de pensamiento para hacer frente nuevas oportunidades para el desarrollo de aprendizajes (Ramírez et al. 2022). En la Figura 2 puede observarse una propuesta de imbricación en la que se describe la manera en la que ambos tipos de pensamiento pueden fortalecer las experiencias formativas de los estudiantes, así como la adaptación de las personas a entornos de aprendizaje alternativos como la realidad virtual basada en web.

Tabla 1.

Diseño instruccional del Rally de Pensamiento Computacional.

Enfoque de pensamiento complejo			
Pensamiento sistémico (PS): Analizar un problema planteado y encontrar vínculos con situaciones de la vida cotidiana.			
Pensamiento científico (PC): Encontrar evidencia empírica que valide el problema planteado utilizando bases de datos bibliográficas.			
Pensamiento crítico (PR): Proponer la solución al problema con base en la elaboración de una revisión sistemática de la evidencia empírica (artículos científicos).			
Momentos de aprendizaje de PC	Enfoques aplicados	Espacio de trabajo	Imagen
M1. Identificación de patrones	PS	Soccer Field	
M2. Diseño de algoritmos	PS, PC	Team Room A	
M3. Descomposición de un problema	PS, PC	Conference Hall A	
M4. Abstracción	PR	Meeting Room (Board Room A)	
M5. Cierre de la experiencia	-	Beach	

Fuente: Elaboración propia.

Para implementar la experiencia virtual, se dividió a los participantes en cuatro equipos en orden secuencial, en la Figura 3 se puede observar la interacción para cada uno de los momentos de aprendizaje. Se planificó participación de los estudiantes de la siguiente forma:

- Entrada de los participantes al Virtual Campus (5 min)
- Bienvenida por parte del anfitrión (2 min)- Auditorio
- Indicaciones generales del Rally (5 min) – Auditorio
- Teletransportación a cada uno de los 4 espacios de trabajo, uno para cada uno de los aprendizajes de los componentes del Pensamiento Computacional (3 min)
- Estudio de los componentes del Pensamiento Computacional desde el enfoque del pensamiento complejo (20 min por cada momento)
- Socialización y cierre de la actividad (10 min). – Playa

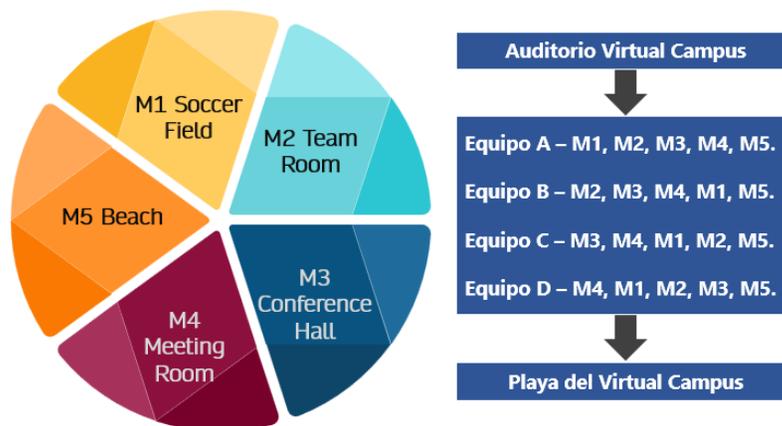


Figura 3. Interacción de los participantes en el Virtual Campus

Etapa 2. Recolección de la información

Una vez concluida la experiencia de aprendizaje en la siguiente sesión de clase se aplicaron dos instrumentos, los cuales fueron diseñados y aplicados con el software de gestión Qualtrics, que permite acceder a la encuesta desde cualquier dispositivo digital, una vez contestados los cuestionarios se exportó la base de datos a una hoja de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente al software estadístico Minitab.

Etapa 3. Análisis e interpretación

Con el fin de realizar el análisis cuantitativo se llevó a cabo la limpieza de la base de datos migrada al Minitab Statistical Software 20. Con esta herramienta se obtuvieron frecuencias, tendencias y gráficos representativos.

Instrumentos

Se utilizaron dos instrumentos, el primero fue una adaptación del cuestionario llamado *Questionnaire to Evaluate the User Experience in Learning Spaces Mediated by WebVR Technology* (Rocha, Ruiz, George & Glasserman, 2022), consta de 22 ítems organizados en 5 dimensiones: facilidad de uso, utilidad percibida, intención de uso, competencias y apreciación. Tiene como propósito evaluar la aceptación del uso de un escenario virtual como alternativa para el aprendizaje. El segundo cuestionario utilizado tiene por nombre *ecomplexity* (Vázquez, Castillo, Ramírez & Millán, 2022), que tiene como objetivo medir la percepción de los participantes sobre su dominio de la competencia de complejidad para el razonamiento. Consta de 25 ítems divididos en tres subcompetencias: pensamiento sistémico, pensamiento científico y pensamiento crítico.

Antes de la aplicación de los cuestionarios se llevó a cabo un análisis de la fiabilidad con el fin de determinar el grado en que los elementos de cada uno de ellos se relacionan entre sí. Se utilizaron los coeficientes del alfa de Cronbach, así como el de McDonald, ambos son apropiados para cuantificar la cantidad de error de medición aleatorio que existe en una puntuación total en un instrumento con una escala de tipo Likert (Andrew & Jacob, 2020). En la Tabla 2 se puede observar que todas las dimensiones de componen a los instrumentos los valores superaron la puntuación de 0.8, lo que indica que los instrumentos tienen un alto índice

de fiabilidad (McNeish, 2018), por lo que la adaptación que se realizó puede ser utilizada para evaluar experiencias similares.

Tabla 2.
Coefficientes de fiabilidad de las dimensiones de los instrumentos.

Dimensiones instrumento 1	Alfa de Cronbach	Omega de McDonald	Dimensiones del instrumento 2	Alfa de Cronbach	Omega de McDonald
Facilidad de uso	0.9303	0.9025	Pensamiento sistémico	0.8806	0.8555
Utilidad percibida	0.9211	0.8902	Pensamiento crítico	0.8711	0.8204
Intención de uso	0.9647	0.9423	Pensamiento científico	0.8936	0.8703
Competencias	0.9548	0.9331			
Apreciación	0.9783	0.9425			

Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados

Los resultados se encuentran organizados de acuerdo con el objetivo de investigación planteado, por lo que primero se describen los hallazgos relacionados con la aceptación de la plataforma WebVR en la experiencia de aprendizaje, y posteriormente se analizan los hallazgos acerca del desarrollo de pensamiento computacional mediado por el pensamiento complejo.

