

Science in 3D. Learning Chemistry by applying augmented reality activities

Romero, L.E PhD, Cholula, J.L. PhD, Rodríguez, B.E MSc,
ITESM, México, romero@tec.mx, jorgeluis.cholula@tec.mx,
ITESM, México, berodrig@tec.mx,

Abstract– The students that are joining the Chemistry course are students from the first semester of college and come from high school with very heterogeneous knowledge and skills.

Usually, their proficiency in the science area's disciplinary skills is very low, being the fact that they possess limited abstraction capacities a central problem because this prevents them from visualizing molecules, phenomena, and microstructures correctly. According to data obtained by the Institutional Effectiveness Department, the average failure rate for this class is near 20%.

This project develops five activities where virtual reality and augmented reality technologies are used as an innovative didactic strategy in the Chemistry course. These activities were applied to pilot and control groups where the results show at a 95% level of confidence that the grades' medians in groups where these technologies were used during class are higher than those in groups with traditional teaching.

Thus, virtual reality and augmented reality experiences, based on content and disciplinary and transversal skills from the Chemistry course managed to help the students get a higher proficiency level in these.

Key words: Augmented reality, Educational Innovation, Higher Education, teaching chemistry, 3D learning.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.499>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

La ciencia en 3D. Aprendizaje de la Química aplicando actividades de realidad aumentada

Science in 3D. Learning Chemistry by applying augmented reality activities

Romero, L.E PhD, Cholula, J.L. PhD, Rodríguez, B.E MSc,
ITESM, México, romero@tec.mx, jorgeluis.cholula@tec.mx,
ITESM, México, berodrig@tec.mx,

RESUMEN

Los estudiantes que ingresan al curso de Química, son alumnos de primer semestre de profesional y llegan provenientes del bachillerato con niveles de habilidades y conocimientos muy heterogéneos.

Normalmente, sus niveles de dominio de las competencias disciplinares del área de ciencias son muy bajos siendo un problema central el que poseen capacidades de abstracción muy limitadas que les impiden visualizar correctamente moléculas, fenómenos y microestructuras. Según datos del departamento de Efectividad Institucional, el índice de reprobación promedio para esta clase está cercano al 20%.

El presente proyecto desarrolla 5 actividades donde se utiliza de la tecnología de realidad virtual y realidad aumentada como estrategia didáctica innovadora dentro del curso de Química. Estas actividades fueron aplicadas a grupos pilotos y grupos de control donde los resultados indican que al nivel de confianza del 95% que las medianas de las calificaciones en los grupos impartidos con estas tecnologías son superiores a las medianas de las calificaciones de grupos con enseñanza tradicional.

De esta manera las experiencias de realidad virtual y realidad aumentada, basadas en contenidos y competencias disciplinares y transversales del curso de Química lograron que el alumno obtuviera un mayor nivel de dominio de los mismos.

Palabras clave: Realidad aumentada, Innovación educativa, educación superior, enseñanza de la Química, aprendizaje 3D.

ABSTRACT

The students that are joining the Chemistry course are students from the first semester of college and come from high school with very heterogeneous knowledge and skills.

Usually, their proficiency in the science area's disciplinary skills is very low, being the fact that they possess limited abstraction capacities a central problem because this prevents them from visualizing molecules, phenomena, and microstructures correctly. According to data obtained by the Institutional Effectiveness Department, the average failure rate for this class is near 20%.

This project develops five activities where virtual reality and augmented reality technologies are used as an innovative didactic strategy in the Chemistry course. These activities were applied to pilot and control groups where the results show at a 95% level of confidence that the grades' medians in groups where these technologies were used during class are higher than those in groups with traditional teaching.

Thus, virtual reality and augmented reality experiences, based on content and disciplinary and transversal skills from the Chemistry course managed to help the students get a higher proficiency level in these.

