

Desarrollo de un entorno virtual interactivo para el aprendizaje de la tabla periódica

Design and Implementation of an Interactive Virtual Environment for Periodic Table Learning

Lesly Fernanda Salinas-Palencia ^a, Juan-Carlos González-Islas ^{b*}, Ma. de Jesús Gutiérrez-Sánchez ^c, Fernando Salas-Martínez ^d, Gildardo Godínez-Garrido ^e

Abstract:

Teaching the periodic table presents challenges due to its abstract and rote nature, which reduces student motivation. This article describes the development of a virtual reality application that transforms the traditional periodic table into an interactive three-dimensional environment, designed in Unity and structured under the Methodology for the Development of Virtual Reality Educational Spaces (MEDEERV). The project is in the pilot phase, focused on the design and modeling of the environment, which allowed for the construction of an immersive representation with interactive elements and information panels. Through a survey of students and teachers at the Autonomous University of the State of Hidalgo, from the Bachelor's degree in Computer Science and the Bachelor's degree in Chemistry, a high level of interest in the use of virtual reality for teaching chemistry and a positive perception of the relevance of the tool were identified. However, a limitation of this study is that comprehensive usability and functionality tests have not yet been conducted, so the results should be considered preliminary. This work contributes to laying the groundwork for future research that integrates more robust experimental validations and evaluates the impact of the tool on student understanding and motivation.

Keywords:

Virtual Reality, MEDEERV, Periodic Table, Chemistry Education, Unity

Resumen:

La enseñanza de la tabla periódica presenta retos debido a su carácter abstracto y memorístico, lo que reduce la motivación de los estudiantes. Este artículo describe el desarrollo de una aplicación de realidad virtual (RV) que transforma la tabla periódica tradicional en un entorno tridimensional interactivo, diseñada en Unity y estructurada bajo la Metodología para el Desarrollo de Espacios Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV). El proyecto se encuentra en fase piloto, centrada en el diseño y modelado del entorno, lo que permitió construir una representación inmersiva con elementos interactivos y paneles informativos. A través de una encuesta aplicada a estudiantes y docentes de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, de las licenciaturas en Ciencias Computacionales y licenciatura en Química, se identificó un alto interés en el uso de la RV para la enseñanza de la química y una percepción positiva respecto a la pertinencia de la herramienta. No obstante, una limitación de este estudio radica en que aún no se han realizado pruebas de usabilidad y funcionalidad completas, por lo que los resultados deben considerarse preliminares. Este trabajo contribuye a sentar las bases para futuras investigaciones que integren validaciones experimentales más robustas y evalúen el impacto de la herramienta en la comprensión y motivación de los estudiantes.

^b Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área Académica de Computación y Electrónica | Mineral de la Reforma | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-2190-0660>, Email: juan_gonzalez7024@uaeh.edu.mx

^{a,c,e} Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área Académica de Computación y Electrónica | Mineral de la Reforma | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0000-4138-2955>, <https://orcid.org/0000-0001-8480-1830>, <https://orcid.org/0000-0002-7177-3815>, Email: [\(sa338716,madejesus,gildardo_godinez\)@uaeh.edu.mx](mailto:(sa338716,madejesus,gildardo_godinez)@uaeh.edu.mx)

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área Académica de Química, Mineral de la Reforma | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-5104-5167>, Email: fernando_salas@uaeh.edu.mx

Palabras Clave:

Realidad virtual, MEDEERV, Tabla periódica, Enseñanza de la química, Unity

1. Introducción

En los últimos años, la educación ha experimentado una transformación gracias al uso de tecnologías inmersivas como la realidad virtual, que han demostrado aumentar la motivación, el compromiso y los resultados académicos en distintas disciplinas. Diversos estudios recientes muestran que el aprendizaje con entornos virtuales mejora la retención de conceptos científicos. Por ejemplo, Exploring the Effect of Virtual Reality on Learning in General Chemistry Students with Low Visual-Spatial Skills (Rodríguez, 2022) encontró que estudiantes con dificultades visuales-espaciales experimentan mejoras en su desempeño cuando se les ofrece contenido en RV frente al método tradicional.

Asimismo, la investigación Virtual Reality and Gamification in Education: a systematic review (Martín-Gutiérrez, 2024) reporta mejoras significativas en la actitud, participación de los estudiantes cuando se combina RV con principios de gamificación. Estos hallazgos respaldan la necesidad de explorar nuevas metodologías que integren la RV para enseñar conceptos complejos como la tabla periódica de los elementos.