Aceptación de la tecnología WebVR para el aprendizaje del PC

Facilidad de uso

En la dimensión correspondiente a la facilidad de uso se puede observar los estadísticos descriptivos en la Tabla 3. Se reconoce que la mayor parte de los estudiantes (61.9%) les pareció sencillo personalizar su avatar (I1, M=3.517), así como la adaptación al uso de las herramientas en el espacio virtual mediante comandos (I3, M=3.397) y desarrollaron una interacción comprensible con otros participantes en el Virtual Campus (I4, M=3.327). Sin embargo, se reconocen ciertas áreas de oportunidad como por ejemplo en la capacitación respecto al uso del espacio virtual (I2, M=3.280), lo anterior sugiere que se deben fortalecer las actividades de inducción previas a tomar parte de una experiencia de aprendizaje en la plataforma WebVR. Por último, se resalta que para el 14.7% de los estudiantes no fue fácil desarrollar actividades interactivas mediadas por las herramientas del espacio virtual de aprendizaje.

Tabla 3.
Resultados de la dimensión Facilidad de uso.

Ítem	TD (1)	D (2)	A (3)	TA (4)	DS	Prom	Var
I1. Fue sencillo personalizar mi avatar para interactuar en el Virtual Campus	6	6	55	109	0.724	3.517	0.522
I2. Mi experiencia en la capacitación para el uso del Virtual Campus fue satisfactoria	10	10	77	79	0.848	3.280	0.658
I3. Fue fácil adaptarme al uso de los comandos para moverme e interactuar en el Virtual Campus	3	14	69	90	0.709	3.397	0.500
I4. Mi interacción con otros participantes en el Virtual Campus fue comprensible	7	14	68	87	0.862	3.327	0.622
I5. Fue fácil desarrollar actividades interactivas usando las herramientas del Virtual Campus	8	18	93	57	0.770	3.130	0.590

Fuente: Elaboración propia.

Utilidad percibida

Respecto a la utilidad percibida, en la Tabla 4 se muestra que existió una tendencia favorable respecto al fortalecimiento de los aprendizajes (I6, M=3.262) y el aporte de las herramientas integradas en el Virtual Campus para desarrollar actividades de colaboración y trabajo en equipo (I8, M=3.314). Sin embargo, debe notarse que existieron percepciones que indican que la falta de familiarización con el entorno WebVR limita el utilizar las herramientas de la plataforma como contribución a los procesos de aprendizaje, en este sentido, en el ítem 17 se observa la más baja puntuación para esta dimensión (I7, M=3.2614).

Tabla 4.
Resultados de la dimensión Utilidad percibida.

Item	TD (1)	D (2)	A (3)	TA (4)	DS	Prom	Var
I6. Es útil participar en el Virtual Campus para fortalecer mí de aprendizaje	4	12	94	66	0.7270	3.262	0.468
I7. Las herramientas integradas en el Virtual Campus fueron útiles para avanzar en mi aprendizaje	2	12	100	62	0.6324	3.261	0.397
I8. Las herramientas integradas en el Virtual Campus fueron útiles para desarrollar actividades de colaboración y trabajo en equipo	4	10	88	74	0.7276	3.314	0.466

Fuente: Elaboración propia

Intención de uso

En la Tabla 5 se observa que si bien, los resultados son favorables en cada una de las categorías de intención de uso, la mayoría manifestó que la plataforma WebVR es una buena alternativa para participar en sus actividades formativas (I11, M=3.340). Por lo anterior, se sugiere que las dinámicas de aprendizaje en el entorno de realidad virtual sean focalizadas para el desarrollo de actividades para llevarse a cabo en cortos periodos de tiempo. Así mismo, se identifica que el 82.3% de los estudiantes seguiría utilizando el Virtual Campus como una alternativa para realizar mis actividades presenciales (I9, M=3.208) y como espacio de socialización y esparcimiento (I12, M=3.222). Sin embargo, el 17.3% de los estudiantes no

estuvieron de acuerdo respecto a utilizar el Virtual Campus para realizar actividades colaborativas (I10, M=3.102) ni como para mejorar la socialización con sus compañeros 21.5% (I13, M=3.1989).

Tabla 5.
Resultados de la dimensión Intención percibida.

Item	TD (1)	D (2)	A (3)	TA (4)	DS	Prom	Var
I9. Seguiría utilizando el Virtual Campus como un espacio de socialización y esparcimiento.	6	25	71	74	0.903	3.208	0.650
I10. Seguiría utilizando el Virtual Campus para realizar mis actividades colaborativas.	8	26	83	59	0.840	3.102	0.652
I11. Utilizar el Virtual Campus es una buena alternativa para participar en algunas de mis actividades formativas.	4	7	90	75	0.665	3.340	0.440
I12. Seguiría participando en el Virtual Campus para realizar mis actividades presenciales.	6	20	78	72	0.816	3.222	0.607
I13. Participar en el Virtual Campus me ha permitido mejorar la socialización con mis compañeros	5	33	60	78	0.841	3.198	0.704

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se presentan los resultados de las 3 dimensiones de la categoría aceptación de la tecnología WebVR. Se comprueba que la categoría con valores más altos, es decir, con mayor aceptación de los usuarios es la categoría de facilidad de uso, no obstante, se reconoce el área de oportunidad que existe en esta dimensión para desarrollar actividades interactivas que sean más claras y comprensibles para los estudiantes. En este sentido, es importante analizar el sentido pedagógico de las prácticas educativas que se desarrollan en espacios virtuales de aprendizaje dado que en ocasiones la intención pedagógica se ve opacada por los elementos novedosos y constitutivos de dichos espacios, lo que en alguna manera dificulta comprender el objetivo de aprendizaje de la actividad.

En la dimensión referida a utilidad percibida, los datos de desviación estándar permiten identificar que los estudiantes estuvieron de acuerdo con el reconocimiento de la utilidad las herramientas integradas en el Virtual Campus para avanzar en su aprendizaje, dado que fue el ítem con menos dispersión en los datos respecto a la media. La dimensión entendida como intención de uso permite distinguir el amplio rango de los valores respecto a la percepción del Virtual Campus como un espacio para realizar actividades colaborativas de socialización y esparcimiento. Los resultados generales permiten corroborar que el Virtual Campus tuvo un nivel alto de aceptación por parte de los estudiantes.

