

Realidad extendida gamificada en la enseñanza de las ciencias naturales Gamified extended reality in the teaching of natural sciences

G. A. Torres-Samperio ^{a,*}, Ma. de Jesús Gutiérrez-Sánchez ^a, A. Suárez-Navarrete ^a, D. Hernández-Sánchez ^a
A. Curiel-Anaya ^a

^a Área Académica de Computación y Electrónica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184. Pachuca Hidalgo, México

Resumen

Recientemente la educación moderna ha tenido que enfrentar un cambio en sus paradigmas y definiciones, obligando tanto a profesores como estudiantes a ponerse en contacto con los avances más recientes de la tecnología para poder dar continuidad a la adquisición de conocimientos. Tecnologías tradicionales mezcladas con las emergentes, han ayudado por al menos 2 años a mantener en marcha el proceso de aprendizaje, incorporando nuevas y redimensionando otras, convergiendo en un nuevo enfoque de transformación digital donde tecnologías como las de la realidad virtual y la realidad aumentada, están presentando un auge motivado por la necesidad de mejorar la atención a los estudiantes para ayudarles a lograr sus objetivos y lograr aprendizaje significativo. En este artículo, se presenta una propuesta metodológica de desarrollo y los resultados de la evaluación con la norma ISO/CEI TR 9126-3:2003, a un prototipo de herramienta para la enseñanza de Ciencias Naturales, dirigida a alumnos de educación básica. El proyecto, es una aplicación educativa desarrollada con técnicas de modelado de Realidad Mixta bajo un enfoque gamificado.

Palabras Clave: Gamificación Educación, Realidad Mixta, Aprendizaje.

Abstract

Recently, modern education has had to face a change in its paradigms and definitions, forcing both teachers and students to get in touch with the most recent advances in technology in order to give continuity to the acquisition of knowledge. Traditional technologies mixed with emerging ones have helped for at least 2 years to keep the learning process going, incorporating new ones and resizing others, converging on a new approach to digital transformation where technologies such as virtual reality and augmented reality, they are presenting a boom motivated by the need to improve attention to students to help them achieve their goals and achieve meaningful learning. In this article, a methodological development proposal and the results of the evaluation with the ISO/CEI TR 9126-3:2003 standard are presented, to a prototype of a tool for teaching Natural Sciences, aimed at basic education students. The project is an educational application developed with Mixed Reality modeling techniques under a gamified approach.

Keywords: Gamification Education, Mixed Reality, Learning.

1. Introducción

Recientemente, la tecnología ha mostrado cambios significativos en muchos de los ámbitos del quehacer humano tras la aparición del virus SARS-COV2, razón por la cual, ha sido requerido potenciar y redimensionar su uso para dar cumplimiento a las necesidades de las personas y las organizaciones y así; facilitar actividades tan fundamentales en la sociedad como lo es la educación.

En este periodo hubo necesidad de redimensionar y, en algunos casos, explorar nuevas e innovadoras formas de relacionarse con las personas y coadyuvar al trabajo académico, bajo un enfoque al cual pocos docentes y alumnos estaban acostumbrados. En este sentido, el uso de tecnologías como la de los dispositivos móviles, las computadoras portátiles y la videoconferencia se volvieron indispensables en la vida diaria de las personas, constituyéndose como las principales herramientas y alternativas para no frenar las actividades cotidianas y habilitar así, una comunicación a

*Autor para la correspondencia: torres@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: torres@uaeh.edu.mx (Gonzalo Alberto Torres-Samperio), madejesus_gutierrez@uaeh.edu.mx (Ma. de Jesús Gutiérrez-Sánchez), asuarezn@uaeh.edu.mx (Alberto Suarez Navarrete), david_hernandez861@uaeh.edu.mx (David Hernández Sánchez), acuriel@uaeh.edu.mx (Arturo Curiel Anaya).

distancia que temporalmente sustituyera las aulas, los talleres y laboratorios para tratar de minimizar el impacto. En este sentido, los docentes, habituados a la educación presencial, se vieron enfrentados a un escenario que poco o nada habían explorado y el cual demandó un mayor uso de recursos tecnológicos y herramientas que antes no se consideraban en el quehacer cotidiano del aula (CEPAL, 2020).

Ante la emergencia sanitaria, se presentó el cierre masivo de las actividades escolares presenciales en más de 190 países para evitar una propagación masiva del virus, dando lugar, como ya se mencionó, a la necesidad de mantener la continuidad de los aprendizajes mediante el empleo de herramientas tecnológicas las cuales permitiesen continuar la comunicación para compartir información de forma interactiva y didáctica.

El uso de tales herramientas precisó de una serie de competencias para permitir la transformación de los procesos de aprendizaje con base en las posibilidades de la propia tecnología y de la configuración de nuevos roles y funciones docentes, las cuales, convirtieron al profesor en un facilitador, colaborador y supervisor del trabajo académico del estudiante (Expósito, 2021). En este sentido, muchos académicos e investigadores han reflexionado sobre este hecho, provocando que se intensifique el estudio y la investigación de herramientas tecnológicas que permitan apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Las nuevas condiciones que se presentan aún con el regreso presencial de los alumnos a las aulas, requieren que la enseñanza tenga un carácter híbrido en el cual, muchas de las actividades continúen llevándose fuera del aula, con la consiguiente problemática que ello representa (Girón, Beltrán, Castro, & López, 2020).

Sigue siendo necesario incentivar al alumno para potenciar la adquisición de conocimientos o bien, para fortalecer sus habilidades y, más importante aún, llevar a cabo acciones que se traduzcan en una sensación de identidad y dedicación con su propio aprendizaje (Ortiz-Colón, Jordán, & Agredal, 2018).

Es por ello, que existe la necesidad de explorar formas de conseguir que el estudiante tenga un mayor compromiso en el ánimo de lograr su propia superación (Contreras & Eguia, 2016).

1.1. La gamificación del aprendizaje

Una forma de abordar la problemática de la educación actual es ludificar o gamificar, enfocándose en la mecánica de los juegos, ya que de esta forma se permite, mediante los sistemas de objetivo, puntuación y recompensa, qué son típicos de juego, obtener buenos resultados y mejorar la manera en cómo se obtienen conocimientos, constituyéndose como una forma de motivar a los estudiantes, la cual, propicia una conducta de compromiso con su propio aprendizaje y permite interiorizar el conocimiento como una experiencia positiva y divertida, misma que se ve recompensada cuando se cumple con acciones concretas, por supuesto, en función de los objetivos educativos que vaya alcanzando (Contreras & Eguia, 2016).

