

APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA ELABORACIÓN DE EXPERIMENTOS DE QUIMICA COMO HERRAMIENTA DE APOYO EN LA ENSEÑANZA DE SUS REACCIONES

Jimmy Alexander Muños Gutiérrez, Estudiante Ingeniería de Sistemas Universidad de Cundinamarca

David Stiven Valdes Julio, Estudiante Ingeniería de Sistemas Universidad de Cundinamarca

Asesor: ING. ESP. Edison Gustavo Cañon Varela

RESUMEN

En el presente documento se abarca la problemática sobre las dificultades en la apropiación de conocimientos en química adquiridos en la etapa del colegio, ya que se pueden observar falencias en los resultados obtenidos en las pruebas PISA 2015 y un bajo rendimiento en las pruebas ICFES correspondiente en el área de química.

Es por esto, que se plantea el desarrollo de un aplicativo de realidad aumentada diseñado para dar apoyo a los profesores en la enseñanza de temáticas tales como los tipos de reacciones químicas según su organización; siendo una herramienta de ayuda en los procesos de elaboración de laboratorios en ambientes seguros para los estudiantes.

La realidad aumentada permite disponer de una visión diferente de la realidad. Consiste en la combinación de elementos virtuales con objetos de un ambiente real, formando figuras en tercera dimensión para ser visualizadas en la combinación que emerge entre estos dos ambientes para crear uno solo, generando nuevas experiencias, didácticas e interactivas.

Por lo tanto, este aplicativo sigue la metodología Agile RUP (Rational Unified Process). Cuyo objetivo es asegurar la producción de un software de calidad con un límite de tiempo y un presupuesto corto para la finalización del proyecto, gestionado pruebas de integración y comportamiento del aplicativo para garantizar un software estable y de calidad.

Finalmente, ARChemistry acercar a los docentes con los estudiantes por medio de prácticas en ambientes virtuales desarrollando diferentes reacciones químicas, generando clases más interactivas para lograr que el alumno aprenda por medio del apoyo de este aplicativo.

Palabras clave: Agile RUP; aplicativo; calidad del software; enseñanza interactiva; enseñanza intuitiva; pruebas de comportamiento; realidad aumentada.

ABSTRACT

This document covers the problem about the difficulties in the appropriation of knowledge in chemistry acquired at the school stage since there are flaws in the results obtained in the 2015 PISA tests and low performance in the corresponding ICFES tests in the chemistry area.

For this reason, the development of an augmented reality application designed to support teachers in teaching topics such as the types of chemical reactions according to their organization is proposed; being a tool of help in the elaboration processes of laboratories in safe environments for students.

Augmented reality allows you to have a different view of reality. It consists of the combination of virtual elements with objects of a real environment, forming figures in the third dimension to be visualized in the combination that emerges between these two environments to create one, generating new experiences, didactic and interactive.

Therefore, this application follows the Agile RUP (Rational Unified Process) methodology. Whose objective is to ensure the production of quality software with a time limit and a short budget for the completion of the project, managed integration tests and application behavior to ensure stable and quality software.

Finally, ARChem approach teachers with students through internships in virtual environments by developing different chemical reactions, generating more interactive classes to get the student to learn through the support of this application.

Keywords: Agile RUP; applicative; software quality; interactive teaching; intuitive teaching; behavioral tests; augmented reality.

INTRODUCCIÓN

La química es una de las ramas de la ciencia que agrupa gran acumulación de información abstracta y compleja, lo cual dificulta la apreciación y comprensión de temáticas en su enseñanza, ocasionando deficiencia en el desarrollo de habilidades científicas.

Una de las dificultades de la comprensión e interpretación de la química es la falta de instalaciones, equipos y material adecuado para el desarrollo de prácticas de laboratorios, dificultando la apreciación de los conocimientos aprendidos en clase; es por esto, que se busca la creación de una aplicación de realidad aumentada que sirva como apoyo en la enseñanza de los tipos de reacciones químicas, en el proceso de elaboración de experimentos en el cual los estudiantes apliquen su conocimiento y fortalezcan sus habilidades científicas mediante la interacción con el aplicativo.