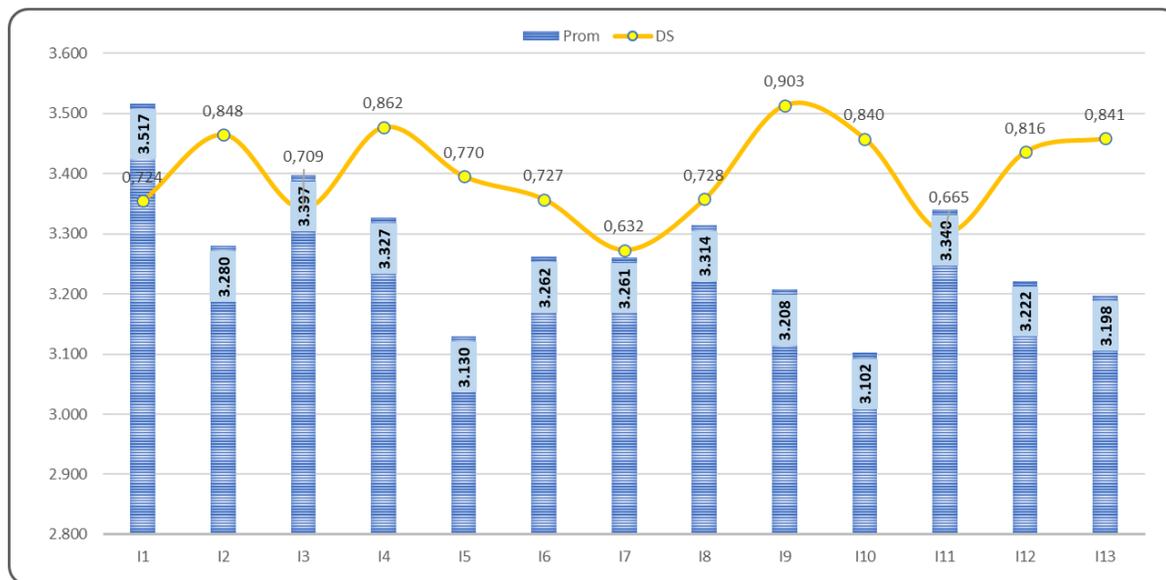


Figura 4. Resultados. Aceptación de la tecnología WebVR para el aprendizaje del PC

Competencias transversales

Mediante los resultados obtenidos de la percepción del aporte del Virtual Campus a las competencias transversales. Tomando en cuenta la información presentada en la Tabla 6, se puede inferir que el 94.3% de los estudiantes percibieron que realizar sus actividades formativas en un entorno virtual les permite desarrollar su cultura digital (I15, M=3.413). Adicionalmente, los ítems que representan una mayor aceptación se vinculan con las competencias de compromiso ciudadano (I16, M= 3.346), pensamiento computacional (I14, M=3.306), así como con el desarrollo del razonamiento para la complejidad (I20, M=3.398). En un nivel medio de aceptación se reconocen las competencias de emprendimiento (I17, M=3.327) seguido de autoconocimiento y gestión (I18, M=3.240).

Tabla 6.

Resultados de la dimensión Competencias

Item	TD (1)	D (2)	A (3)	TA (4)	DS	Prom	Var
I14. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido ampliar mis conocimientos en PC.	3	14	85	74	0.690	3.306	0.474
I15. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar mi cultura digital y el utilizar tecnologías de vanguardia.	3	7	80	86	0.745	3.413	0.426
I16. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar competencias de compromiso ético y ciudadano.	5	8	84	79	0.700	3.346	0.487
I17. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar competencias de emprendimiento.	4	12	83	77	0.786	3.327	0.496
I18. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar competencias de autoconocimiento y gestión.	7	12	88	69	0.786	3.240	0.559
I19. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar competencias de inteligencia social.	4	14	103	55	0.671	3.187	0.447

I120. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar competencias de razonamiento para la complejidad.	3	11	90	72	0.623	3.398	0.385
I21. Interactuar en el Virtual Campus me ha permitido desarrollar competencias de comunicación.	5	9	112	50	0.648	3.176	0.417

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en menor medida se reconoce el aporte a las competencias de inteligencia social (I17, M=3.187) y comunicación (I17, M=3.176), ver Figura 5.

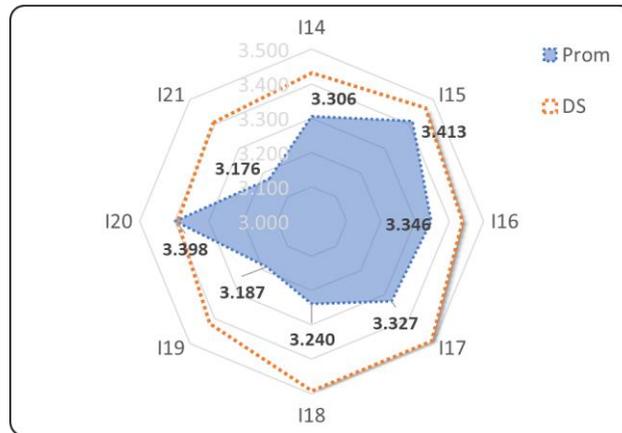


Figura 5. Resultados percepción aporte a competencias.

Particularmente, el análisis referente a la percepción de los estudiantes sobre el aporte al desarrollo de la competencia de razonamiento para la complejidad (I20, M=3.398) permite reconocer que existe una dispersión de los datos significativa (DS=0.623), es decir que existe una aceptación positiva de la herramienta tecnológica Virtual Campus para el desarrollo del razonamiento para la complejidad. Así mismo, se analiza el valor de la Curtosis (1.43), y se identifica que la mayor parte de las respuestas están concentradas hacia la media. En la Figura 4 se puede observar que no se encontraron valores atípicos en el nivel de significancia del 0.05.

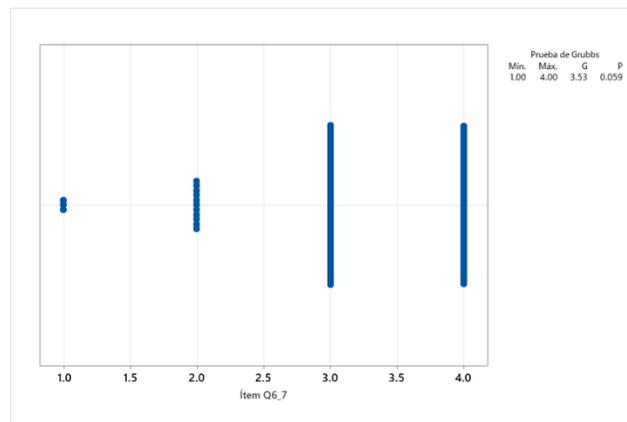


Figura 6. Gráfica de valores atípicos.