La ramificación se enfoca en la motivación del propio estudiante para jugar y seguir adelante para lograr cada uno de los objetivos y así, concretar un aprendizaje significativo, para ello habrá de tomarse en cuenta que para su aplicación

será necesario, como primer paso, definir un objetivo en el que se establezca qué conocimientos se desean que el estudiante adquiera acerca de la asignatura completa, los contenidos de una unidad, o bien un tema concreto que le resulte difícil o aburrido a los estudiantes (Ortiz-Colón, Jordán, & Agredal, 2018).

Lo siguiente, es transformar el aprendizaje en algo similar a un juego en el que se plasme el proceso de aprendizaje tradicional en una propuesta divertida. En este sentido, se puede comenzar por una opción sencilla, basada en algún juego tradicional, preferentemente conocido por la mayoría de los estudiantes y así, permitir que el proceso sea más fluido.

Una vez determinado lo anterior, habrá que establecer las reglas del juego, tomando en cuenta que éstas deberán reforzar el objetivo del juego, pero también evitar que la dinámica se salga de control. Para evitar esto último, es sumamente importante contar con las normas, revisadas una a una en conjunto con los alumnos para que estén claras y así, hacer posible una verificación de su cumplimiento durante el desarrollo del juego (Guzmán-Rivera, Escudero-Nahon, & Canchola-Magdaleno, 2020).



Figura 1: Componentes de la gamificación del aprendizaje.

Una de las partes fundamentales en la gamificación es el sistema de recompensas, ya que de este modo se puede valorar la adquisición de contenidos, pero también el comportamiento durante la actividad y el trabajo en equipo, entre otras cosas (Contreras & Eguia, 2016). Las recompensas, deben ser vistas por el usuario como un beneficio que se obtiene por merecimiento a las acciones realizadas durante una actividad, bajo el supuesto de que la acumulación de ellas, le da un estatus con respecto a sus demás compañeros, lo que significa, un logro para la superación o satisfacción personal en esta dinámica, considerada como una competición que sólo tiene el simple afán de intentar ser mejor que los demás, cómo puede observarse en la Figura 1.

Finalmente, habrá que establecer niveles de dificultad creciente durante el funcionamiento de la actividad, basada en el equilibrio otorgado entre la dificultad de un reto y la recompensa que se obtiene al superarlo, de este modo, se mantiene el interés del estudiante por seguir jugando y aprendiendo.

La gamificación, debe concebirse como una oportunidad educativa soportada por el uso de tecnologías diversas, las cuales fungen como herramientas para el logro de los objetivos educativos (Torres-Samperio, Suárez-Navarrete, & Gutiérrez-Sánchez, 2019).

Con el paso de los años, se han desarrollado herramientas tecnológicas que facilitan la realización de actividades para los seres humanos que, en épocas anteriores, suponían un riesgo para la humanidad. Actualmente, se ha alcanzado un nivel tecnológico que nos permite simular eventos y actividades con el objetivo de probar un resultado sin tener que asumir riesgos, permitiendo hacer correcciones o bien obtener mejores resultados (Morales-Castro, Zozaya-Salas, Rojo_Ariopajita, & Torres-Balcázar, 2016).

1.2. La Realidad Mixta y la gamificación

La incursión de las denominadas tecnologías emergentes en el aprendizaje, para la educación básica media y superior, se ha tornado en un tema común en los últimos años (Rodríguez-Cardoso, Ballesteros-Ballesteros, & Lozano-Forero, 2019). Una tecnología en pleno auge, es la de la Realidad Mixta, la cual fusiona las mejores características de la realidad virtual y la realidad aumentada (Claros, Millán, & Gallego, 2020).

En relación con la enseñanza, esta tecnología ya ha sido aplicada en algunos campos de la educación, permitiendo al usuario imaginar y experimentar de manera significativa, desde perspectivas nuevas, mediante un entorno que permite el acceso a experiencias que están fuera de su alcance, para obtener conocimientos de una manera innovadora (Moreno, Levia, & Terron, 2015). Según un estudio realizado por (Bloxman & Wileman, 2016) los alumnos que experimentaron una educación práctica utilizando esta tecnología, incrementaron sus índices de retención hasta un 18.1% en el área de matemáticas, seguido por un 13.1% en mecánica y un 2.9% en ingeniería (Bautista-Roza, Bautista, & Mayorga-Anaya, 2021).

Lo anterior indica, que implementar la Realidad Mixta en la educación puede ser beneficioso, ya que al tener experiencias atractivas y nuevas se tienen también más formas de aprender diversa información en el que se esté enfocado más significativamente. Es en este escenario, que la gamificación representa una oportunidad educativa que puede coadyuvar al logro de los objetivos educativos, si se seleccionan e implementan cuidadosamente las estrategias que permitan el desarrollo de las habilidades (Díaz-López, Tarango, & Romo-González, 2020).

En una revisión de las investigaciones y propuestas que de alguna manera abordan el concepto de la gamificación en el aula, se hallaron diferentes trabajos aplicados en contextos que incluyen el universitario, la secundaria, la primaria y hasta el preescolar, sin embargo, existen pocos proyectos de investigación que tocan el área de las Ciencias Naturales. En este sentido, destacan propuestas como la que se menciona (Quntanal-Perez, 2016), en Granada, España, sobre un trabajo desarrollado para el colegio marista La Inmaculada, en el que se buscó desarrollar competencias personales, sociales e intelectuales con la idea central de incrementar la motivación y la concentración en los estudiantes. En la investigación se utilizaron cuatro juegos que se basaban en el tema de las ondas. De acuerdo con el resultado de la investigación, se incrementó la motivación dentro del aula.