Bajo este escenario, algunos autores mencionan que uno de los problemas más destacados en el estudio o comprensión de la tabla periódica, radica en que los estudiantes deben adquirir conocimiento abstracto para aprender 118 elementos y sus propiedades (Mazo y De Arce, 2022). Además, mucho de este conocimiento no se puede llevar a nivel de laboratorio debido a que muchos elementos de la tabla periódica no se cuentan en muchas instituciones por su compleja manipulación, generando con ello que muchos estudiantes muestren poco interés en la comprensión de esta (Lina Mazo & Arce., 2022)).

Dentro del ámbito educativo de la química, uno de los principales retos es lograr que los estudiantes comprendan la organización y el significado de la tabla periódica. Tradicionalmente, el aprendizaje se ha centrado en la memorización de símbolos, números atómicos y configuraciones, lo que genera una comprensión superficial y desmotiva a gran parte del alumnado (Makransky, 2022). Esta dificultad se intensifica por la naturaleza abstracta de los conceptos químicos, que no siempre pueden ser observados ni experimentados de manera directa en el aula (Rizvan1, Luiza, & Anna, 2023).

Mientras algunos estudiantes logran captar la información visual, otros requieren experiencias prácticas o interactivas para consolidar su conocimiento (Hernández & Pérez, 2021). A ello se suma la limitación en el acceso a laboratorios equipados y seguros, lo que restringe la posibilidad de realizar prácticas que refuercen la comprensión de la química.

Ante las limitaciones que presenta el aprendizaje tradicional de la tabla periódica, la incorporación de tecnologías inmersivas surge como una alternativa innovadora para mejorar la comprensión y la motivación de los estudiantes. Diversas investigaciones recientes demuestran que la RV favorece el aprendizaje significativo al permitir que los estudiantes interactúen con representaciones tridimensionales de conceptos complejos. Por ejemplo, (Qorbani, Dalili, Arya, & Joslin, 2024) destacan que los entornos de RV en química contribuyen a un aprendizaje más profundo, especialmente en temas abstractos, gracias a la interacción inmersiva y el refuerzo visual.

En este contexto, la MEDEERV se posiciona como un marco idóneo para estructurar el diseño de experiencias educativas basadas en RV, al organizar el proceso en fases de análisis, diseño, desarrollo, pruebas y evaluación. Su aplicación en el desarrollo de una tabla periódica inmersiva en Unity permite no solo la exploración de los elementos químicos, sino también la incorporación de datos históricos, aplicaciones cotidianas y visualizaciones interactivas que enriquecen la experiencia del estudiante.

Dentro del campo de la educación química, varios estudios recientes han explorado la aplicación de tecnologías inmersivas en la enseñanza de contenidos fundamentales como la tabla periódica. Investigaciones como la de (Nsabayezu, Iyamuremye, Nungu, Mukiza, & Niyongabo, 2023) han mostrado que las plataformas digitales interactivas, como las tablas periódicas en línea, apoyan significativamente la comprensión de tendencias y propiedades de los elementos químicos, representando un recurso pedagógico de apoyo para superar la dificultad del aprendizaje memorístico. Este tipo de recursos han evolucionado en los últimos años hacia formatos más dinámicos y accesibles para los estudiantes.

Por su parte, en (Amirbekova, Shertayeva, Mironova, & al., 2024) destacan que la integración de la realidad virtual y la realidad aumentada en entornos educativos facilita la visualización de estructuras químicas y procesos moleculares complejos su investigación evidencia que los entornos inmersivos no solo incrementan la motivación estudiantil, sino que también contribuyen a un aprendizaje más profundo al ofrecer representaciones tridimensionales que antes solo podían abordarse mediante ilustraciones o modelos físicos. Este avance implica un cambio significativo en la manera en que los estudiantes pueden interactuar con conceptos abstractos.

Adicionalmente, en (Guruloo & Osman, 2023) realizaron una revisión sistemática sobre el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza de la química. Los autores subrayan que las simulaciones en RV representan una alternativa segura, accesible y atractiva a los laboratorios tradicionales, permitiendo que los estudiantes exploren elementos y experimentos sin las restricciones de los recursos físicos. Esta línea de investigación ha abierto nuevas posibilidades para trasladar el aprendizaje de la tabla periódica a un entorno inmersivo y práctico.

Por otro lado, en (Qorbani, Dalili, Arya, & Joslin, 2024) llevaron a cabo un experimento en un curso de química general donde compararon el uso de RV con métodos tradicionales de enseñanza. Los resultados revelaron que los estudiantes que emplearon entornos inmersivos mostraron un mejor desempeño en la comprensión de estructuras atómicas y propiedades periódicas, lo que refuerza la idea de que la tecnología no debe limitarse a complementar, sino a transformar la forma de enseñar la química.