Key words: Augmented reality, Educational Innovation, Higher Education, teaching chemistry, 3D learning.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.6;> ;
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la Química se requieren profesionales que desarrollen habilidades de pensamiento, de actitudes y de procedimientos propios del trabajo científico, como el pensamiento crítico, la capacidad de análisis y de abstracción, además de actitudes como el cuestionamiento y la creatividad, mismas que deben ser desarrolladas por las universidades.

El desarrollo de estas competencias en nuestros alumnos de Química que llegan del nivel bachillerato, se basa en un aprendizaje tradicional donde el profesor imparte cátedra y evalúa a los alumnos con un examen. En este modelo, el estudiante se limita a memorizar los conceptos vistos en clase sin llegar al nivel de dominio óptimo de los contenidos. Tratando de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, proponemos un nuevo modelo que implemente estrategias innovadoras para la construcción activa del conocimiento y el logro de un aprendizaje significativo.

Está comprobado que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) constituyen herramientas muy valiosas en la educación. La Realidad aumentada (RA) por ejemplo, es una tecnología que combina ambientes reales con información digital ampliando la comprensión de temas abstractos como los revisados en los cursos de Química. El uso de este tipo de tecnología permite al alumno visualizar en 3D los contenidos complejos del curso, enriqueciendo la interiorización de los mismos

2. DESARROLLO

En la actualidad todos los cursos de Química del ITESM se imparten de manera tradicional, utilizando una plataforma tecnológica Blackboard y otros recursos tecnológicos para resolución de problemas. Estos recursos no son suficientes para facilitarle a los alumnos la comprensión de los contenidos, algunos temas resultan muy abstractos para el estudiante y esto afecta su rendimiento académico, disminuyendo el compromiso e interés del alumno por aprender y aumentando la dificultad para desarrollar las competencias transversales y disciplinares que se pretenden desarrollar.

Gualguan, G.L.(5) indica en su investigación, que el gran reto para que el cambio a los nuevos modelos educativos centrados en el alumno logren tener éxito, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) Modificar un ambiente generalizado de apatía y desinterés por parte de los alumnos, quienes solo

esperan pasivamente la actuación del profesor a la hora de la clase.

b) Propiciar el aprendizaje no solo conocimientos sino también de valores y buenos hábitos.

c) Evitar las clases rutinarias donde el maestro solo expone, o dicta, y cree que enseñar solo significa “dar” información.

La implementación de actividades que integran RA como se propone en el proyecto, permitirá estimular la percepción en 3D y ayudará a la comprensión de los conceptos abstractos y a la asimilación de la información, de forma intuitiva, amena y práctica, pasando de la memorización a un modelo de comprensión y asimilación de conceptos. Con esto, se tiene como objetivo el mejorar el desempeño académico estudiantil y desarrollar las competencias declaradas para el curso de una forma integral, ya que a través de la visualización en 3D los alumnos pueden profundizar en el desarrollo de competencias del curso, tales como la capacidad de análisis, síntesis, observación, y de objetividad; así como desarrollar actitudes como el cuestionamiento, la curiosidad y la creatividad.

2.1 MARCO TEÓRICO

El uso de tecnología en la educación es una tendencia global actual que nos obliga a estar a la vanguardia. La Realidad Aumentada (RA) representa un concepto interactivo innovador que resulta interesante y atractivo para los estudiantes y promueve sus habilidades cognitivas espaciales. Por RA se entiende la combinación de ambientes reales, a los que se incorpora información en formato digital para ampliar lo que nuestros sentidos captan sobre situaciones reales. Se puede visualizar en una pantalla donde se mezclan la realidad captada por una cámara y la información virtual creada previamente (7).

La herramienta tecnológica RA fue probada en una escuela secundaria en Shenzhen, China en 2014 y los resultados mostraron un efecto positivo en el aprendizaje de la Química. Conceptos abstractos como moléculas, átomos y cantidad de sustancia son la base de más aprendizaje sobre reacciones, productos químicos y química orgánica (3).