Otro caso a destacar, es la del proyecto Gamificación como estrategia de aprendizaje de las ciencias naturales en la educación básica secundaria (Rodríguez & Avendaño, 2018), realizado con la finalidad de identificar los factores

motivacionales para proponer la gamificación como una estrategia de aprendizaje para adquirir los logros y competencias propuestas para el área de ciencias naturales, en los estudiantes de octavo grado de la Institución Educativa de Sutatausa. El trabajo se centró en la aplicación de una encuesta tipo Likert, dividiendo los ítems en tres grupos que permitieron identificar, el logro de competencias, los factores motivacionales para el aprendizaje y la posibilidad de involucrar la gamificación en la enseñanza de las ciencias naturales. Finalmente, se analizó el trabajo de investigación de (Mallitasig-Sangucho & Freire-Aillón, 2020), denominado Gamificación como técnica didáctica en el aprendizaje de las Ciencias Naturales; los resultados de esta investigación, demuestran los beneficios teóricos de la gamificación en un proceso real de aprendizaje, mediante la medición del logro de aprendizaje en Ciencias Naturales de los jóvenes de noveno año de la Escuela de Educación Básica Naciones Unidas. En esta investigación, se utilizaron las herramientas Kahoot y Plickers para implementar la gamificación, así como se aplicó la Escala de Estrategias de Aprendizaje ACRA, calificada en escala de Likert.

Mediante análisis estadísticos, se determinó que existe un considerable aumento de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales.

Este trabajo presenta una propuesta metodológica de desarrollo y los resultados de la evaluación bajo la norma ISO/CEI TR 9126-3:2003 (ISO, ISO/CEI TR 9126-3:2003, 2022) de un prototipo de herramienta diseñada para la enseñanza de las Ciencias Naturales, la cual, ha sido adaptada para que alumnos de educación básica, puedan utilizarla como material educativo de apoyo en el aprendizaje del sistema solar. Esta herramienta, es una aplicación educativa que se desarrolló con técnicas de modelado de Realidad Mixta, bajo un enfoque gamificado, la cual puede utilizarse en una computadora con sistema operativo Windows 10 o superior, así como en un teléfono inteligente que cuente con un sistema operativo Android.

Soportado en la Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV), la aplicación educativa, a la que se decidió denominar con el nombre "Planetland" (García-Cruz, Cabrera-Espinoza, & Torres Samperio, 2021), se implementó mediante un motor de videojuegos.

Para garantizar la calidad y utilidad de esta aplicación educativa, se llevó a cabo un diseño instruccional en el que se consideró el planteamiento de una meta instruccional, las necesidades educativas, los objetivos de aprendizaje y las habilidades subordinadas necesarias que el usuario de esta aplicación debe desarrollar para que se cumplan lo planteado.

2. Metodología

El diseño instruccional de este material educativo se llevó a cabo con una versión modificada del conocido modelo ADDIE (Luna-Rizo, Ayala-Ramírez, & Rosas-Chavez, 2021), especialmente adaptado para el desarrollo de entornos de realidad virtual con la metodología MEDEERV (Torres-Samperio, Franco-Árcega, Gutiérrez-Sánchez, & Suárez-Navarrete, 2017). Bajo la supervisión de un profesor del nivel educativo de educación básica, se llevó a cabo un análisis de la población meta y el escenario educativo, y a partir de ello, se fijaron los objetivos de aprendizaje y, mediante un análisis

de destrezas, se lograron determinar los requerimientos instruccionales. Éstos últimos, ayudaron a determinar las especificaciones del material didáctico (ver figura 2).

Con base en las especificaciones obtenidas gracias a la intervención y aportaciones del profesor de la asignatura, exclusivamente en el ámbito educativo y pedagógico, se determinaron los medios y estrategias instruccionales, así como algunas características deseables de las interfaces gráficas, tales como; componentes multimedia, diseño de objetos 3D y simulaciones necesarias.

A su vez, ya determinados los medios instruccionales, se procedió a determinar la serie de estrategias de implementación en el curso y la forma de interacción del usuario con el material didáctico mediante una interfaz de realidad mixta desarrollada bajo un enfoque gamificado que incluyera un sistema de puntuación, experiencia, aprovechamiento y recompensa (típicos de un juego), enfocado a la evaluación del desempeño de usuario.

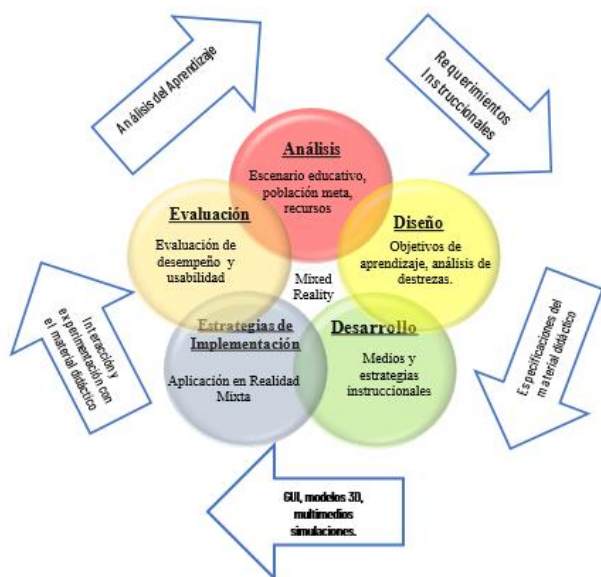


Figura 2: Metodología ADDIE modificada.

El resultado del diseño instruccional, da como resultado un panorama detallado de las necesidades educativas y permite recopilar detalles específicos para la implementación. Al respecto, cabe mencionar que con el fin de instrumentar la aplicación, se aplicó la Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual (Torres-Samperio, Franco-Árcega, Gutiérrez-Sánchez, & Suárez-Navarrete, 2017). Esta propuesta metodológica especifica con detalle las fases para el desarrollo de ambientes de realidad virtual educativos y toma en consideración la necesidad de plantear un adecuado diseño instruccional para poder transmitir los conocimientos de un área disciplinar en específico.

Las fases de esta metodología mencionada permiten que los contenidos educativos se presenten de forma estructurada por procesos cognitivos, planteados con base en los objetivos de aprendizaje y una estrategia instruccional bien definida.

La metodología MEDEERV consta de 3 etapas, el diseño sistemático de la instrucción, el diseño funcional del mundo virtual y la implementación del mundo virtual. La primera etapa se refiere al diseño instruccional que, en el caso de este proyecto, y como se describió con anterioridad, se desarrolla

con una versión modificada de la metodología ADDIE, especialmente adaptada.

La segunda etapa utiliza como insumo los requisitos recopilados en el diseño instruccional y a partir de éstos se modela y diseña funcionalmente el ambiente interactivo. Finalmente, en la tercera y última etapa, se realizan e implementan las especificaciones técnicas, se integran los componentes funcionales, se programan los algoritmos necesarios y se integran como un programa para computadora, tableta o teléfono inteligente.