El estudio de la química, especialmente en lo relacionado con estructuras abstractas como la tabla periódica y los enlaces químicos, ha generado un creciente interés por integrar tecnologías inmersivas que permitan superar las limitaciones del aprendizaje memorístico. Investigaciones recientes han evidenciado que la RV favorece la comprensión de conceptos complejos al permitir la exploración de representaciones tridimensionales. Por ejemplo, (Hu-Au, 2024) comprobó que los estudiantes que interactúan en laboratorios virtuales de química logran una mayor comprensión de conceptos moleculares abstractos cuando se integran simulaciones de moléculas y experiencias inmersivas en comparación con enfoques tradicionales.

El impacto positivo de estas herramientas también ha sido analizado desde la perspectiva de la experiencia estudiantil. (Viitaharju, Nieminen, Linnera, Yliniemi, &

Karttunen, 2023) desarrollaron prácticas de laboratorio en RV y hallaron que los estudiantes valoraron altamente la posibilidad de experimentar en entornos seguros y controlados, lo que redujo la ansiedad asociada al trabajo experimental y aumentó su confianza en el aprendizaje de la química. Estos resultados se complementan con el estudio de (Gungor, y otros, 2022), quienes demostraron que la implementación de RV en el laboratorio contribuye al fortalecimiento de la autoeficacia, el interés y la autopercepción positiva de los alumnos, al tiempo que disminuye la ansiedad frente a las prácticas de laboratorio.

Más allá de la enseñanza experimental, la RV también ha sido aplicada a la visualización de la tabla periódica y sus propiedades. (Ali, Ullah, & Raees, 2022) diseñaron un cubo interactivo como demostración de una tabla periódica virtual, lo que permitió a los estudiantes explorar elementos químicos de manera más dinámica y comprensible.

2. Materiales y Métodos

El desarrollo de la tabla periódica en realidad virtual se llevó a cabo utilizando una computadora de escritorio equipada con un procesador Intel Core i5-10400F de seis núcleos y doce hilos a 2.90 GHz, 32 GB de memoria RAM y una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 3060 de 12 GB, lo cual permitió garantizar un rendimiento óptimo en la renderización y ejecución de entornos tridimensionales inmersivos. El almacenamiento se gestionó a través de un disco duro WDC WD10EZEX de 931.5 GB y una unidad de estado sólido ADATA SU650 de 111.8 GB, destinados a la instalación del sistema operativo, el motor de desarrollo y los recursos gráficos del proyecto. Para la visualización en escritorio se empleó un monitor EMA E17T6W de 17.2 pulgadas con resolución de 1280x1024 píxeles, mientras que la interacción inmersiva y las pruebas de usabilidad se realizaron con el dispositivo Oculus Rift S, fabricado por Lenovo, cuenta con una pantalla LCD de 2560 x 1440 píxeles y frecuencia de 80Hz. Su peso es de aproximadamente 470 g. Ofrece seguimiento de 6 grados de libertad mediante el sistema Oculus Insight. Requiere un PC con Windows 10 o 11, tarjeta NVIDIA GTX 1060, 8 GB de RAM y USB 3.0 para un funcionamiento óptimo. Incluye un cable de 5 metros y un sistema de audio estéreo passthrough.

La tabla periódica empleando realidad virtual se llevó a cabo utilizando el motor de videojuegos Unity en su versión 2021.3 Long Term Support Release (LTS), elegido por su versatilidad en la creación de entornos inmersivos y su compatibilidad con diferentes dispositivos de RV. La programación se realizó en Visual Studio Community

2019. Para la construcción de todos los elementos químicos se diseñó un único script que fue replicado 118 veces, correspondiente al número total de elementos de la tabla periódica.

A cada copia se le añadieron atributos específicos como el color representativo del grupo químico al que pertenecen, el número atómico, el peso atómico, la descripción general y el nombre del científico que realizó su descubrimiento. Dicha información fue tomada de la PubChem, la cual es una base de datos de química abierta del Instituto Nacional de Salud (NIH, por sus siglas inglés), y la cual es una fuente clave de información química para científicos, estudiantes y el público en general (PubChem, 2025)

El entorno virtual fue diseñado a partir de una plantilla base de realidad virtual disponible en Unity, la cual se adaptó para incluir la disposición espacial de la tabla periódica. Se integraron paneles interactivos que permitieron al usuario explorar cada elemento de manera individual y obtener información detallada. Además, se incorporó un breve tutorial inicial para guiar al usuario en el uso de los controles del visor Oculus Rift S, con el objetivo de facilitar la navegación y la interacción dentro del entorno.