Apreciación de espacios virtuales

La última dimensión que evaluó el instrumento se refiere a la apreciación de la utilidad de los espacios en los que participaron los estudiantes durante su rally de pensamiento computacional. En la Figura 7 se puede identificar visualmente la agrupación de resultados, en la escala mayor de calificación se encuentran los espacios Conference Hall, en donde se trabajó el momento de aprendizaje descomposición del problema, y Team Room, en donde se desarrolló el diseño de algoritmos, ambos con el 94.3% de aprobación, seguido por el Soccer Field, en donde se trabajó el diseño de patrones (89.7%) y por último el Meeting Room en donde se trabajó la abstracción (88.6%). Es importante tomar en cuenta los resultados de la evaluación de los lugares para el desarrollo de experiencias futuras, en donde las variables del entorno digital sean un elemento fundamental del diseño de actividades pedagógicas y de esta manera se permita, por un lado, optimizar el uso de las herramientas tecnológicas y, por el otro, analizar su intervención en el proceso de enseñanza aprendizaje.

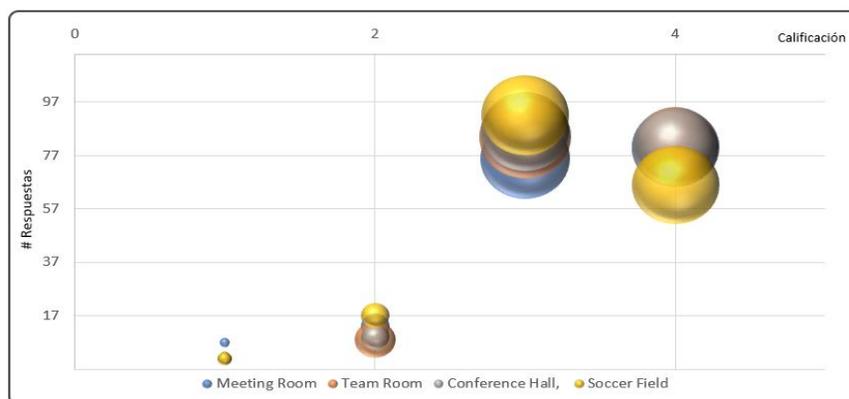


Figura 7. Resultados de la dimensión *Apreciación de espacios*

Adicionalmente, se realizó un contraste entre las dimensiones que componen el instrumento considerando las siguientes hipótesis: Nula (H0). No hay diferencias significativas entre las dimensiones contrastadas. Alternativa (H1): Sí existen diferencias significativas entre las dimensiones contrastadas (significación=0.05). Se aplicaron las pruebas de U de Mann-Whitney y la W de Wilcoxon. Los resultados compilados en la Tabla 7 permiten reconocer que en los resultados se obtuvieron valores p superiores a 0.05, por lo tanto, existe evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula y concluir que las medianas de los datos de las dimensiones son iguales y se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre las dimensiones del instrumento, tomando en cuenta los valores brindados por los estudiantes.

Tabla 7.

Comparación por dimensiones.

Dimensión	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	P
Facilidad de uso	508.000	1603.000	0.737
Utilidad percibida	520.000	2598.000	0.835
Intención de uso	534.000	3612.000	0.950
Competencias	532.000	1578.000	0.931
Apreciación	512.000	2607.000	0.522

Fuente: Elaboración propia.

Percepción del desarrollo del razonamiento para la complejidad (R4C)

El primer análisis realizado para evaluar la percepción de los estudiantes respecto al desarrollo del razonamiento para la complejidad fue la comparación de medias, el objetivo fue conocer si se presentan diferencias entre las subcompetencias de pensamiento sistémico (PS), pensamiento científico (PC) y pensamiento crítico (PR). Inicialmente, se realizó un análisis de normalidad con la prueba Ryan-Joiner, los resultados de todas las variables fue un $p\text{-value} > 0.100$. Por lo tanto, se procede a realizar la prueba paramétrica t para encontrar si existen diferencias significativas entre en hombres y mujeres. En la Tabla 8 se compilan los resultados de la prueba para cada una de las dimensiones que componen el instrumento.

Tabla 8.

Comparación por género de las dimensiones de Pensamiento Complejo.

Dimensión	Prom	PromF	PromM	DS	DS-F	DS-M	t	p
PS	3.3380	3.3026	3.3786	0.6822	0.7237	0.6292	0.8334	0.4058
PC	3.1104	3.2660	3.1289	0.8469	0.8812	0.8062	0.8634	0.5672
PR	3.2148	3.1420	3.2981	0.7204	0.7454	0.6816	0.8769	0.5998

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se plantea el análisis comparativo tomando en cuenta las siguientes hipótesis:

Ho= Las medias de los grupos son iguales

H1= Las medias de los grupos no son iguales

Los resultados de la prueba estadística permiten identificar que el valor p es mayor que el nivel de significancia en las dimensiones de PS, PC y PR, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, existe evidencia estadística para afirmar que no existen diferencias significativas entre las medianas de los datos de hombres y mujeres en las dimensiones analizadas.

Como segunda prueba, se realizó el análisis de comparación de medias por género para cada ítem. Inicialmente, en la Tabla 9 se presentan las puntuaciones de la subcompetencia de pensamiento sistémico. Los resultados de obtenidos en el valor p de los nueve ítems evaluados son evidencia para concluir que no existen diferencias significativas entre las medias de los

datos de hombres y mujeres en los ítems Q1,Q3 y Q6, ($p>0.05$) los cuales refieren a la identificación de los criterios necesarios para determinar un problema de pensamiento crítico, el hallazgo de asociaciones entre las variables con sus condiciones y restricciones, y la organización de la información para resolver problemas de pensamiento computacional.

Tabla 9.

Comparación por género, subdimensión de pensamiento sistémico.

Dimensión	Ítem	Prom	PromF	PromM	DS	DS-F	DS-M	t	p
Pensamiento sistémico	Q1	3.434	3.572	3.106	0.720	0.718	0.723	1.151	0.221
	Q2	3.436	3.706	3.222	0.658	0.726	0.558	1.245	0.027
	Q3	3.433	3.455	3.302	0.727	0.686	0.767	1.539	0.132
	Q4	3.441	3.511	3.039	0.730	0.806	0.610	1.067	0.001
	Q5	3.444	3.666	3.251	0.685	0.750	0.591	1.032	0.004
	Q6	3.452	3.597	3.222	0.700	0.745	0.636	1.125	0.120
	Q7	3.449	3.355	3.402	0.662	0.702	0.618	1.726	0.065
	Q8	3.452	3.497	3.206	0.601	0.653	0.540	1.324	0.006
	Q9	3.449	3.514	3.307	0.655	0.714	0.585	1.245	0.026

Fuente: Elaboración propia.