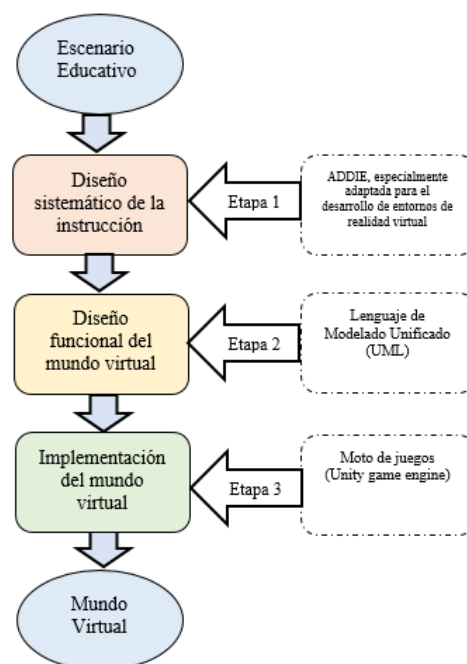


Figura 3: Etapas de la metodología MEDEERV.

2.1. Etapa de diseño sistemático de la instrucción

En esta etapa se realiza un análisis de las necesidades y los objetivos educativos a cumplir según las actividades que se van a implementar, el resultado puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1 Población meta y situación actual.

Análisis	Descripción
Población Meta	Alumnos de educación básica de 6to. grado o superior, asimismo, interesados en el tema del Sistema Solar.
Situación Actual	En la actualidad, los alumnos y maestros han tenido que adaptarse a la tecnología más rápido de lo que se pensaba, cambiando la educación tradicional a una educación virtual. Lo anterior ha sido un reto para todos los involucrados en la educación del alumno, ya que no se obtienen los aprendizajes esperados. Se necesitan nuevas herramientas innovadoras que puedan ayudar a los alumnos a lograr un aprendizaje significativo, adaptándose a la nueva normalidad que, posiblemente, sea para unos años más.

A partir del análisis de la situación actual se definen las metas y objetivos instruccionales, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Metas instruccionales y necesidades educativas.

Análisis	Descripción
Meta instruccional	El alumno podrá mejorar su comprensión del sistema planetario mediante la interacción con los contenidos y un recorrido virtual por el Sistema Solar.

Necesidades educativas	<p>Aprender sobre el tema “Conocimiento de las Características de Universo”, bloque V, tema 1, planteado en el libro de texto de Ciencias Naturales de sexto grado, editado por la Secretaría de Educación Pública de México (Cervera-Cobos, Huesca-Gillen, & Aroche, 2019) y analizar otras fuentes de información complementarias que contengan datos emitidos por la NASA (Berry, Garlick, & Mackenzie, 2019)</p>
------------------------	--

Una vez determinadas la meta instruccional y la necesidad educativa, se procede a hacer un análisis instruccional detallado para determinar los objetivos, las actividades y las habilidades instruccionales que se pretenden alcanzar mediante el uso de la herramienta instruccional, tal como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 Objetivos y metas instruccionales.

Etapa	Objetivo	Actividad instruccional	Habilidad subordinada
1	Identificar características de los cuerpos celestes que podemos encontrar en el Sistema Solar.	Con ayuda del avatar guía podrá explorar cada uno de los cuerpos celestes del Sistema Solar.	Identificar sus características principales, al menos con un 70% de certeza
2	Identificar y asociar los datos más importantes de los planetas del Sistema Solar, así como sus características básicas.	Mediante una interfaz de realidad aumentada, puede observar los nombres y datos científicos más relevantes de cada planeta.	Comprender e identificar los datos científicos más relevantes al menos con un 70% de certeza
3	Obtener conocimiento de la historia y sucesos importantes a través del tiempo, sobre descubrimientos del Sistema solar.	En el apartado de museo de la interfaz gráfica, visualizará los sucesos más importantes relacionados con el descubrimiento de cada cuerpo celeste	Responder correctamente al respecto de los sucesos más importantes relacionados con el descubrimiento de cada cuerpo celeste, con al menos un 70% de certeza.

Con la información contenida en la Tabla 3, se construye el diagrama de flujo de la instrucción y las habilidades subordinadas respectivas que contribuyen al cumplimiento de cada objetivo.

Para cada etapa, se analiza el flujo de la instrucción y se procede a la descomposición de habilidades subordinadas para cada una de ellas, como puede verse en la figura 4. Este es un proceso repetitivo, continuo e iterativo y sólo termina cuando se llega al nivel más elemental (de lo general a lo específico), en el cual ya no es posible seguir descomponiendo en más habilidades subordinadas.

En la figura 5 se muestra cómo se descompone la habilidad subordinada correspondiente a la etapa 1, partiendo de los requerimientos necesarios para cumplir con el objetivo de aprendizaje de dicha etapa.

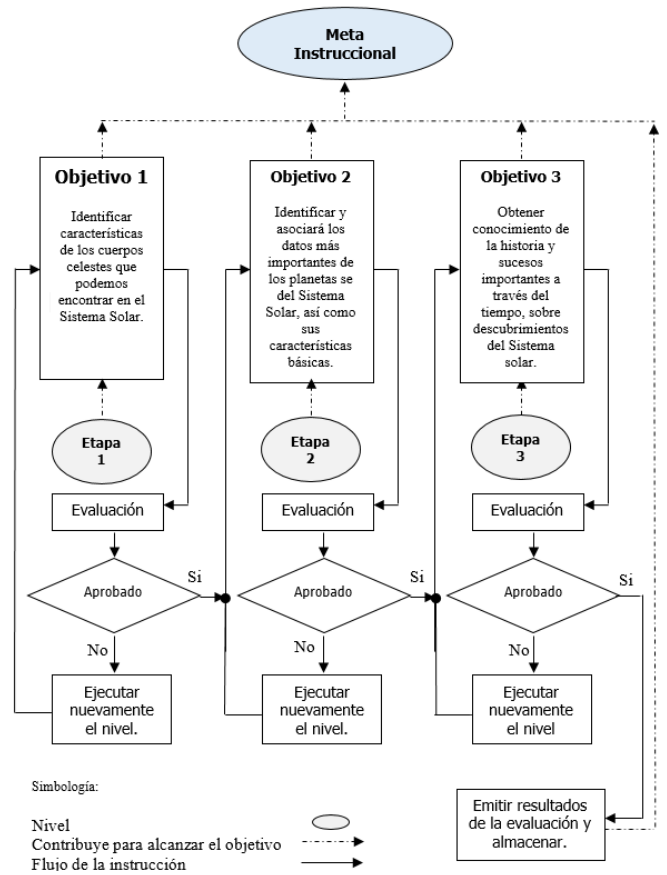


Figura 4: Representación del flujo de la instrucción.