Singhal et al.(11) utilizaron sistemas de RA para resolver el problema, que observaron en los estudiantes, para aprender y comprender las estructuras moleculares. Problema que se atribuye a falta de habilidad para visualizar cómo están distribuidos en el espacio los átomos de una molécula.

En el año 2017 Martínez et al.(6) reportaron el uso de Modelos de RA aplicados a la enseñanza de la Química en la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, utilizados para el estudio de compuestos químicos, orbitales y estructuras cristalinas. Los resultados indican que la RA contribuyó a la comprensión de los contenidos y a motivar el interés de los estudiantes por la asignatura.

Nachairit y Srisawasdi (8) realizaron una exploración para investigar la correlación entre la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la Química y su percepción hacia la RA. El resultado reportado fue que independientemente de que a los estudiantes les guste o no les guste aprender Química, tienen una percepción positiva hacia el uso de esta tecnología dentro de la enseñanza educativa.

Sánchez et al.(10) reportan haber implementado una estrategia de enseñanza utilizando el recurso de realidad aumentada (RA) en el curso de Física II del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ellos mencionan como posible causa del resultado positivo, la ventaja que ofrece este espacio virtual para la visualización de los objetos físicos y matemáticos.

Por otro lado, Flores et al.(4) presentan la Realidad virtual (RV) como una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería que les permite involucrarse de manera multisensorial en ambientes virtuales donde pueden experimentar hasta que desarrollen las habilidades y destrezas necesarias que les permitan actuar en situaciones reales futuras.

Rosenblum y Cross (9) indican tres aspectos vinculados a cualquier sistema de RA: inmersión, interacción y realismo visual para el alumno.

La inmersión se crea rodeando al usuario con tecnologías y dispositivos virtuales (12), como gafas virtuales, guantes con sensores de movimiento, HMD, sonido envolvente y cualquier otro elemento que genere estímulos sensoriales o sensores que permitan al alumno interactuar con un entorno virtual como en un entorno real. De esta manera, las tecnologías de realidad virtual (RV) simulan la presencia física del estudiante en un entorno virtual, que se clasifica como sensorio-motor, cognitivo y emocional (9),(1).

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Déficit en las competencias disciplinares del alumno: Los estudiantes que ingresan al curso de

Química Q1001, son alumnos de primer semestre de profesional y llegan provenientes del bachillerato con niveles de habilidades y conocimientos muy heterogéneos.

Normalmente, sus niveles de dominio de las competencias disciplinares del área de ciencias son muy bajos por lo que no solo se tiene que subsanar ese déficit, sino que también tienen que adquirir las nuevas competencias disciplinares de profesional y superar las dificultades en lo que se refiere a sus capacidades de comprensión y retención de conocimientos relevantes para el curso de Química. Aunado a lo anterior, un problema central es que poseen capacidades de abstracción muy limitadas que les impiden visualizar correctamente moléculas, fenómenos y microestructuras lo cual dificulta el aprendizaje de la Química. Según datos del departamento de Efectividad Institucional, el índice de reprobación promedio para esta clase está cercano al 20%.

2.3 MÉTODO

Se trabajó con tres grupos piloto formados con un total de 97 alumnos de primer semestre de profesional, del ITESM del campus Monterrey de la materia de Química. Los resultados fueron comparados con grupos control equivalentes impartidos en forma tradicional sin el uso de estas tecnologías. El proyecto se llevó a cabo derivado del apoyo de una convocatoria interna de innovación educativa del ITESM llamada NOVUS. Se diseñaron actividades de realidad virtual y realidad aumentada que se aplicaron a grupos piloto para los cursos de Química. Partimos de dos hipótesis iniciales:

1. La hipótesis nula es que no hay diferencia entre las medianas de las calificaciones finales con proyecto Novus y sin Novus.