En lo que refiere a la subcompetencia de pensamiento científico los resultados de la prueba estadística permiten reconocer que el valor de p en el ítem 14 ($p<0.005$), referente al diseño instrumentos de para evaluar problemas relacionados con el pensamiento computacional, demuestra evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y concluir que existe una diferencia entre hombre y mujeres al momento de desarrollar esta actividad (ver Tabla 10). Los demás ítems de la subdimensión de pensamiento científico demuestran resultados en el valor de p mayores al nivel de significancia por lo que se puede concluir que no existe diferencias significativas entre hombres y mujeres.

Tabla 10.

Comparación por género, subdimensión de pensamiento científico.

Dimensión	Ítem	Prom	PromF	PromM	DS	DS-F	DS-M	t	p
Pensamiento científico	Q10	3.445	3.180	3.191	0.781	0.829	0.727	0.498	0.619
	Q11	3.448	3.148	3.085	0.780	0.841	0.706	0.564	0.644
	Q12	3.441	3.367	3.280	0.625	0.653	0.593	0.491	0.697
	Q13	3.454	3.276	3.170	0.704	0.753	0.644	0.573	0.568
	Q14	3.450	2.531	2.524	1.125	1.170	1.079	1.382	0.001
	Q15	3.453	3.127	3.378	0.765	0.779	0.731	1.023	0.307
	Q16	3.450	3.031	3.268	0.812	0.822	0.786	0.316	0.752

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al pensamiento crítico, los datos del valor p ($p < 0.05$), obtenidos indican que las diferencias son claras y significativas en las puntuaciones de los ítems Q18 y Q21 (ver Tabla 11), que refieren a proceso de discernimiento para analizar críticamente diferentes tipos de textos y la formulación de sobre un problema de pensamiento computacional con razonamiento basado en el conocimiento científico, respectivamente. Es decir, existe evidencia estadística para concluir que en el desarrollo de estos dos procesos existe una diferencia entre las medias de los resultados de hombre y mujeres.

Tabla 11.
Comparación por género, subdimensión de pensamiento crítico.

Dimensión	Ítem	Prom	PromF	PromM	DS	DS-F	DS-M	t	p
Pensamiento crítico	Q17	3.445	2.932	3.134	0.781	0.759	0.796	1.151	.251
	Q18	3.443	2.811	3.109	0.906	0.915	0.875	0.245	.027
	Q19	3.445	3.201	3.378	0.658	0.648	0.660	1.559	.122
	Q20	3.442	3.260	3.439	0.649	0.674	0.610	2.000	.041
	Q21	3.445	3.253	3.402	0.703	0.761	0.625	1.932	.004
	Q22	3.441	3.228	3.463	0.693	0.722	0.632	0.527	.130
	Q23	3.437	3.104	3.402	0.734	0.740	0.700	1.728	.085
	Q24	3.440	3.203	3.158	0.655	0.717	0.576	0.844	.006
	Q25	3.443	3.228	3.195	0.607	0.701	0.482	1.265	.026

Por último, se realizó un análisis correlacional con el propósito de identificar la fuerza y la dirección de la relación entre las variables de las subdimensiones que componen el racionamiento para la complejidad, en la Tabla 12 se presentan los resultados en los valores de correlación y el nivel de significancia de cada uno de los 25 ítems que compone el instrumento. Se resalta que en un 87% de las variables la correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral). Es decir que las subdimensiones de PS, PC y PR tiene una correlación estadísticamente significativa.

Se reconoce que el ítem 4, es el que tiene un nivel de significancia menor al 95% dado que en 11 de sus correlaciones su nivel de mayor al 0.05, lo que indica que la identificación de bases de datos que podrían contribuir a desarrollar mi proyecto de pensamiento computacional no se relaciona en mayor medida con el desarrollo de los demás componentes del razonamiento para la complejidad. En contraparte, se evidencia que el ítem 15 referente al análisis de los problemas de lo general a lo particular y viceversa, es la característica que cuenta con un alto nivel de significancia y además la intensidad de su correlación con los demás ítems es de efecto grande.