Para el desarrollo de este proyecto se pretende utilizar la metodología Agile RUP “AUP”, la cual asegura la producción de un software de alta calidad en un tiempo límite y con un presupuesto corto. Esta metodología es una simplificación de Proceso Unificado Racional (RUP), el cual usa las fases de RUP de forma más simple, disminuyendo los factores de tiempo y de desarrollo mediante la simplificación de las disciplinas.

La realidad aumentada como herramienta que combina simultáneamente el mundo real con el digital, a través de software, una cámara y una pantalla, facilita las interacciones de los estudiantes al conocimiento y aprendizaje de manera secuencial y contextual, mediante la interactividad en un ambiente generado a partir de simulación del entorno a estudiar y mecanismos que demuestre de forma virtual un ecosistema práctico para el desarrollo de actividades.

Johnson, et al. (2010) afirman, “la realidad aumentada tiene mucho potencial para facilitar experiencias poderosas y contextuales, experiencias de aprendizaje en un lugar dado, así como la exploración no planificada y el descubrimiento de la naturaleza conectada de la información en el mundo real” (p. 21).

Con base en lo anterior se escoge la realidad aumentada como herramienta en el desarrollo de la aplicación, puesto que esta tecnología busca potenciar la actividad de los usuarios con el medio que los rodea, facilitando la interacción e involucración del usuario en un ambiente generado de forma virtual.

El aplicativo de realidad aumentada está basado en el nivel uno de realidad aumentada el cual utiliza marcadores o targets para el reconocimiento del entorno, patrones y la generación del ecosistema en tercera dimensión, proporcionando una mayor integración en la aplicación; Además en cuanto a los tipos de reacciones químicas la aplicación se enfocó en las reacciones según la organización de los átomos, ya que estas son las primeras reacciones enseñadas en la educación básica secundaria y media, las cuales demuestran de forma sencilla como los reactivos se vuelven productos a partir de la ruptura de los enlaces o la formación de nuevos.

Las reacciones químicas son procesos en el que una o varias sustancias se transforman en otra u otras, distintas de las iniciales, en la cual se rompen o forman enlaces químicos entre los átomos (Herrero, Cervera, & Educación, 2018, p.127).

Un reactivo: es la sustancia que inicia la reacción química.

El producto: es el resultado de la reacción química.

Por consiguiente, se implementa un aplicativo de realidad aumentada, que sirve como herramienta de apoyo en la enseñanza de los tipos de reacciones químicas según la organización de los átomos, a partir de la elaboración de experimentos que muestran a los estudiantes de noveno grado de bachillerato cinco tipos de reacciones químicas.

Por lo tanto, el aplicativo involucra las siguientes reacciones químicas: síntesis, descomposición, desplazamiento, doble desplazamiento y redox que corresponden a las reacciones según la organización de los átomos; Además, en cada una de estas se encuentra asociado dos experimentos para su elaboración y demostración del producto o reacción química resultante, buscando que los estudiantes comprendan, analicen, entiendan, aprendan e interactúen mediante la elaboración de experimentos y se evalúe los conocimientos adquiridos en clase, llevando un registro y seguimiento de las actividades con el apoyo del docente.

Es por esta razón, que se presenta una herramienta de apoyo para una enseñanza organizada y sistematizada con el fin de abordar y resolver la falta de recursos e implementos químicos en la enseñanza de las reacciones químicas por medio de experimentos, mejorando gradualmente el aprendizaje de los estudiantes en cuestión de química, como dice Nakamatsu J. (2012) “Una manera de exponer al estudiante a una situación en la que tenga que observar un hecho, analizarlo, extraer deducciones y contrastarlas con su propio conocimiento es sin duda mediante la experimentación directa en un laboratorio” (p. 43).

El desarrollo del aplicativo satisface la necesidad de contar con una herramienta que proporcione apoyo en la elaboración de prácticas mediante experimentos que fortalecen la integración e interactividad de los estudiantes ya que estos solamente necesitan de un computador con webcam y los targets o marcadores de iteración. Además, el software proporciona un ambiente de aprendizaje fértil, seguro y de bajo costo que proporciona un complemento en la enseñanza del docente.