La Metodología para el Desarrollo de Espacios Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV) empleada en este trabajo consta de siete etapas (Figura 1).

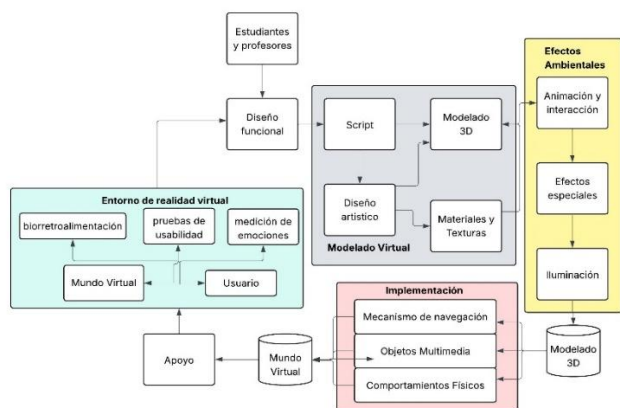


Figura 1. Diagrama de la Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual. Referencia: (Gutiérrez-Sánchez, y otros, 2024)

La MEDEERV contiene 7 fases fundamentales que orientan la construcción del entorno virtual: el diseño instruccional sistemático, el diseño funcional, el modelado del mundo virtual, la incorporación de efectos ambientales, la implementación, el soporte y las pruebas

de usabilidad. Cada una de estas fases integra diversos procesos específicos que, en conjunto, permiten estructurar y optimizar la experiencia educativa dentro del entorno inmersivo.

En este caso la tabla periódica se presenta una vasta representación en 3D explorable de la tabla periódica. El estudiante y los profesores pueden seleccionar un elemento presentado dentro de la tabla en el cual se muestra una descripción detallada de cada uno de los elementos.

Adicionalmente, en este proceso muestra al átomo con sus electrones orbitando en una animación hecha en formato GIF, al igual que puede escoger otro elemento dentro de la tabla demostrando que no es necesario pulsar un botón para cambiar de elementos, sin embargo, el usuario puede girar en su propio eje visualizando el entorno viendo los grupos a los que pertenecen los elementos químicos. A continuación, se detalla la implementación de cada una de estas fases.

2.1 Diseño Funcional

En esta fase, la aplicación se centra en la manera en que los usuarios interactúen con la tabla periódica en un entorno de realidad virtual. El sistema fue concebido para que la experiencia de aprendizaje comenzara con un breve tutorial introductorio que explica el uso de los controles del Oculus Rift S. De esta forma, el usuario comprende desde el inicio cómo desplazarse en el espacio tridimensional, cómo seleccionar objetos y cómo acceder a la información disponible. La Figura 2 muestra un diagrama esquemático del diseño funcional.

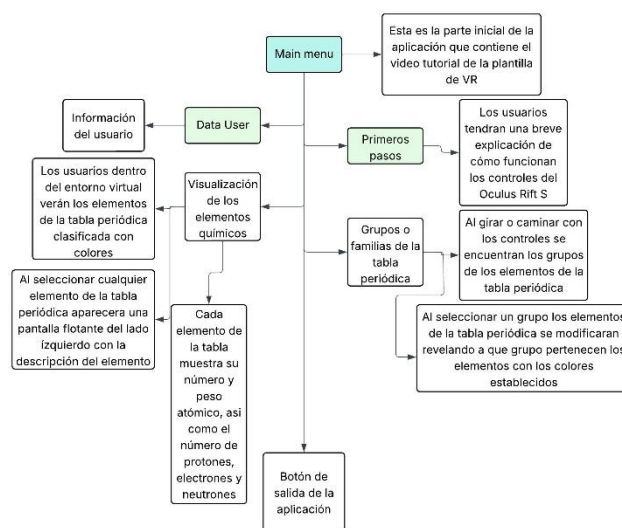


Figura 2. Diagrama funcional del Script del comportamiento virtual.

Una vez dentro del entorno, el usuario se encuentra frente a la representación de la tabla periódica organizada en bloques. La disposición mantiene la estructura tradicional, pero en un formato tridimensional que puede ser explorado desde diferentes ángulos. El usuario puede acercarse a cualquier elemento químico, seleccionarlo y visualizar un panel informativo flotante que contiene datos específicos como número atómico, símbolo, masa, grupo al que pertenece y el nombre del científico descubridor.