Tabla 12.
Análisis correlacional entre las variables del instrumento

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	
Q1	p 1.00 Sig .																								
Q2	p .448** Sig 0.00	p 1.00																							
Q3	p .316** Sig 0.00	p .468** Sig 0.00	p 1.00																						
Q4	p .399** Sig 0.00	p .425** Sig 0.00	p .360** Sig 0.00	p 1.00																					
Q5	p .246** Sig 0.00	p .375** Sig 0.00	p .400** Sig 0.00	p .376** Sig 0.00	p 1.00																				
Q6	p .235** Sig 0.00	p .349** Sig 0.00	p .367** Sig 0.00	p .149* Sig 0.02	p .269** Sig 0.00	p 1.00																			
Q7	p .269** Sig 0.00	p .339** Sig 0.00	p .397** Sig 0.00	p .180** Sig 0.01	p .253** Sig 0.00	p .476** Sig 0.00	p 1.00																		
Q8	p .361** Sig 0.00	p .380** Sig 0.00	p .459** Sig 0.00	p 0.12 Sig 0.06	p .218** Sig 0.00	p .413** Sig 0.00	p .654** Sig 0.00	p 1.00																	
Q9	p .300** Sig 0.00	p .293** Sig 0.00	p .310** Sig 0.00	p .178** Sig 0.01	p .168* Sig 0.01	p .402** Sig 0.00	p .525** Sig 0.00	p .631** Sig 0.00	p 1.00																
Q10	p .202** Sig 0.00	p .319** Sig 0.00	p .295** Sig 0.00	p .139* Sig 0.03	p 0.07 Sig 0.18	p .343** Sig 0.00	p .508** Sig 0.00	p .472** Sig 0.00	p .434** Sig 0.00	p 1.00															
Q11	p .172** Sig 0.01	p .156** Sig 0.02	p .284** Sig 0.00	p 0.08 Sig 0.16	p .231** Sig 0.00	p .287** Sig 0.00	p .401** Sig 0.00	p .452** Sig 0.00	p .480** Sig 0.00	p .554** Sig 0.00	p 1.00														
Q12	p .204** Sig 0.00	p .308** Sig 0.00	p .283** Sig 0.00	p 0.11 Sig 0.08	p .132* Sig 0.04	p .361** Sig 0.00	p .543** Sig 0.00	p .442** Sig 0.00	p .388** Sig 0.00	p .518** Sig 0.00	p .494** Sig 0.00	p 1.00													
Q13	p .247** Sig 0.00	p .186** Sig 0.01	p .257** Sig 0.00	p .130* Sig 0.04	p 0.12 Sig 0.06	p .363** Sig 0.00	p .466** Sig 0.00	p .456** Sig 0.00	p .415** Sig 0.00	p .628** Sig 0.00	p .543** Sig 0.00	p .506** Sig 0.00	p 1.00												
Q14	p 0.04 Sig 0.30	p 0.03 Sig 0.37	p 0.08 Sig 0.16	p -0.02 Sig 0.37	p -0.06 Sig 0.22	p .188** Sig 0.01	p .311** Sig 0.00	p .237** Sig 0.00	p .177** Sig 0.01	p .270** Sig 0.00	p .162* Sig 0.02	p .194** Sig 0.01	p .143* Sig 0.03	p 1.00											
Q15	p .202** Sig 0.00	p .233** Sig 0.00	p .391** Sig 0.00	p .151* Sig 0.02	p .282** Sig 0.00	p 0.11 Sig 0.07	p .195** Sig 0.00	p .298** Sig 0.00	p 0.11 Sig 0.07	p .277** Sig 0.00	p .305** Sig 0.00	p .144* Sig 0.03	p .246** Sig 0.00	p 0.05 Sig 0.26	p 1.00										
Q16	p .178** Sig 0.01	p .181** Sig 0.01	p .289** Sig 0.00	p .138* Sig 0.03	p .218** Sig 0.00	p 0.11 Sig 0.08	p .225** Sig 0.00	p .281** Sig 0.00	p .135* Sig 0.04	p .300** Sig 0.00	p .307** Sig 0.00	p .269** Sig 0.00	p .373** Sig 0.00	p 0.00 Sig 0.49	p .698** Sig 0.00	p 1.00									
Q17	p .237** Sig 0.00	p .171** Sig 0.01	p .356** Sig 0.00	p 0.06 Sig 0.20	p .216** Sig 0.00	p 0.09 Sig 0.11	p .172* Sig 0.01	p .323** Sig 0.00	p .149* Sig 0.02	p .338** Sig 0.00	p .379** Sig 0.00	p .226** Sig 0.00	p .331** Sig 0.00	p 0.01 Sig 0.45	p .590** Sig 0.00	p .588** Sig 0.00	p 1.00								
Q18	p 0.08 Sig 0.15	p 0.10 Sig 0.10	p .309** Sig 0.00	p 0.11 Sig 0.08	p .127* Sig 0.05	p 0.04 Sig 0.29	p 0.07 Sig 0.18	p .170* Sig 0.01	p 0.09 Sig 0.11	p .125* Sig 0.05	p .234** Sig 0.00	p 0.04 Sig 0.32	p 0.11 Sig 0.08	p 0.00 Sig 0.48	p .560** Sig 0.00	p .545** Sig 0.00	p .607** Sig 0.00	p 1.00							
Q19	p .182** Sig 0.01	p .222** Sig 0.00	p .320** Sig 0.00	p .162* Sig 0.02	p .385** Sig 0.00	p .251** Sig 0.00	p .424** Sig 0.00	p .362** Sig 0.00	p .215** Sig 0.00	p .363** Sig 0.00	p .379** Sig 0.00	p .330** Sig 0.00	p .328** Sig 0.00	p 0.09 Sig 0.12	p .553** Sig 0.00	p .512** Sig 0.00	p .484** Sig 0.00	p .328** Sig 0.00	p 1.00						

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	
Q20	p	.265"	.215"	.257"	0.02	0.10	0.11	.337"	.351"	.182"	.400"	.177"	.228"	.314"	0.12	.392"	.404"	.397"	.289"	.530"	1.00				
	Sig.	0.00	0.00	0.00	0.42	0.10	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Q21	p	.158"	.249"	.330"	0.12	.248"	.205"	.410"	.407"	.321"	.419"	.315"	.267"	.358"	.208"	.585"	.549"	.524"	.400"	.627"	.628"	1.00			
	Sig.	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Q22	p	.255"	.274"	.291"	0.06	.224"	0.09	.345"	.390"	.194"	.359"	.314"	.296"	.357"	.127"	.535"	.524"	.473"	.421"	.578"	.577"	.599"	1.00		
	Sig.	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Q23	p	.279"	.349"	.332"	.136"	.248"	.197"	.367"	.414"	.197"	.417"	.338"	.374"	.378"	0.11	.533"	.564"	.565"	.455"	.553"	.480"	.631"	.676"	1.00	
	Sig.	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Q24	p	.179"	.220"	.336"	0.01	.127"	.336"	.472"	.532"	.340"	.525"	.319"	.404"	.502"	.259"	.364"	.362"	.312"	.218"	.391"	.485"	.608"	.557"	.498"	1.00
	Sig.	0.01	0.00	0.00	0.46	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Q25	p	.213"	.202"	.315"	0.08	0.11	.352"	.485"	.500"	.401"	.448"	.250"	.321"	.411"	.209"	.371"	.358"	.264"	.214"	.440"	.456"	.566"	.534"	.514"	.781"
	Sig.	0.00	0.00	0.00	0.16	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (unilateral).

4. Discusión

El PC es una de las habilidades que deben desarrollar los estudiantes para poder afrontar de forma exitosa los ecosistemas educativos constantemente cambiantes. De acuerdo con González y Ramírez (2022) existe una reacción favorable al aplicar los componentes de la Educación 4.0 tales como las aplicaciones de realidad virtual con el desarrollo del pensamiento computacional, en particular con el diseño de algoritmos (Sukirman, Ibhari, Said & Murtiyasa, 2022), en esta investigación se confirmó que este tipo de tecnologías inmersivas permiten a los estudiantes detonar su curiosidad y creatividad para resolver problemas complejos (Shirey & Chandramouli, 2021). Sin embargo, también debe resaltarse que a diferencia de otros estudios (Glasserman-Morales, Ruiz-Ramírez & Rocha, 2022) los resultados de esta investigación no muestran la existencia de diferencias significativas entre las medias de los datos de hombres y mujeres que participaron en el estudio.

Como se observó en los análisis realizados, utilizar aplicaciones como la WebVR permite fortalecer los conocimientos de los estudiantes para resolver favorablemente problemas relacionados con la identificación de patrones, la descomposición de problemas y el diseño de algoritmos, sin embargo, no siempre los escenarios inmersivos son la mejor opción pedagógica para llevar a cabo algunas actividades que requieren de un acompañamiento más cercano por parte del docente ya que como lo mencionó González (2019), la enseñanza del pensamiento computacional requiere de una constante interacción entre el docente, el estudiante y los materiales de aprendizaje, sobre todo en etapas de formación inicial.