De manera que, el proyecto se enmarca en un modelo pedagógico de clase invertida, el cual consiste en complementar el aprendizaje de los estudiantes de una forma autónoma, mediante videos y/o accediendo a recursos interactivos, mientras que el tiempo en clase se enfoca en transmitir y consolidar la información y el aprendizaje adquirido, lo que lleva a una comprensión más profunda de los contenidos.

Por lo tanto, este modelo pedagógico se aplica para el desarrollo de los experimentos de química, ya que se enfoca en la metodología de enseñanza establecida para el aplicativo. La cual consiste en una herramienta de apoyo para los docentes en la que se apliquen los conocimientos adquiridos en clase y mediante el desarrollo de los experimentos de los tipos de

reacciones químicas según la organización de los átomos, los estudiantes prueben sus habilidades en la aplicación de conocimientos e interacción mediante las prácticas.

El aplicativo se desarrolló en el motor de desarrollo unity, el cual es una plataforma que facilita la creación del entorno virtual y su programación orientada a objetos con el lenguaje c#; ayudado y complementado con la librería de realidad aumentada vuforia, ya que es un software robusto y de buen rendimiento en variedad de Hardware. Por lo tanto la combinación e integración de unity conjunto a vuforia generan un buen flujo y estabilidad de trabajo. Por lo cual es la mejor opción dado que ofrece variedad de recursos y herramientas gratuitas para los desarrolladores.

Algunas empresas y trabajos de grado han desarrollado diferentes simuladores, aplicativos y software de realidad aumentada para procesos, reacciones y laboratorios de química. Algunos de estos desarrollos son los siguientes:

HoloLAB Champions: es un videojuego de prácticas de laboratorio en realidad virtual, creado por el instituto de Ciencias de la Educación de EE. UU. y el programa de investigación e innovación para pequeñas empresas (SBIR), este juego busca interactuar y competir de forma segura mediante actividades típicas de un laboratorio manipulando instrumentos virtuales mientras usan gafas de Realidad virtual. (Schell Games, 2018 p.1)

El proyecto MEL Chemistry VR: es un proyecto de 28 lesiones y exámenes enfocado en clases de química a través de realidad virtual, desarrollado con el apoyo de VRMONE y MEL Science, este software tiene como objetivo ayudar a los niños a entender conceptos abstractos como son la diferencia entre los estados de la materia, la estructura de un átomo o lo que es un electrón a partir de las lesiones en realidad virtual y experimentos de forma física. (Mel Science, 2015 p.2)

SuperChem VR: es un proyecto de realidad virtual desarrollado por Schell Games con apoyo de la institución de ciencias de la educación EE. UU. y el programa de investigación e innovación para pequeñas empresas (SBIR), el cual a través de la propiedad inmersiva proporciona un entorno seguro y divertido en el que se aprende sobre química en cuanto a sustancias, equipo de laboratorio y sus usos. Este implemente gafas de realidad virtual y mandos para el desplazamiento. (Schell Games, 2017 p.1)

Rapp Chemistry: Es una aplicación desarrollada para plataforma Android que utiliza Realidad Aumentada; la cual describe los elementos de la tabla periódica. Este busca que el estudiante aprenda la tabla periódica y sus características a través del modelo atómico de Niels Bohr en Tercera Dimensión 3D. (Plata & Bojorquez, 2017 p.1)

Prototipo de Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química: Este prototipo fue diseñado para la enseñanza y aprendizaje (SEA) en ciencias. Este aborda el tema de reactividad en química orgánica y los conceptos principales que se relacionan, está en los estudiantes de segundo año de enseñanza media en el currículo de la educación chilena. Este prototipo se fundamenta en el ciclo de aprendizaje constructivista, el cual consiste en cuatro fases de desarrollo: actividades de exploración, actividades de introducción de nuevas variables, actividades de sistematización y actividades de aplicación. Todos estos orientados hacia el estudiante y el profesor usando marcadores de tipo QR específicos, esta aplicación se encuentra para sistema operativo Windows. (Merino, Pino, Meyer, Garrido, & Gallardo, 2015 p.94)

Finalmente, con base al análisis de la problemática y en aras de buscar una solución óptima del problema se desarrolla una aplicación de realidad aumentada para la elaboración de experimentos de química, que sirve como herramienta de apoyo en la enseñanza de los tipos de

reacciones según la organización de los átomos, para los estudiantes de noveno grado de bachillerato.