El sistema incorpora una zona que clasifica a los elementos de acuerdo con sus familias químicas. Esta característica visual facilita la identificación de patrones y relaciones entre grupos, convirtiéndose en un apoyo didáctico que complementa la información textual. Además, la navegación libre dentro del entorno permite que cada usuario decida su propio recorrido, lo que fomenta el aprendizaje autónomo y la motivación.

El diseño funcional asegura que cada interacción con la tabla periódica contribuya al reforzamiento de conocimientos y a la construcción de un vínculo más cercano con los contenidos de la química.

2.2 Mundo Virtual y Modelado

Para ello, se creó un espacio tridimensional que reproduce la disposición de la tabla periódica tradicional, pero adaptada a un entorno navegable en realidad virtual. La representación de los 118 elementos se organizó en bloques alineados que conservan la secuencia lógica de filas y columnas, lo que facilita la familiarización inmediata con el esquema convencional, al mismo tiempo que se amplía su potencial didáctico mediante la interacción.

El mundo virtual se mantuvo deliberadamente simple en cuanto a diseño y efectos visuales, ya que la prioridad de la propuesta fue evitar distracciones que pudieran desviar la atención del objetivo pedagógico principal: la exploración de la tabla periódica.

Aun así, se incluyeron ajustes de iluminación y escalado que proporcionan una sensación de profundidad y realismo, contribuyendo a la inmersión del usuario sin comprometer el rendimiento técnico de la aplicación. La Figura 3 representa gráficamente al modelo virtual tridimensional de la tabla periódica, diseñado para su uso en entornos digitales o de realidad virtual.

Figure 3. Diseño de la tabla periódica clasificada con colores.

Como se observa en la Figura 3, cada elemento está representado por un bloque cúbico individual, lo que permite una clara diferenciación y una potencial manipulación interactiva dentro de un espacio virtual. A cada uno de estos elementos se le asignaron atributos particulares en el script correspondiente, de manera que la apariencia visual se integra con la información química. Este enfoque permitió optimizar recursos gráficos y garantizar la fluidez del sistema durante la navegación en el visor Oculus Rift S. La codificación por colores es distintiva para diferentes categorías de elementos:

Azul: Representa elementos no metales o metaloides, incluyendo hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno, flúor, fósforo, azufre, cloro, selenio, bromo, yodo, y los gases nobles.

Verde claro: Indica metales alcalinos (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) y metales alcalinotérreos (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra), así como algunos elementos del bloque p como el aluminio (Al).

Rojo: Sugiere un grupo específico de elementos, posiblemente halógenos o gases nobles en algunas representaciones, o quizás una categorización diferente como metales de transición específicos o elementos que exhiben un comportamiento particular. En esta figura, el helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón, junto con magnesio, estroncio, bario y radio, están representados en rojo, lo que podría indicar una agrupación basada en características electrónicas o estados de valencia.

Morado oscuro: Se utiliza para la mayoría de los metales de transición (bloque d) y los elementos lantánidos y actínidos, resaltando su agrupación central y en la parte inferior de la tabla.

Gris oscuro: Identifica elementos del bloque p como galio, germanio, arsénico, estaño, antimonio, telurio, plomo, bismuto, polonio, astato, oganesón, niobio, moscovio, livermorio y tennessina, sugiriendo otra categoría, posiblemente metaloides o metales post-transición.

El fondo de la figura, que simula un cielo con nubes, proporciona un contexto visual que sugiere un entorno virtual abierto y adaptable. Este tipo de modelado es crucial para plataformas de aprendizaje interactivas, visualización científica y aplicaciones de realidad extendida, donde la interacción con los elementos y sus propiedades puede ser explorada de manera dinámica y atractiva.

La imagen de la Figura 4, muestra la misma tabla periódica tridimensional que en la Figura 3, pero desde una perspectiva diferente, lo que resalta su naturaleza espacial. Cada elemento es un bloque cúbico con su símbolo, y la disposición sigue la estructura de la tabla periódica tradicional. La codificación por colores clasifica visualmente los elementos en grupos o familias químicas, como los metales alcalinos (verde claro), los gases nobles (rojo) y los metales de transición (morado oscuro).