Se debe destacar que, al término de la implementación de la experiencia, no solo mejoró la percepción de mejora de los estudiantes respecto al aprendizaje de temas relacionados con el pensamiento computacional, en particular en la Figura 5 se observa que la percepción de mejora las competencias transversales es positiva, sino que también se generó con el diseño de los contenidos alojados en la plataforma Web-VR una estrategia de enseñanza disruptiva, en la que se fortalecieron competencias relacionadas con la transformación educativa, así como con el desarrollo del pensamiento crítico, ya que el interactuar en espacios simulados facilita ubicar al participante en entornos de toma de decisiones (García & Caballero, 2019).

Por lo anterior se puede afirmar que el uso de la WebVR como una plataforma de aprendizaje es bien aceptada por parte de los estudiantes. Los hallazgos indican que ellos perciben que no se requieren de esfuerzos extraordinarios para poder interactuar en el entorno virtual, además de que el realizar actividades de aprendizaje en este Campus mejora su comprensión de los temas. Al respecto Fuentes, López y Pozo (2019) mencionan que los procesos educativos eventualmente tendrán que migrar a entornos enriquecidos por tecnologías inmersivas, en los que no solamente se favorecerá el desarrollo de competencias disciplinares, sino también el pensamiento crítico y las competencias digitales. Ante esta realidad, las instituciones educativas deberán estar preparadas para incorporar como parte de sus pedagogías modelos de intervención que hagan uso de realidades extendidas como la realidad virtual o la realidad inmersiva.

5. Conclusiones

La formación escolar está evolucionando e incorporando aplicaciones tecnológicas como la WebVR, que como se mostró en este artículo, es una herramienta que puede aportar mejoras en la enseñanza de temas complejos como el pensamiento computacional (PC). Uno de los hallazgos en este estudio está relacionado con opiniones mayormente positivas en cuanto a la aceptación del Virtual Campus como un espacio para interactuar de forma dinámica con profesores y compañeros, asimismo se encontró que a través de este tipo de experiencias se puede contribuir para mejorar el aprendizaje del tema, sobre todo cuando se abordan los temas incorporando el enfoque de pensamiento complejo (PCM).

La imbricación de la triada WebVR-PC-PCM tiene el potencial para abrir nuevas líneas de investigación que permitan conocer las contribuciones de las tecnologías de la educación 4.0 y la formación de pensamientos complejos en distintas áreas disciplinares con el fin de dinamizar y fortalecer la asimilación de los conceptos y procedimientos, así como para socializar el conocimiento de forma disruptiva. Sin embargo, es recomendable diseñar experiencias de aprendizaje de forma segmentada, es decir, para desarrollar actividades que aborden la enseñanza de un tema particular en un corto periodo de tiempo como una sesión de clase, y evitar el diseño de prácticas académicas extensas que provoquen la fatiga de los estudiantes.

En cuanto a las limitaciones del estudio se encuentra el tamaño de la muestra, que sin bien puede considerarse representativa, es recomendable que en próximos estudios deba ser más amplia con el fin llevar a cabo análisis estadísticos complementarios, además se debe señalar que se debe tener cuidado al diseñar experiencias de aprendizaje en el entorno WebVR ya que en algunas disciplinas es necesario mantener el contacto visual con el estudiante e incluso manipular de forma física los materiales para el aprendizaje. Por lo tanto, es necesario hacer un análisis minucioso de la actividad y de los conocimientos que se desean transmitir para garantizar una experiencia satisfactoria. Por otra parte, si bien, la realidad virtual brinda la posibilidad de experimentar la sensación de presencialidad simulada, algunos participantes pueden tener dificultades para instalar y acceder al entorno virtual, así como para establecer comunicación y colaboración por medio las herramientas que ofrece la plataforma WebVR.

Agradecimientos

Esta publicación es un producto del proyecto "OpenResearchLab: innovación con inteligencia artificial y robótica para escalar niveles de razonamiento para la complejidad" (ID Novus N21-207).

Presentación del artículo: 30 de septiembre de 2022

Fecha de aprobación: 18 de enero de 2023

Fecha de publicación: 31 de enero de 2023

George-Reyes, C., López-Caudana, E., Ramírez-Montoya, M. y Ruiz-Ramírez, J. (2023). Pensamiento computacional basado en realidad virtual y razonamiento complejo: caso de estudio secuencial. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 23(73). <http://dx.doi.org/10.6018/red.540841>

Financiación

Esta investigación se ha financiado por el Instituto para el Futuro de la Educación (IFE), Tecnológico de Monterrey, los autores agradecen el apoyo financiero del Tecnológico de Monterrey a través del “Challenge-Based Research Funding Program 2022”. Proyecto ID # I003 - IFE001 - C2-T3 - T

Referencias

- Álvarez, M. (2016). Knowledge of knowledge: The work of Edgar Morin and the problem of Mexican education. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 7, 6-20
- Andrew F. & Jacob J. (2020): Use Omega Rather than Cronbach’s Alpha for Estimating Reliability. *But...*, 14, 1-24, *Communication Methods and Measures*. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>
- Ángel, C., Segredo, E., Arnay, R. & León, C. (2020). Simulador de Robótica Educativa para la promoción del Pensamiento Computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.410191>
- Baena, J., Ramírez, M., Mazo, D. & López, E. (2022). Traits of complex thinking: A bibliometric review of a disruptive construct in education. *Journal of Intelligence*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/jintelligence10030037>
- Basogain, X., Olabe, M. y Olabe, J.C., (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46(6). <http://www.um.es/ead/red/46>
- Bers, M., González, C., & Armas, M. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Chekantseva, Z. (2017). The appropriation of knowledge about complex systems by some nursing theorists: A little-known disciplinary issue. *Istoriya-Elektronnyi Nauchno-Obrazovatelnyi Zhurnal*, 8, 1–16. <https://doi.org/10.18254/S0002011-1-1>
- Fuentes, A., López, J. & Pozo, S. (2019). Análisis de la Competencia Digital Docente: Factor Clave en el Desempeño de Pedagogías Activas con Realidad Aumentada. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(2), 27-42. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.2.002>
- Glasserman-Morales, L., Ruiz-Ramírez, J. & Rocha, F. (2022). Transforming Higher Education Using WebVR: A Case Study. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3191257>