MÉTODOS Y MATERIALES

El presente proyecto se planteó para ser desarrollado, siguiendo la metodología Agile RUP denominado como “AUP”. Cuyo objetivo es asegurar la producción de un software de alta y de mayor calidad para satisfacer las necesidades de los usuarios cumpliendo con un límite de tiempo y un presupuesto corto para la finalización completa del desarrollo.

La AUP es una simplificación de la metodología Proceso Unificado Racional (RUP), el cual usa las fases del RUP de forma más simple y fácil de entender para el desarrollo del software, disminuyendo los factores de tiempo y de desarrollo mediante la simplificación de las disciplinas.

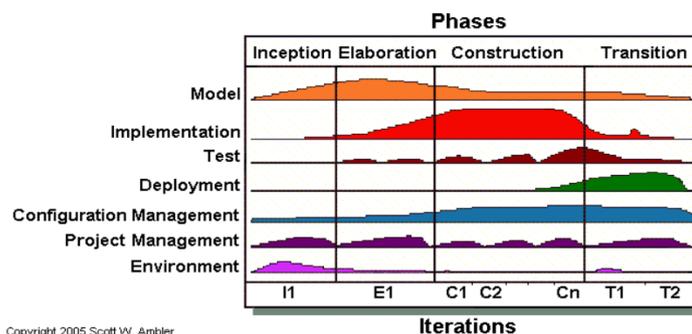


Figura 1 La figura describe el ciclo de vida de la metodología AUP (Scott W, 2005)

Tabla 1 Distribución de esfuerzo y tiempo realizado para el proyecto

	INICIO	ELABORACIÓN	CONSTRUCCIÓN	TRANSICIÓN
Esfuerzo	5%	20%	65%	10%
Tiempo	10%	30%	50%	10%

Anexos 1 La tabla muestra la especificación del esfuerzo versus el tiempo en porcentajes que obtuvimos en la finalización de cada una de las fases de la metodología AUP.

Disciplinas

Tabla 2 Actividades del proyecto

Disciplinas de AUP
Modelo: Comprende la estructura y la dinámica de la organización, comprende los problemas actuales e identifica las posibles mejoras, analizando los procesos del negocio.
Aplicación: Implementa las clases de diseño como componentes, asigna los componentes a los nodos, y gestionar los componentes individualmente y se integran a un sistema ejecutable.
Prueba: Verifica la integración de los componentes, rectifica que todos los requisitos han sido implementados, como disciplina asegura que los defectos detectados han sido resueltos antes de la distribución del software.
Despliegue: Asegura que el producto está preparado para el cliente, para proceder a su entrega y recepción por el cliente. En esta disciplina las actividades de pruebas del software se basan en su entorno final, empaquetamiento, distribución e instalación.

Gestión de configuración: Establece un plan adecuado para gestionar y controlar los cambios a los artefactos que se desarrollan como productos de trabajo del proceso de desarrollo de software.

Gestión de proyecto: Dirección de las actividades que tienen lugar dentro del proyecto. Esto incluye la gestión de riesgos, dirección de las personas y coordinación del personal y sistemas fuera del alcance del proyecto para asegurar que se entrega a tiempo y dentro del presupuesto.

Ambiente: Se enfoca sobre las actividades necesarias para configurar el proceso que engloba el desarrollo de un proyecto y describe las actividades requeridas para el desarrollo de las pautas que apoyan un proyecto. El propósito de esta disciplina es proveer a la organización que desarrollará el software, un ambiente en el cual basarse, el cual provee procesos y herramientas para poder desarrollar el software.

Modelo	Establecimiento de requisitos funcionales del laboratorio.
	Descripción de los parámetros no funcionales del sistema.
	Descripción de los módulos de los experimentos.
	Documentar los casos de uso del sistema.
	Establecimiento de reglas del negocio.
	Desarrollo de diagramas de actividades.
	Diagrama de clases.
	Desarrollo de diagramas de secuencia.
	Desarrollo del modelo de la base de datos para los registros y seguimientos.
Aplicación	Creación de base de datos.
	Creación de objetos en 3D.
	Creación de Shaders.
	Programación de máquinas de estado y animaciones.
	Programación de targets y su detección.
	Creación de interfaz gráfica.
	Conexión con Base de datos.
	Conexión entre escenarios “módulos”
Prueba	Desarrollo de pruebas de caja blanca.
	Desarrollo de pruebas de caja negra.
Despliegue	Integración de interfaz de usuario.
Gestión de configuración	Desarrollo del seguimiento al proyecto y versiones.
Gestión de proyecto	Desarrollo del cronograma establecido.