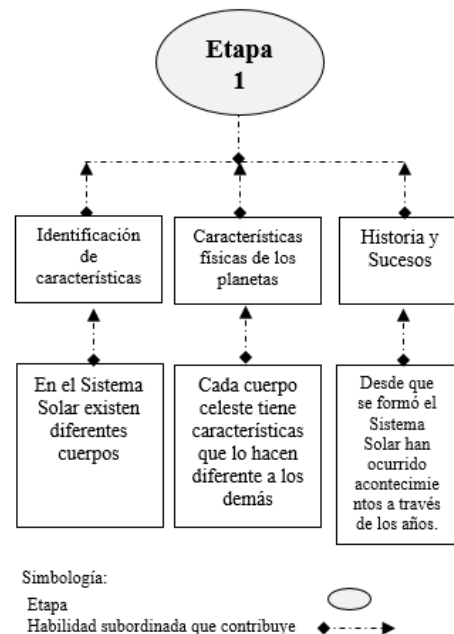


Figura 5: Habilidades subordinadas de la Etapa 1

2.2. Estrategias Instruccionales

Para mejorar los resultados de aprendizaje, se consideró aplicar gamificación, estableciendo un sistema de incentivos y reconocimientos en el que los usuarios pueden obtener

como premio a su esfuerzo por cumplir con cualquiera de los objetivos de aprendizaje (ver figura 6). Esto se ideó con vistas a la mejora de la obtención de los resultados y con la idea de garantizar la fidelidad y el compromiso para lograr un mayor interés por su propio aprendizaje.

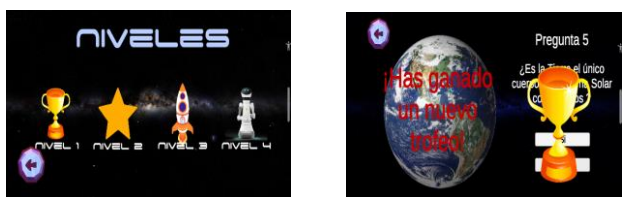


Figura 6: Sistema de incentivos.

Estas estrategias de instrucción están diseñadas de modo que es posible relacionar las actividades con un aprendizaje significativo. En el ambiente de realidad mixta se integran recursos audio-visuales, texto, gráficos y modelos 3D interactivos, los cuales resultan atractivos e innovadores para quien lo utiliza, como puede observarse en la figura 7.

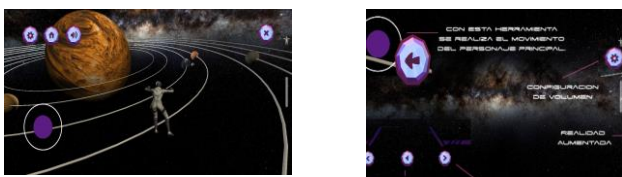


Figura 7: Elementos de la interfaz gráfica.

Aunque se considera que no es necesario que un alumno que usa esta aplicación deba asistir a clase, si es fundamental la intervención del profesor como agente facilitador, supervisor y guía en el proceso de uso del material educativo para asegurar un aprendizaje significativo.

Las actividades ejecutadas mediante la aplicación pueden usarse con inmersión en primera persona, mediante visor de realidad virtual, en la pantalla de la computadora o bien en un dispositivo móvil.

2.3. Evaluación del aprendizaje

Para facilitar la evaluación del desempeño de los alumnos, se usa la información que cada uno de ellos genera de manera individual cuando compila premios y reconocimientos durante la ejecución de las actividades gamificadas y embebidas en el entorno. La evaluación es continua y sumativa, de modo que representa el único mecanismo que le permitirá ir subiendo de nivel como se observa en la figura 8.



Figura 8: Evaluación de actividades.

2.4. Etapa de Diseño Funcional del Mundo Virtual

A partir del análisis del diseño instruccional que se realiza en la etapa anterior, es posible modelar las funciones y componentes del mundo virtual. A partir del diseño del modelo funcional se modelan individualmente cada uno de

los componentes y sus funciones específicas mediante la representación UML (Fontela, 2017). El objetivo es capturar las partes esenciales del sistema mediante notaciones gráficas, a esto se le conoce como *modelado visual*, el cual es independiente del lenguaje de implementación (el lenguaje de programación que se usa para codificar los algoritmos y los comportamientos).

Como primer paso en esta etapa, se elaboraron diagramas de casos de uso en los que se especifican la comunicación y comportamiento del sistema cuando interactúa con el usuario, como puede verse en la Figura 9.

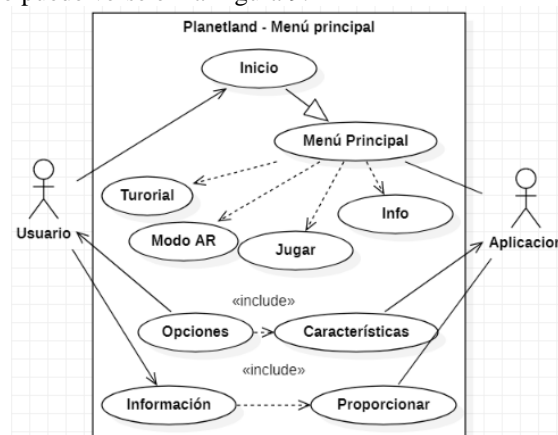


Figura 9: Caso de uso: menú principal de la aplicación Planetland.

Una vez construidos todos los diagramas de caso de uso, se procedió a construir un diagrama de componentes para representar las relaciones de los componentes individuales que conforman al sistema mediante una vista de diseño estática, asimismo, se documentan las relaciones y dependencias. Como se observa en la Figura 10, el sistema cuenta con cuatro módulos: lecciones, actividades, audio y los escenarios. Aquí se especifica cómo se abordan las lecciones y cómo éstas se relacionan con el juego y su sistema de incentivos.