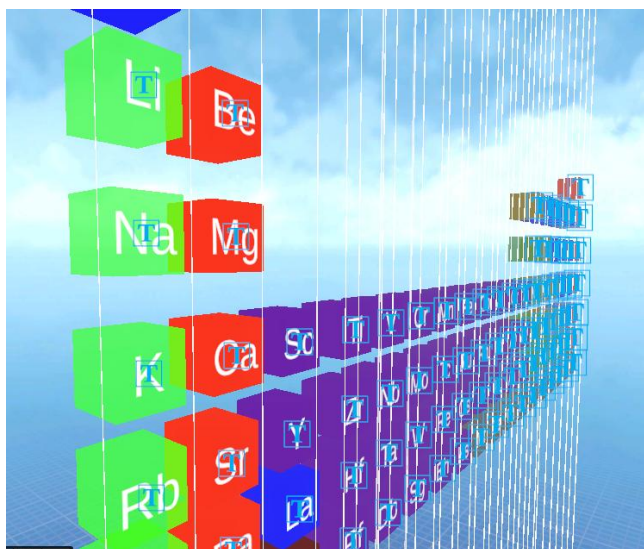


Figure 4. Modelado de los cubos en 3D para la elaboración de la tabla periódica.

La utilidad principal de este tipo de modelo es la visualización interactiva y el aprendizaje inmersivo. Al permitir la manipulación y exploración en un espacio 3D, supera las limitaciones de las representaciones 2D. Es una herramienta poderosa para: i) Educación: ayuda a los estudiantes a comprender las relaciones espaciales entre los elementos y sus propiedades; ii) Simulación: permite integrar datos adicionales, como la masa atómica o la configuración electrónica, para visualizaciones dinámicas y iii) Realidad virtual y aumentada: proporciona una experiencia de usuario más atractiva y memorable para aprender química.

El modelado del espacio incluyó la construcción de paneles flotantes, diseñados para aparecer de manera dinámica cuando el usuario selecciona un elemento específico. Estos paneles contienen la información más relevante de cada componente químico, presentada en un formato claro y accesible.

3. Análisis y discusión de resultados

Con el propósito de evaluar la pertinencia y utilidad de la aplicación de la tabla periódica en realidad virtual, se aplicó una encuesta semi estructurada a estudiantes y docentes de la Licenciatura en Química y de la Licenciatura en Ciencias Computacionales de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). En total participaron 25 estudiantes y 10 profesores, lo que permitió integrar tanto la perspectiva académica como la técnica en el análisis. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos a partir de esta evaluación.

En términos generales, un 82% de los encuestados consideró que la aplicación resulta útil para complementar el aprendizaje de la tabla periódica, destacando que la interacción inmersiva facilita la comprensión de los grupos y familias de elementos. Asimismo, un 76% de los estudiantes mencionó que la visualización en tres dimensiones y el sistema de colores para clasificar elementos fueron factores que contribuyeron a mejorar la retención de la información. La Figura 5 presenta un gráfico de barras que muestra los resultados de la encuesta. Los datos provienen de un total de 35 respuestas.

Del 1 al 5 ¿Qué tan útil crees que sería una Tabla Periódica Virtual en tú Formación?
 35 respuestas

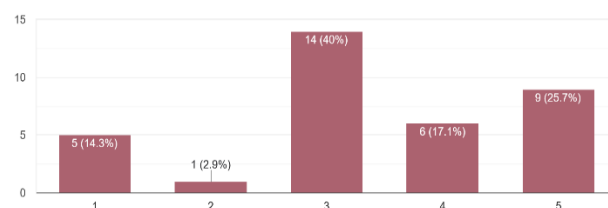


Figure 5. Encuesta de Utilidad en la Tabla Periódica empleando RV.

El gráfico evalúa la percepción de utilidad de un modelo virtual de la tabla periódica, utilizando una escala de 1 (nada útil) a 5 (extremadamente útil). Los resultados se distribuyen de la siguiente manera:

24 –30 de octubre de 2025

Puntuación 1: 5 respuestas (14.3%), puntuación 2: 1 respuesta (2.9%), puntuación 3: 14 respuestas (40%). Esta es la respuesta más frecuente, lo que indica una opinión neutral o moderadamente positiva sobre la utilidad. Puntuación 4: 6 respuestas (17.1%), puntuación 5: 9 respuestas (25.7%). El segundo grupo más grande, lo que sugiere que una porción significativa de los encuestados considera que sería muy útil.

Dichos resultados demuestran que, aunque existe una opinión dividida, la mayoría de los encuestados percibe que un modelo virtual de la tabla periódica sería de moderada a alta utilidad en su formación. La suma de las respuestas en los rangos 3, 4 y 5 (82.8%) indica que la mayoría de los participantes ven el potencial de esta herramienta para la educación. Estos datos son cruciales para justificar la pertinencia del desarrollo de una herramienta de este tipo.

Desde la perspectiva de los docentes, un porcentaje señaló que la herramienta podría integrarse como un recurso complementario en la enseñanza de química general, especialmente en las asignaturas de introducción a la química. La Figura 6 muestra un gráfico circular que resume las respuestas a la pregunta "¿Te gustaría aprender la tabla periódica en realidad virtual?". La encuesta, basada en 35 respuestas de profesores y alumnos, evalúa el interés en utilizar la RV como herramienta educativa para la química.