Ambiente	Gestión de desarrollo de los componentes de hardware y software que se usaran.
-----------------	--

Anexos 2 La tabla muestra las actividades que se desean realizar según las disciplinas establecida por la metodología AUP

Los modelados de los objetos son desarrollados por medio de la suite de creación 3D gratuita y de código abierto Blender 2019, ya que admite la totalidad de la canalización 3D: modelado, aparejo, animación, simulación, renderizado, composición y seguimiento de movimiento, incluso edición de video y creación de videojuegos. Los usuarios avanzados emplean la API de Blender para secuencias de comandos Python para personalizar la aplicación y escribir herramientas especializadas; a menudo, estos se incluyen en las futuras versiones de Blender.

Como gestor de base de datos se implementa y da uso del sistema de base de datos SQLite, ya que es un sistema de gestor de base de datos o SGBD. Este gestor de base de datos en multihilo y multiusuario, lo que le permite ser utilizado por varias personas al mismo tiempo, e incluso, realizar varias consultas a la vez, lo que lo hace sumamente versátil.

Finalmente, el aplicativo de escritorio se desarrolló por medio de Unity3D como plataforma para la integración y programación del aplicativo, ya que unity es un motor grafico 3D para PC y Mac que viene empaquetado como una herramienta para crear videojuegos, simuladores, aplicaciones interactivas, aplicativos de escritorio, visualizaciones y animaciones en 3D en tiempo real. (EcuRed, 2015)

Diagramación

Como diagramación del software, se desarrolló como primera opción la documentación de los requisitos necesarios del sistema, para lo cual se realizó un análisis de las funcionalidades principales del aplicativo y sus características necesarias para la función y operabilidad del software:

Requisitos funcionales:

Se describen las actividades de los requisitos funcionales del aplicativo, definiendo su comportamiento frente a las acciones ejecutadas por el usuario. En la figura 2, se observa un diagrama con las funcionalidades que cumple el aplicativo.

Dichas funcionalidades se sub-dividen para especificar más detalladamente el proceso por el cual el aplicativo le responde al usuario, además, se muestra la sub-división de los requisitos por usuarios (Estudiante, Docente, Administrados), a continuación, se presenta los requisitos funcionales del aplicativo:

- Requisitos funcionales**

 - + RF01 Registrarse
 - + RF02 Iniciar sesion
 - + RF03 Recuperar contraseña
 - + RF04 Comenzar
 - + RF05 Instrucciones
 - + RF06 Editar perfiles
 - + RF07 Consultar resultados
 - + RF08 Intrucciones de los laboratorios
 - + RF09 Cerrar sesion
 - + RF010 Salir

Figura 2 Requisito funcional del aplicativo, elaboración propia

Requisitos no funcionales:

Los requisitos no funcionales, representan las características y restricciones generales en el diseño del aplicativo, estos requisitos se basan en las funcionalidades que no están directamente relacionadas con el desarrollo enfocados en mostrar un producto atractivo, usable, confiable y seguro. Dichos requisitos no funcionales se resaltan en la figura 3.

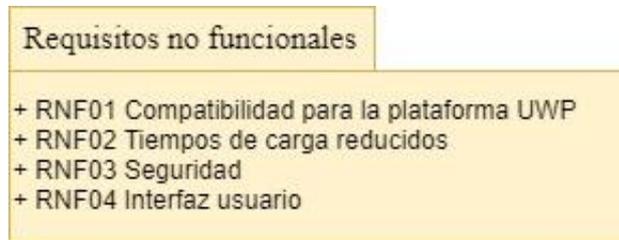


Figura 3 Requisito no funcional del aplicativo, elaboración propia.