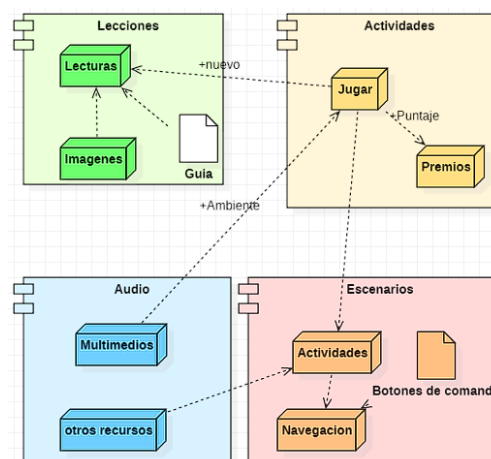


Figura 10: Diagrama de componentes de la aplicación Planetland.

Una vez determinados los componentes, se centró la atención en la determinación en las líneas de vida, procesos y objetos que coexisten simultáneamente en el sistema, así como los mensajes intercambiables entre ellos para ejecutar una función antes de que la línea de vida termine. El resultado puede verse en el diagrama de secuencia de la Figura 11.

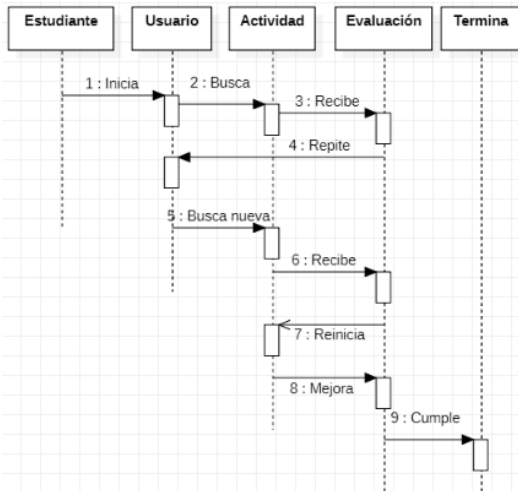


Figura 11: Diagrama de secuencia de la aplicación Planetland.

Para esquematizar el flujo de trabajo de inicio a final, dependiendo de la opción elegida por el usuario, en la Figura 11, se muestran detalladamente las rutas de decisiones dentro del escenario virtual. Destaca que las actividades pueden ejecutarse en los modos *Árcade*, que pone a prueba contra reloj al actor para superar un puntaje mínimo y lineal, donde se le presentarán diferentes pruebas que deberán superarse con un margen mínimo de error para poder completar la actividad.

Después de completar las actividades, el actor recibirá, dependiendo de su desempeño, una forma de evaluación y, por último, podrá elegir entre terminar o comenzar de nuevo una nueva lección, como puede observarse en la figura 12.

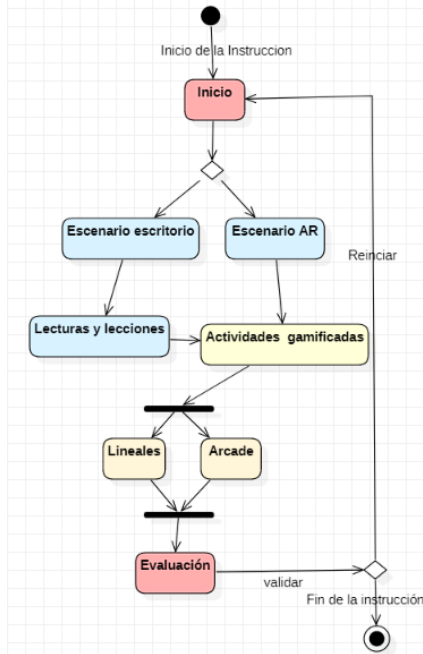


Figura 12: Diagrama de componentes de la aplicación Planetland.

Una vez completado el análisis de los componentes, la secuencia, las actividades y los componentes de sistema, se realiza un mapa de navegación que muestra la manera en que está organizado el contenido disponible para el usuario, además, se determina la forma de navegación e interacción del usuario con la aplicación, como puede verse en la Figura 13.

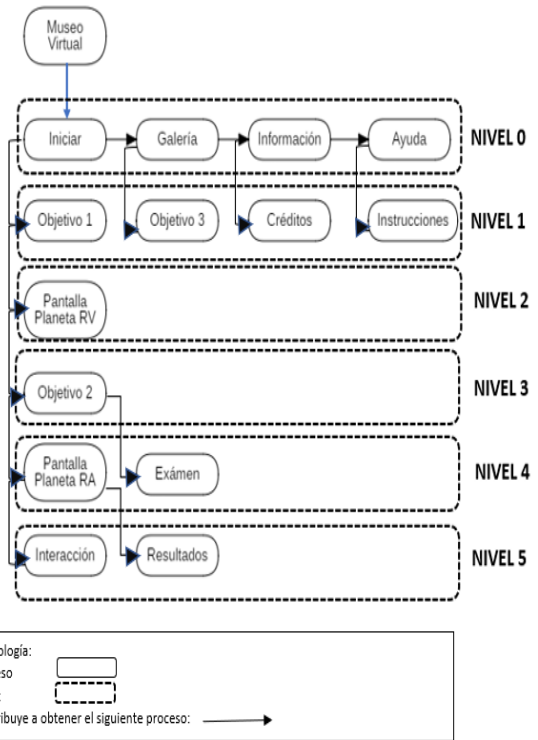


Figura 13: Mapa de navegación de la aplicación Planetland.

Como puede observarse, el menú inicial consta de cuatro opciones. Cada una de ellas debe realizar una acción diferente, como “Iniciar”, “Créditos”, “Ayuda” y “Museo RA”. El botón “Iniciar” tiene como propósito obtener todas las actividades de la aplicación y ésta pasa por las actividades que realizará el usuario con su respectiva respuesta de la aplicación. En resumen, cada representación UML puede, inclusive, describir la función de cada elemento en la interfaz gráfica, como puede verse en la figura 14.



Figura 14: Diseño del interfaz obtenido a partir de las especificaciones UML, para la aplicación Planetland.

2.5. Etapa de Implementación

En esta etapa se implementaron los algoritmos, programas y componentes de la interfaz tomando como base las características y relaciones funcionales entre cada elemento, de acuerdo con las especificaciones obtenidas en la etapa de diseño funcional. La arquitectura queda representada como un diagrama a bloques que describe la manera en cómo se integran los recursos didácticos (ver figura 15), las actividades educativas, los objetos multimedia, los comportamientos en la interfaz gráfica de usuario y los

mecanismos de navegación e interacción con el ambiente 3D, tomando como base el diseño funcional del sistema.