¿Te gustaría aprender la Tabla Periódica en Realidad Virtual?
35 respuestas

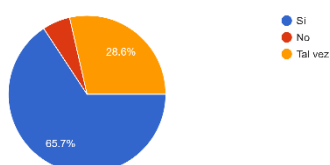


Figure 6. Pregunta de interés por aprender la tabla periódica en RV.

Los resultados, representados en porcentajes, indican un fuerte interés. Sí: El 65.7% de los encuestados (23 de 35) manifestó su deseo de aprender la tabla periódica en un entorno de RV, lo que demuestra un gran interés por las tecnologías de aprendizaje inmersivo. No: Un pequeño 5.7% (2 de 35) no está interesado. Tal vez: El 28.6% (10 de 35) se muestra indeciso o abierto a la posibilidad.

En conjunto, este gráfico evidencia un interés mayoritario y positivo hacia la integración de la realidad virtual en la enseñanza de la química, sugiriendo que la tecnología de

RV es una vía prometedora para mejorar la experiencia de aprendizaje de conceptos complejos.

Por otro lado, el 68% de los estudiantes manifestó que el tutorial inicial sobre el uso de los controles del Oculus Rift S facilitó la experiencia, aunque un 22% indicó que al principio sintió cierta dificultad en la navegación del entorno. En ese mismo sentido, la Figura 7 muestra un gráfico de barras horizontales que presenta los resultados de una encuesta titulada "¿Qué funcionalidades consideras indispensables en una Tabla Periódica Virtual?".

¿Qué funcionalidades consideras indispensables en una Tabla Periódica Virtual?
35 respuestas

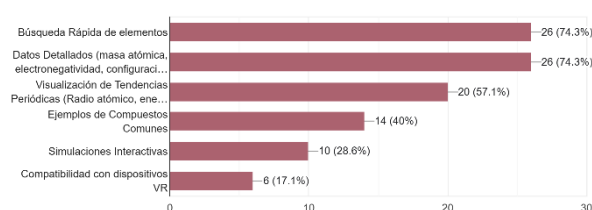


Figure 7. Gráfica de resultado del uso de la tabla periódica.

Las funcionalidades están ordenadas de mayor a menor preferencia, con el número de votos y el porcentaje correspondiente. Las dos características principales, consideradas cruciales por la mayoría de los encuestados, son:

Búsqueda rápida de elementos: con 26 votos (74.3%), esta funcionalidad es la más solicitada, subrayando la importancia de una navegación eficiente.

Datos detallados (masa atómica, electronegatividad, etc.): También con 26 votos (74.3%), lo que indica que los usuarios desean una herramienta que ofrezca información exhaustiva y no solo una representación visual.

Otras funcionalidades importantes son:

Visualización de tendencias periódicas: con 20 votos (57.1%), esta característica es vista como muy útil para comprender los patrones en las propiedades de los elementos.

Ejemplos de Compuestos Comunes: con 14 votos (40%), muestra un interés moderado en ver aplicaciones prácticas de los elementos.

Las funcionalidades menos priorizadas son las Simulaciones Interactivas (10 votos, 28.6%) y la Compatibilidad con dispositivos RV (6 votos, 17.1%), lo que sugiere que, si bien la tecnología de RV es interesante, los usuarios priorizan la funcionalidad básica y los datos sobre la interactividad avanzada y la compatibilidad con hardware específico.

La fase final del proyecto, correspondiente a la implementación, se centró en la validación práctica del modelo virtual de la tabla periódica. Las pruebas iniciales se llevaron a cabo utilizando el visor de realidad virtual Oculus Rift S. Este dispositivo fue seleccionado por su compatibilidad nativa con Unity, el motor de desarrollo utilizado, lo que facilitó la integración y garantizó una visualización fluida y la interacción en tiempo real.

La elección del Oculus Rift S es clave, ya que sus controladores hápticos y sensores de movimiento permitieron una experiencia inmersiva completa. Esta capacidad de interacción física simulada fue fundamental para comprobar que la aplicación no solo funcionaba correctamente, sino que también ofrecía una experiencia de usuario que se aproxima a la de un entorno educativo real. Este paso demostró la viabilidad del proyecto y su potencial para ser utilizado como una herramienta didáctica eficaz.