Reglas de negocio:

Las reglas del negocio del software se desarrollan con la finalidad de establecer una estructura que limite el comportamiento de los actores del negocio, dicho de otra manera, las reglas del negocio tienen la finalidad de establecer normativas acordadas por el usuario y el desarrollador, dichas normativas o reglas establecidas para el aplicativo son las siguientes: disponibilidad del aplicativo y uso de archivos multimedia, tal y como se aprecia en la figura 4.

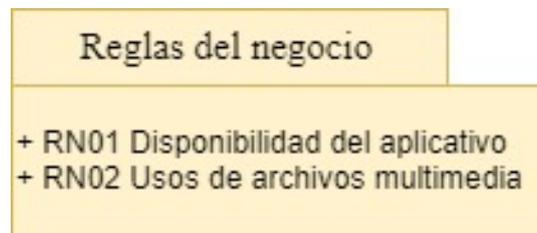


Figura 4 Reglas del negocio del aplicativo, elaboración propia.

Cronograma:

El cronograma se define y fija cada uno de los tiempos y fechas de entrega de todas las actividades planteadas en fases específicas en la metodología de desarrollo ágil RUP, es importante resaltar que el cronograma se genera para gestionar de mejor manera el tiempo y finalizar con la entrega de un producto completo en el límite de tiempo establecido. Dicho cronograma se evidencia en la siguiente figura:

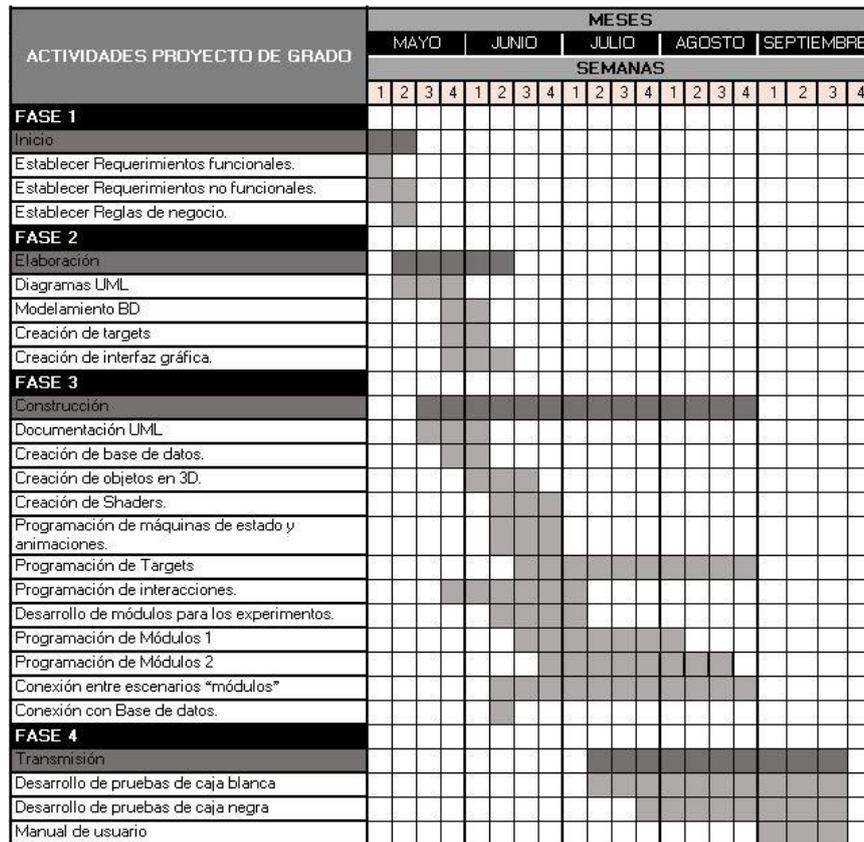


Figura 5 Cronograma de actividades y entregas de los hitos, elaboración propia.

Casos de uso:

La creación de los casos de uso por cada uno de los requisitos necesarios para el aplicativo, en la siguiente tabla se evidencia el caso de uso principal del sistema, el cual es el registro de nuevos usuarios, dicho caso de uso se resalta en la tabla 7:

Tabla 3 Tabla de registro de usuarios nuevos

Caso de Uso: CU01 Registro de usuario	
Actor: Usuario	
Descripción de los procesos	Alternativas
El usuario diligencia los campos con sus credenciales en el formulario de registro.	El sistema responde con una advertencia en caso de falta de información en los campos obligatorios del registro.
El usuario diligencia la contraseña y su campo para la comparación y validación de coincidencia.	El sistema responde con una advertencia en caso de que las contraseñas no coincidan.
El usuario pulsa el botón registrar.	El sistema responde con un mensaje informativo en caso de que los datos estén correctamente diligenciados, informando la creación exitosa del nuevo usuario.
Comentarios	
El usuario nuevo se registra con sus correspondientes datos en los campos, después de un registro correcto, se crea un nuevo usuario en la base de datos del videojuego.	