- García, A. & Caballero, Y. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 27(59), 63-72. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- Gonçalves, J., Lima, J., Brito, T., Brancalião, L., Camargo, C., Oliveira, V. & Conde, M. (2019). Educational Robotics Summer Camp at IPB: A Challenge based learning case study. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 36-43. New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362910>
- González, C. (2019). Estado del arte en la enseñanza del pensamiento computacional y la programación en la etapa infantil. *Education in the Knowledge Society*, 20, 1-15. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a17
- Grover, S. & Pea, R. (2017). *Computational Thinking: A competency whose time has come*. In Sentence, S., Barendsen, E. Schulte, C. Computer science education: Perspectives on teaching and learning in school. Bloomsbury Academic. <https://doi.org/0.5040/9781350057142.ch-003>
- Jauhainen, J. (2021). Entrepreneurship and innovation events during the COVID-19 pandemic: The user preferences of VirBELA virtual 3D platform at the SHIFT event organized in finland. *Sustainability*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073802>
- Jin, Y., Lin, C., Zhao, Q., Yu, S. & Su, Y. (2021). A study on traditional teaching method transferring to E-learning under the covid-19 pandemic: From chinese students' perspectives. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.632787>
- Koerber, S. & Osterhaus, C. (2019) Individual differences in early scientific thinking: assessment, cognitive influences, and their relevance for science learning. *Journal of Cognition and Development*, 20(4), 510-533. <https://doi.org/10.1080/15248372.2019.1620232>
- McNeish, D. (2018). Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. *Psychological Methods*, 23, 412-433. <https://doi.org/10.1037/met0000144>
- Miranda, J., Navarrete, C., Noguez, J., Molina, J., Ramírez, M., Navarro, S., Bustamante, R., Rosas, J. & Molina, A. (2021). The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107278. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>
- Montiel, H. & Gomez, M. (2021). Educational Challenges for Computational Thinking in K-12 Education: A Systematic Literature Review of "Scratch" as an Innovative Programming Tool. *Computers*, 10, 69. <https://doi.org/10.3390/computers10060069>
- Neroni, M., Oti, A. & Crilly, N. (2021). Virtual Reality design-build-test games with physics simulation: opportunities for researching design cognition. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 9 (3), 13973. <https://doi.org/10.1080/21650349.2021.1929500>
- Niemi, H. & Kousa, P. (2020). A case study of students' and teachers' perceptions in a Finnish high school during the COVID pandemic. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(4), 352-369. <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i4.167>
- Nouri, J., Zhang, L., Mannila, L. y Norén, E. (2020) Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9, *Education Inquiry*, 11(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/20004508.2019.1627844>

- Ortega, B. & Asensio, M. (2018). DIY robotics: computational thinking based patterns to improve problem solving. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-Relatec*, 17(2), 129–143. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.17.2.129>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Nueva York: Basic Books.
- Radianti, J., Majchrzak, T., Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Ramírez, M., Álvarez, I., Sanabria, J., Lopez, E., Alonso, P. & Miranda, J. (2021). Scaling complex thinking for everyone: A conceptual and methodological framework. *Paper presented at the ACM International Conference Proceeding Series*, 806-811. <https://doi.org/10.1145/3486011.3486562>
- Ramírez, M., Castillo, I., Sanabria, J. & Miranda, J. (2022). Complex thinking in the framework of education 4.0 and open Innovation—A systematic literature review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>
- Rodríguez del Rey, Y., Cawanga, I., Deco, C., Bender, C., Avello, R., & Villalba, K. (2020). Developing computational thinking with a module of solved problems. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22214>
- Rose, S., Habgood, J. & Jay, T. (2017). An exploration of the role of visual programming tools in the development of young children’s computational thinking. *Electronic Journal of E-Learning*, 15(4), 297–309. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1154629>
- Sahlberg, P. (2020). Does the pandemic help us make education more equitable? *Educational Research for Policy and Practice*, 20, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10671-020-09284-4>
- Shirey, K. & Chandramouli, M. (2021). Work in progress pilot study: Virtual reality for computational thinking foundations and STEM enrichment. *Paper presented at the ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://peer.asee.org/38113>
- Smith, T. & Knowles, A. (2017). How can we elicit more complex thinking in Year 7 students for understanding and resolving life-issues? *International Journal of Christianity & Education*, 21, 225–39. <http://dx.doi.org/10.1177/2056997117712728>
- Sukirman, S., Ibharm, L., Said, C. & Murtiyasa, B. (2022). A strategy of learning computational thinking through game based in virtual reality: Systematic review and conceptual framework. *Informatics in Education*, 21(1), 179-200. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.07>
- Tobar, C., Garcés, M., Crespo, M. C., & Sisa, I. (2021). The impact of strengthening study habits for medical students during COVID-19 academic transition: A mixed-methods study. *Medical Science Educator*, 31(3), 1083-1090. <https://doi.org/10.1007/s40670-021-01277-z>
- Tobón, S. & Luna, J. (2021). Complex Thinking and Sustainable Social Development: Validity and Reliability of the COMPLEX-21 Scale. *Sustainability*, 13, 6591. <https://doi.org/10.3390/su13126591>
- Valverde, J., Fernández, M. y Garrido, M. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED, Revista de Educación a Distancia*. 46(3). <https://revistas.um.es/red/article/view/240311>
- Varona, F. (2020). El carácter integrador del pensamiento de Morin en la formación universitaria. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 1, 93–125.

- <https://doi.org/10.17163/soph.n29.2020.03>
- Vásquez, M. & Viguri, M. (2020). Complex Thinking in the Social Sciences: towards a new Business Organization. *Revista Ciencias de la Complejidad*, 1, 51–66. <https://doi.org/10.48168/cc012020-004>
- Vázquez, J., Castillo, I., Ramírez, M., Millán, A. (2022). Development of the perception of achievement of complex thinking: A disciplinary approach in a Latin American student population. *Education Sciences*, 12, art. 289. <https://doi.org/10.3390/educsci12050289>
- Videva, J., Marchiori, E. & Cantoni, L. (2019) Assessing usability and user experience of immersive web VR platforms for tourism destinations. *e-Review of Tourism Research*, 17(2). <https://journals.tdl.org/ertr/index.php/ertr/article/view/509>
- Vorobyeva, D. V., Leukhin, A. D., & Kugurakova, V. V. (2017). Vr & Web Gui Shell: Interactive Web-System for Virtual Reality. *Revista Publicando*, 4(13 (2), 542-554. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/914>
- Wing, J. (2006). Computational thinking. it represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use. *Commun. ACM*, 49(3). <https://doi.org/10.1109/vlhcc.2011.6070404>
- Wing, J. (2008). *Computational thinking and thinking about computing*. The Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Xia, J., Xiao, B., Li, D., & Wang, K. R. (2018). Improvement of virtual EAST system based on WebVR. *Fusion Engineering and Design*, 127, 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2018.01.024>
- Yadav, A., Hong, H., y Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding a 21st century problem solving in K-12 classrooms. *TechTrends*. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Ye, Q., Hu, W., Zhou, H., Lei, Z. & Guan, S. (2018). VR interactive feature of HTML5-based WebVR control laboratory by using head-mounted display. *International Journal of Online Engineering*, 14(3), 20-33. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i03.8112>