4. Conclusiones

El desarrollo de la aplicación de la tabla periódica en realidad virtual evidencia el potencial de las tecnologías inmersivas para enriquecer la enseñanza de conceptos abstractos en química. Entre sus principales fortalezas destacan la claridad en la representación tridimensional de los elementos, la codificación visual por colores y la posibilidad de exploración autónoma, lo que favorece la motivación y el aprendizaje activo.

Sin embargo, este trabajo corresponde a una fase piloto centrada en el diseño y modelado del entorno, por lo que una de sus principales limitaciones es la ausencia de pruebas exhaustivas de usabilidad y funcionalidad. En consecuencia, los resultados deben considerarse preliminares y orientados más a la validación conceptual que a la evaluación pedagógica integral.

Como trabajo futuro, se plantea realizar estudios experimentales que incluyan métricas de usabilidad, eficacia en el aprendizaje y comparaciones con métodos tradicionales, a fin de consolidar la aplicación como un

recurso didáctico robusto y escalable para la enseñanza de la química.

Referencias

- Ali, N., Ullah, S., & Raees, M. (2022). *Interactive cube for effective demonstration of virtual periodic table*. *Education and Information Technologies*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10691-0>
- Amirbekova, E., Shertayeva, N., Mironova, E., & al., e. (2024). *Teaching chemistry in the metaverse: the effectiveness of using virtual and augmented reality for visualization*. *Frontiers in Education*, 8, Article 1184768. Obtenido de <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1184768>
- Gungor, A. K., Avraamidou, L., Eisink, N., van der Kolk, K., Tromp, M., & Bitter, J. H. (2022). *The Use of Virtual Reality in a Chemistry Lab and Its Impact on Students' Self-Efficacy, Interest, Self-Concept and Laboratory Anxiety*. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. Obtenido de <https://doi.org/10.29333/ejmste/11814>
- Guruloo, T. N., & Osman, K. (2023). *Integrating virtual reality laboratories in chemistry education: A systematic literature review*. *International Journal of Education*. Obtenido de <https://doi.org/10.5296/ije.v15i4.21372>
- Gutierrez-Sanchez, M., Gonzalez-Islas, J.-C., Huerta-Ortiz, L.-M., Franco-Arcega, A., Vazquez-Vazquez, V.-M., & Suarez-Navarrete, A. (2024). *Usability and Affects Study of a Virtual Reality System Toward Scorpion Phobia Exposure Therapy*. *Appl. Sci.* 2024, 14, 10569. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/22/10569>
- Hernández, L., & Pérez, M. (2021). *Entornos inmersivos para la enseñanza de la química: experiencias con estudiantes de nivel medio superior*. *Revista Educación Química*, 32(2), 145–156. Obtenido de <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/777>
- Hu-Au, E. (2024). *Learning Abstract Chemistry Concepts with Virtual Reality: An Experimental Study Using a VR Chemistry Lab and Molecule Simulation*. *Electronics*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/electronics13163197>
- Lina Mazo, & Arce, L. D. (2022). *Revista Estudios Psicológicos*. Obtenido de <https://estudiospsicologicos.com/index.php/rep/article/view/40/73>
- Makransky, G. &. (2022). *Benefits of taking a virtual field trip in immersive virtual reality: Evidence for the immersion principle in multimedia learning*. *Educational Psychology Review*, 34(4), 1771–1798. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-022-09675-4>
- Martín-Gutiérrez, J. &. (2024). *Virtual reality and gamification in education: A systematic review*. *Educational Technology Research and Development*, 72(3), 411–430. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>
- Nsabayezu, E., Iyamuremye, A., Nungu, L., Mukiza, J., & Niyongabo, F. (2023). *Online Periodic Table of Elements to Support Students' Learning of Trends in Properties of Chemical Elements*. Obtenido de *Education and Information Technologies*.: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11650-7>
- PubChem. (2025). *PubChem*. Obtenido de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/periodic-table/#view=table>
- Qorbani, S., Dalili, S., Arya, A., & Joslin, C. (2024). *Assessing Learning in an Immersive Virtual Reality: A Curriculum-Based Experiment in Chemistry Education*. *Education Sciences*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/educsci14050476>

RizvanI, A., Luiza, A., & Anna, Y. (2023). *Enhancing Chemistry Education's Relevance*. Obtenido de https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/88/e3sconf_esmgt2023_06013.pdf

Rodríguez, C. A. (2022). *Exploring the effect of virtual reality on learning in general chemistry students with low visual-spatial skills*. *Journal of Chemical Education*, 99(11), 3545–3553. Obtenido de <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00732>

Viitaharju, P., Nieminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J. (2023). *Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises*. *Education for Chemical Engineers*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.06.004>