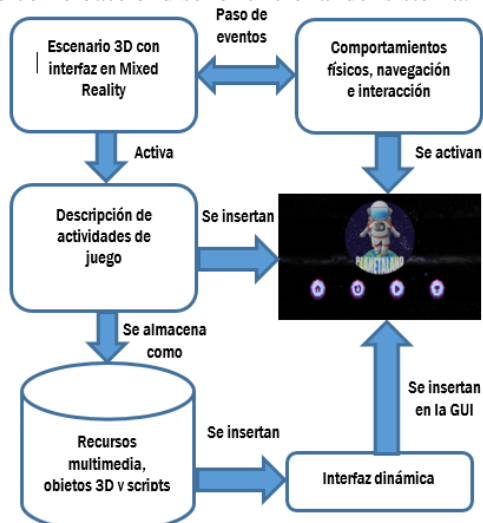


Figura 15: Diagrama a bloques de la Arquitectura de la aplicación

2.6 Comportamientos animación e interacción.

En esta parte se desarrolló un grafo de escena el cual se muestra en la figura 16, y que sirve como guía para la programación de comportamientos y la habilitación de la navegación en realidad mixta con animaciones con base en los estándares de *Unity Game Engine* (UNITY, 2021).

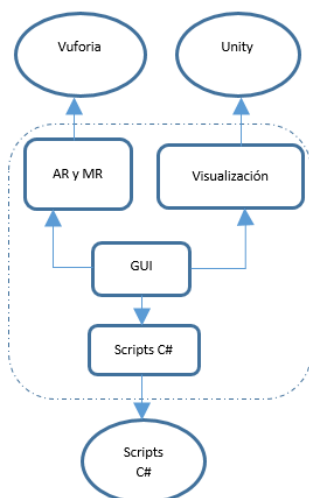


Figura 16: Grafo de escena

Como puede observarse en la figura 15, la interfaz gráfica de usuario (GUI) se integró con un conjunto de componentes (*assets*) de *Unity* (UNITY, 2021), objetos 3D y componentes de *Vuforia* (Team Vuforia Engine, 2022) para habilitar la funcionalidad de realidad aumentada y los mecanismos de la interacción se programaron conjunto de scripts escritos en el lenguaje de programación C#.

Para finalizar el proceso, el modelo se exportó utilizando el *builder* de *Unity* con el objetivo de obtener una aplicación, la cual, puede ser ejecutada en una computadora personal que, debe contar con requerimientos mínimos como Sistema Operativo Windows 7 o superior, 4 Gb de memoria RAM y procesador modelo Core i3. Asimismo, se generó una segunda versión para dispositivos móviles la cual cuenta con

requerimientos mínimos como son Android 4.4 y 4 Gb de memoria RAM.

3. Resultados

La evaluación de la interfaz es muy importante, pues permite garantizar que la aplicación cumple con las especificaciones que se plantearon en la etapa de análisis de necesidades. En este sentido, con la idea de asegurar que el producto cuenta con un conjunto de atributos clave de calidad que lo hacen congruente y válido como material didáctico ludificado, se realizó una evaluación bajo la norma ISO/CEI TR 9126-3:2003 (ISO, ISO/CEI TR 9126-3:2003, 2022), la cual establece que cualquier componente de la calidad del software puede ser descrito en términos de una o más de las siete características básicas: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, portabilidad y satisfacción. Cada una de ellas se detalla a través de un conjunto de sub características que permiten profundizar en la evaluación de la calidad de productos de software.

Para los fines de esta investigación, se optó por evaluar tres de las siete categorías de la norma referida, además de la pedagógica, las cuales fueron eficiencia, funcionalidad y usabilidad. Es decir, se evalúa la relación entre el nivel de funcionamiento del software y la cantidad de recursos usados, una serie de atributos que permiten calificar si el producto de software maneja en forma adecuada el conjunto de funciones que satisfagan las necesidades para las cuales fue diseñado y, el esfuerzo necesario que deberá invertir el usuario para utilizar el sistema.

Para facilitar la compilación de opiniones que pudiesen resultar subjetivas, se diseñó un cuestionario cuyos reactivos usan la escala de Likert. Este instrumento, se centra en evaluar las opiniones y actitudes de las personas sobre su nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración. Las respuestas se valoran en un rango que va del 1 al 5, donde el 1 representa el total desacuerdo con el enunciado y el 5 el total acuerdo con la declaración.

Existe también, un valor neutral, que se aplica para aquellas personas que no están de acuerdo, ni en desacuerdo. La ponderación de las respuestas en el cuestionario se efectuó asignándole un valor, como puede verse en la tabla 4.

Tabla 4 Ponderación de las respuestas del cuestionario.

Respuestas del elemento	Valor
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo, ni desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

El cuestionario se diseñó con un total de veintidós reactivos clasificados por la temática, seis para la categoría pedagógica, cinco para la categoría de eficiencia, cuatro para la categoría de funcionalidad y siete para la categoría de usabilidad.

Este instrumento de evaluación se aplicó a una población muestra de veinte personas, compuesta por dieciséis alumnos del sexto grado de primaria y cuatro profesores de educación básica con más de 5 años de experiencia docente.

En el aspecto pedagógico, a los alumnos se les cuestionó si las actividades ejecutadas en la aplicación les resultaron motivadoras, si consideraron que aprendieron más usando la aplicación y si pudieron completar todas las actividades para conseguir recompensas.

Por su parte, los profesores fueron cuestionados para saber si las actividades proporcionadas por la aplicación les resultaron motivadoras, si estimulan la creatividad y permiten la toma de decisiones a los alumnos.

Así también, se les solicitó su opinión para saber si consideran que el estudiante es un participante activo en el proceso y si se alcanzaron los objetivos de aprendizaje propuestos. En la tabla 4 puede observarse la frecuencia de cada elemento en la categoría pedagógica.

Tabla 4. Frecuencia total de cada elemento en la categoría pedagógica.

Elemento	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0
En desacuerdo	2	2
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	14	12
De acuerdo	32	27
Totalmente de acuerdo	72	60
Total	120	100

El porcentaje de satisfacción para la categoría pedagógica puede observarse en la figura 17.