2. La hipótesis alternativa es que las medianas de las calificaciones con Novus son superiores a las medianas de las calificaciones sin Novus.

Para evaluar los resultados se tomarán como datos las calificaciones finales obtenidas, las cuáles serán evaluadas estadísticamente para comprobar si existe una mayor comprensión de los temas cubiertos en el curso y al desarrollo de competencias disciplinares y transversales en los grupos piloto que cursarán Química con RA (NOVUS) comparado con el obtenido por grupos en modalidad tradicional (SIN NOVUS). Este modelo se podrá replicar a otros grupos de ciencias.

2.4 Resultados

Se lograron diseñar 5 actividades con tecnología las que se describen a continuación:

Actividad 1 Estructura y configuración electrónica del átomo. Esta actividad se basa en la comprensión de los efectos negativos de metales pesados contenidos en gasolina para el medio ambiente y de la comprensión de la estructura y configuración electrónica de un átomo apoyados en la revisión de las presentaciones en realidad virtual “Atom Structure”, “Make your atom”, “Electron orbitals”, “Orbitals names”, “Isotopes” y “Electron configuration” del software Mel Chemistry® instalado en un equipo Oculus Go®.

Actividad 2 Tabla periódica. La actividad 2 requiere elaborar un documento argumentativo con los siguientes contenidos: El papel perjudicial del azufre en las gasolinas.

Para lo cual se lleva a cabo una revisión de las presentaciones en realidad virtual "Tamaño de átomo", "Tendencias de tamaño del átomo" del software y equipos descritos.

Actividad 3 Estructura de Lewis y enlaces. La actividad 3 requiere elaborar un documento argumentativo con los siguientes contenidos:

a) Fórmula de los siguientes hidrocarburos presentes en las gasolinas: metano, n-butano, n-octano y benceno.

b) Características fisicoquímicas y efectos nocivos a la salud y al medio ambiente, de los hidrocarburos mencionados en el inciso anterior.

c) Revisar los videos de realidad virtual de "Covalent bonds", "Ionic bond" y “Covalent bond in H₂” para identificar el tipo de enlaces.

Actividad 4 Geometría, polaridad e interacciones moleculares. La actividad 4 requiere contestar un ejercicio colaborativo basándose en la revisión de las moléculas en realidad aumentada en los paquetes App art3D®Tec y ARVR Molecule editor de acuerdo a los ejercicios prácticos que a continuación se describen:

1. Para las siguientes sustancias: KBr, H₂O, CO₂, SO₂, BF₃, CCl₄, BrF₅, PCl₅, SF₆ y PH₃.

a) Dibuja el diagrama de Lewis

b) Determina el tipo de enlaces entre sus átomos.

c) Define la Geometría electrónica y molecular apoyándose con Realidad Aumentada.

d) Explica las interacciones intermoleculares entre ellas mismas, para cada una de las sustancias.

e) Predice su estado físico a condiciones ambientales basándose en su masa molar y las fuerzas que las mantienen unidas.

Actividad 5 Sólidos - Estructura cristalina La actividad 5 requiere contestar un ejercicio colaborativo que incluye los subtemas de: clasificación de los sólidos, sistemas cristalinos cúbico y hexagonal, alotropía y polimorfismo.

Para lo cual el alumno tiene que revisar las presentaciones en realidad virtual “Atoms in Solids” del software Mel Chemistry® instalado en un equipo Oculus Go® y contestar el ejercicio.