Diagrama de actividades:

Los diagramas de actividades son los procesos que realiza el software pasando desde el procedimiento que realiza el usuario hasta el resultado que proporciona el aplicativo. Estos diagramas se desarrollan por medio de los casos de usos anteriormente mencionados. En la figura 6 se evidencia el diagrama de actividades:

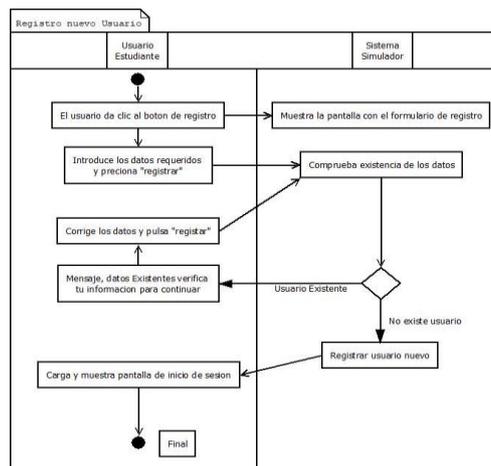


Figura 6 Diagrama de actividades del caso de uso registro de usuarios nuevos, elaboración propia.

Diagrama de secuencias:

Los diagramas de secuencias se desarrollan y diseñan para verificar la respuesta que da el aplicativo respecto al proceso que hace el usuario presentándole ya sea mensajes o respuesta de una nueva interfaz. Dicho proceso se evidencia en la figura 7:

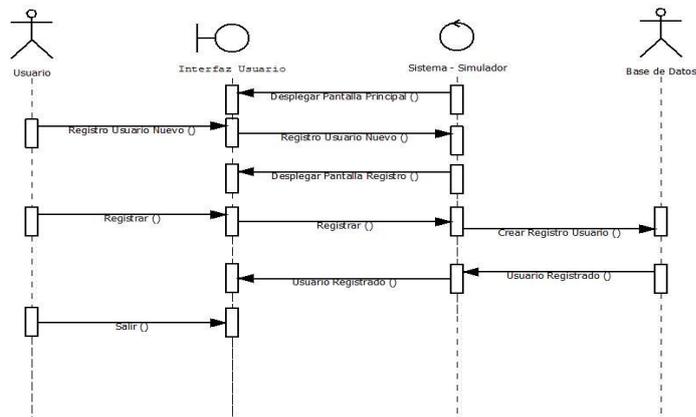


Figura 7 Diagrama de secuencias del aplicativo, elaboración propia.

Interfaz de usuario:

La interfaz de usuario para el aplicativo se evidencia en la figura 8. Dicha interfaz proporciona diferentes procesos y acciones que el usuario puede realizar con el aplicativo:

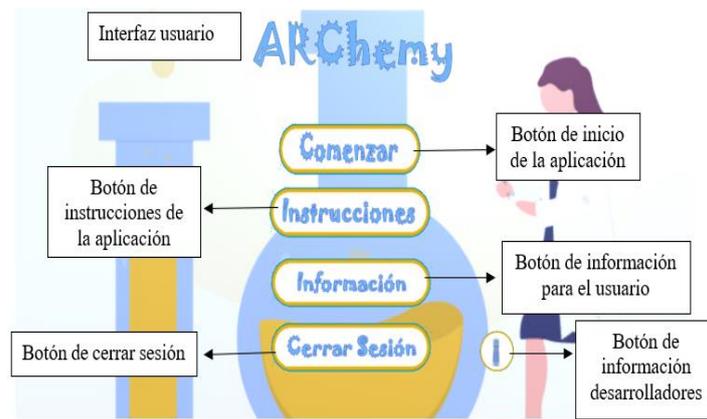


Figura 8 Interfaz de usuario en el aplicativo, elaboración propia.