Pruebas estadísticas. Se llevaron a cabo 5 grupos pilotos, 3 con la innovación tecnológica NOVUS (97 alumnos) y dos grupos sin la innovación tecnológica (64 alumnos) con los siguientes resultados:

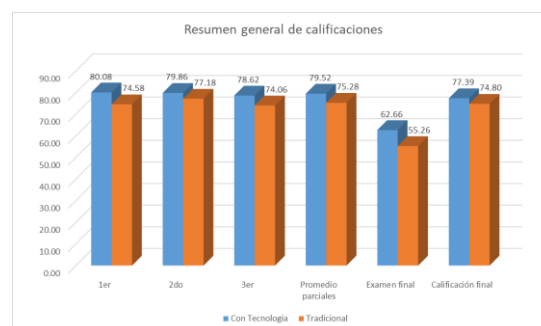
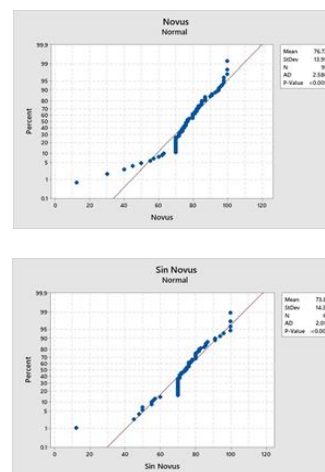


Figura 1: Resumen general de calificaciones de alumnos que llevaron el curso con Tecnología y de forma tradicional.

Prueba de normalidad. Se corrió un análisis estadístico con el paquete MINITAB® con los siguientes resultados:

De acuerdo a la Tabla 1 donde se muestran los resultados de la prueba de normalidad, tanto los resultados de la población con NOVUS (con tecnología) y sin NOVUS, se muestra que los datos no son normales.

Tabla 1. Estudio estadístico de Normalidad para las poblaciones a) Con NOVUS, b) Sin NOVUS



Prueba de hipótesis

Se realizó una prueba de hipótesis sobre los resultados obtenidos con Novus contra los resultados sin Novus.

Dado que los datos no son normales, se optó por una prueba no paramétrica sobre las medianas. Se seleccionó la prueba Mann-Whitney que determina si existe una diferencia entre las medianas de dos grupos de datos cuyas distribuciones son similares.

La hipótesis nula es que no hay diferencia entre las medianas de las calificaciones con Novus y sin Novus.

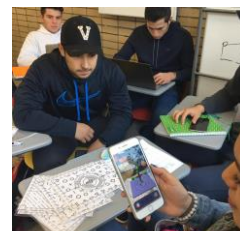
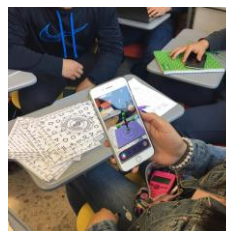
La hipótesis alternativa es que las medianas de las calificaciones con Novus son superiores a las medianas de las calificaciones sin Novus.

Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Prueba Mann-Whitney con Novus y sin Novus.

Método η_1 : median of Novus η_2 : median of Sin Novus Difference: $\eta_1 - \eta_2$	Estadística descriptiva <table><tr><th>Sample</th><th>N</th><th>Median</th></tr><tr><td>Novus</td><td>97</td><td>77</td></tr><tr><td>Sin Novus</td><td>67</td><td>74</td></tr></table>	Sample	N	Median	Novus	97	77	Sin Novus	67	74						
Sample	N	Median														
Novus	97	77														
Sin Novus	67	74														
Estimación de diferencia <table><tr><th>Difference</th><th>Lower Bound for Difference</th><th>Achieved Confidence</th></tr><tr><td>2</td><td>-0.0000000</td><td>95.01%</td></tr></table>	Difference	Lower Bound for Difference	Achieved Confidence	2	-0.0000000	95.01%	Prueba <p>Null hypothesis $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$ Alternative hypothesis $H_1: \eta_1 - \eta_2 > 0$</p> <table><tr><th>Method</th><th>W-Value</th><th>P-Value</th></tr><tr><td>Not adjusted for ties</td><td>8514.50</td><td>0.044</td></tr><tr><td>Adjusted for ties</td><td>8514.50</td><td>0.043</td></tr></table>	Method	W-Value	P-Value	Not adjusted for ties	8514.50	0.044	Adjusted for ties	8514.50	0.043
Difference	Lower Bound for Difference	Achieved Confidence														
2	-0.0000000	95.01%														
Method	W-Value	P-Value														
Not adjusted for ties	8514.50	0.044														
Adjusted for ties	8514.50	0.043														

Evidencia Gráfica de Realidad Aumentada y Realidad Virtual



2.5 DISCUSIÓN

Los resultados indican que al nivel de confianza del 95% la hipótesis nula se rechaza (valor $p = 0.04$ menor al valor de $\alpha = 0.05$). Lo que indica que las medianas de las calificaciones no son iguales.

Por lo tanto, la hipótesis alternativa se toma como verdadera, lo que significa que las medianas de las calificaciones con Novus son superiores a las medianas de las calificaciones sin Novus.

Las experiencias de realidad virtual y realidad aumentada, basadas en contenidos y competencias disciplinares y transversales del curso de Química lograron que el alumno obtuviera un mayor nivel de dominio de los mismos.

3. CONCLUSIONES

Se diseñaron 5 actividades de realidad virtual y realidad aumentada para el curso Q1001.

Al comprobar estadísticamente que la hipótesis alternativa es la verdadera, se prueba que la Tecnología implementada en el proyecto NOVUS La ciencia en 3D, incide positivamente en el rendimiento académico estudiantil del curso de Química Q1001 constituyendo un modelo innovador para el aprendizaje de la Química.

Referencias

- Benford, S., Greenhalgh, C., Reynard, G., Brown, C., & Koleva, B. (1998). Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 5(3), 185–223.

- (2) Björk, S., Holopainen, J. (2004). Patterns in Game Design. Charles River Media, Boston, MA.
- (3) Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. (2014, mayo 10). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, pp. 31-40.
- (4) Flores, J., Camarena, P., & Avalos, E. (2014, octubre). La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería. *Apertura*, 6 (2), pp.1-13.
- (5) Gualguan G. (2013). Causas del bajo rendimiento en las áreas de Ciencias Sociales, Ciencias Naturales Y Matemáticas. Universidad católica de Manizales. Facultad de educación San Pablo, Colombia.
- (6) Martínez, H., García, A., & Escalona, J. (2017, enero). Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario. *Revista Cubana de Química*, 29 (1), pp. 13-25.
- (7) Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J.M., & Gallardo, F. (2014, noviembre 18). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26 (2), pp. 94-99.
- (8) Nachairit, A., & Srisawasdi, N. (2015). Using Mobile Augmented Reality for Chemistry Learning of Acid-base Titration: Correlation between Motivation and Perception. *Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education*. China: Asia-Pacific Society for Computers in Education. pp. 519-528.
- (9) Rosembaum L. J. Cross R. A. (1997). The challenge of virtual reality. In W. R. Earnshaw, J. Vince, H. Jones (Eds.), *Visualization & Modeling* (pp. 325–399). San Diego, CA: Academic Press.
- (10) Sánchez, R., Ramírez, J., Parroquín, P., Flores, S., Chávez J., González, M.D., & Carrillo, V.. (2014). Colección Reportes Técnicos de Investigación. "Realidad Aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física". Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 1era ed. Vol. 19 Ed. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, pp. 1-41.
- (11) Singhal, S., Bagga, S., Goyal, P., & Saxena, V. (2012, julio 20). Augmented Chemistry: Interactive Education System. *International Journal of Computer Applications*, 49 (15), pp. 1-5.
- (12) Wu, F., Liu, Z., Wang, J., & Zhao, Y. (2015, March). Establishment virtual maintenance environment based on VIRTTOOLS to effectively enhance the sense of immersion of teaching equipment. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Education Technology, Management and Humanities Science (ETMHS 2015)*. Atlantis Press.

Reconocimientos

Los autores desean agradecer el apoyo financiero de Writing Lab, TecLabs, Novus, Tecnológico de Monterrey, México, en la producción de este trabajo ".