Diagrama y diseño de los targets:

Los targets o marcadores del software son diseñados para poder ejecutar y realizar cada uno de los laboratorios. Dichos marcadores se evidencian en la figura 9 y son establecidos para cumplir con el primer nivel de la realidad aumentada:



Figura 9 Targets del simulador, generados para la operabilidad, elaboración propia

Implementación de los elementos:

La integración de los objetos con los marcadores se evidencia en la figura 10. Dichos marcadores muestran la visualización del laboratorio virtual con cada uno de los elementos activados en la escena de unity.



Figura 10 Targets y elementos en Unity3D conformado el laboratorio del aplicativo. Elaboración propia

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto se puede evidenciar el conocimiento y la experiencia adquirida durante la carrera, lo cual deja como evidencia la entrega del producto final de este proyecto que es una aplicación para sistemas operativo Windows 10 totalmente funcional, que sirve como apoyo en la enseñanza de química a través de la elaboración de experimentos virtuales que se enfocan en los tipos de reacciones según la organización de los átomos.

Por lo tanto, la realidad aumentada (RA) se presenta como una tecnología avanzada para la innovación como apoyo en la enseñanza de nuevas temáticas, generando un refuerzo en la enseñanza didáctica e interactivas. Es por esto, que ARChemmy aporta grandes beneficios para el docente, ya que las temáticas de reacciones químicas pueden ser enseñadas con una metodología práctica e intuitiva gracias a la elaboración de los experimentos; La interactividad que implementa con el uso de esta tecnología (RA), como una herramienta practica e innovadora, favorece el aprendizaje adquirido en el aula de clase con el cumplimiento de los objetivos temáticos.

Por ello, que ARChemmy es una herramienta que facilita la práctica de elaboración de experimentos en un ambiente seguro y estable sin ningún riesgo a la salud de los usuarios o daños en las instalaciones académicas, proporcionando a los docentes y estudiantes prácticas en ambientes controlados de una forma interactiva y eficiente que evalúe los conocimientos adquiridos en clase mediante la elaboración de los experimentos y basándose en la aplicación de modelos pedagógicos, como la clase invertida que favorezca la consolidación de la información y el aprendizaje.

El desarrollo de herramientas a través de software como unity y vuforia facilitan la creación e integración de la tecnología de realidad aumentada, dado que la robustez de estas plataformas es adaptable a diferentes dispositivos y su desarrollo no es algo complicado en comparación con otras plataformas similares. Lo cual genera un gran rango de aplicabilidad y las posibilidades se seguir desarrollo aplicaciones que usen esta tecnología.

REFERENCIAS

- EcuRed. (2015). Unity3D. Recuperado de sitio web EcuRed: <https://www.ecured.cu/Unity3D>
- Herrero, J. E., Cervera, S. C., & Educación, M. de. (2018). *Química*. (M. B. Martínez, J. E. Herrero, & S. Cervera, Eds.) (Editorial). Quito: Junio del 2018.
- Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). The horizon report. In E. L. I. The New Media Consortium (Ed.), *p. 21* (2010th ed., p. 35). Texas: 2010.
- Mel Science, V. "Virtual R. E. (2015). MEL Chemistry VR. Retrieved March 10, 2019, from <https://melscience.com/vr/>
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educacion Química*, 26, 94–99.
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la Química. En Blanco y Negro. Revista sobre Docencia Universitaria, 3(2), 38–46. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/viewFile/3862/pdf>
- Plata, H., & Bojorquez, M. (2017). *RApp Chemistry*. Mexico. Recuperado de <https://abstracts.societyforscience.org/Home/PrintPdf/5093>
- Schell Games. (2017). SuperChem VR. Recuperado el 16 de marzo de 2019, de <https://www.schellgames.com/blog/superchem-vr-shows-what-vr-in-education-can-do>
- Schell Games. (2018). HoloLAB Champions, virtual Lab Practice, real lab Mastery. Recuperado el 16 de marzo de 2019, de <https://hololabchampions.schellgames.com/>
- Scott W, A. (2005). The Agile Unified Process (AUP). Mayo 13 del 2006, 1. Recuperado de <http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>