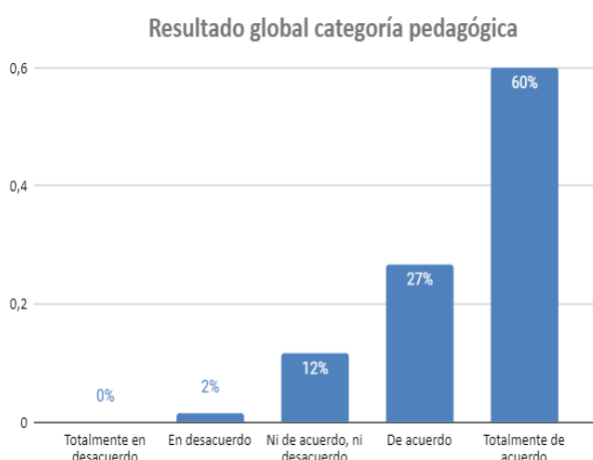


Figura 17: Porcentaje de cada elemento en la categoría pedagógica.

De acuerdo con los datos obtenidos, es de notarse que en la categoría pedagógica se tiene un 60 % de satisfacción, sumando los porcentajes de aquellas respuestas en las que los usuarios estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo.

Al respecto de la categoría de eficiencia, se puso a disposición de los alumnos y profesores cuestionamientos que le permitían expresar si la aplicación les resultó fácil de usar, si le llevó poco tiempo aprender a usarla o si consideró haber cometido errores al usar la aplicación.

En la tabla 5 puede observarse la frecuencia de cada elemento en la categoría mencionada.

En la categoría de eficiencia se tiene un 83% de satisfacción, también sumando los porcentajes de las respuestas en las que los usuarios estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo.

El porcentaje de satisfacción para la categoría de eficiencia puede observarse en la figura 18.

Tabla 5. Frecuencia total de cada elemento en la categoría de eficiencia.

Elemento	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	1	1%
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	16	16%
De acuerdo	28	28%
Totalmente de acuerdo	55	55%
Total	100	100%

Por lo que se refiere a la categoría de funcionalidad, tanto a los profesores como a los alumnos se les cuestionó sobre su experiencia en aspectos como la navegación, velocidad e integración de las funciones de la aplicación durante su uso.

Resultado global categoría eficiencia

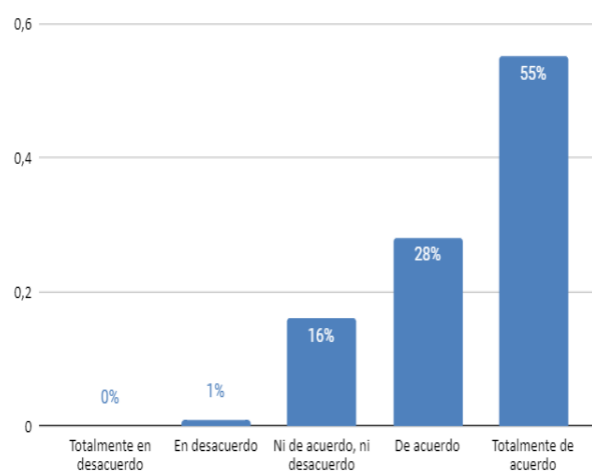


Figura 18: Porcentaje de cada elemento en la categoría de eficiencia.

En la tabla 6 puede observarse la frecuencia de cada elemento en la categoría de eficiencia.

Tabla 6. Frecuencia total de cada elemento en la categoría de funcionalidad.

Elemento	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	2	3%
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	11	14%
De acuerdo	31	39%
Totalmente de acuerdo	36	45%
Total	80	100%

El porcentaje de satisfacción para la categoría de eficiencia puede observarse en la figura 19.

En concordancia con los datos obtenidos en la categoría de funcionalidad, se tiene un 84% de satisfacción, sumando los porcentajes de las respuestas en las que los usuarios estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo.

En lo que se refiere a la categoría de usabilidad, además se tomaron en cuenta las normas ISO 9241-113 y ISO 92141-144 (ISO, 9241-11:2018, 2018) para contar con un parámetro de medición de si el desarrollo del producto ha alcanzado las metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción dentro de contexto de uso.

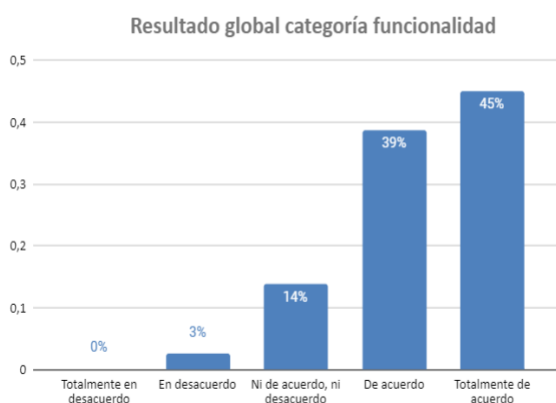


Figura 19: Porcentaje de cada elemento en la categoría de funcionalidad.

En el caso de esta aplicación, el contexto de uso se encuentra en un entorno educativo y aunque utiliza mecanismos típicos de un juego, no se trata de uno como tal. La gamificación es una técnica de diseño que consiste en utilizar elementos característicos de los juegos, aplicados en un contexto no lúdico, con el fin de incrementar la motivación de las personas para conseguir un objetivo y hacerlas vivir una experiencia gratificante.

Es decir, la evaluación de usabilidad en el caso particular de esta aplicación, se centra en las tareas que los usuarios realizan con el hardware, software y materiales, así como aquellos entornos físicos y sociales que pudiesen influir. Bajo este contexto, es posible medir la efectividad relacionada con la precisión y completitud con la que los usuarios utilizan la aplicación para alcanzar objetivos específicos (Joyce, 2022). La interfaz gráfica de usuario de una aplicación gamificada es muy parecida a un videojuego y es posible aplicarle una evaluación heurística de usabilidad centrada en el aspecto gráfico, sin embargo, esto excede los objetivos de esta investigación (Nielsen, 2005).

A los encuestados se les cuestionó para saber su opinión personal sobre aspectos como la facilidad de uso, el aspecto de la interfaz, la existencia de errores y si cumple con sus objetivos de aprendizaje, entre otros. En la Tabla 7, puede observarse la frecuencia de cada elemento en la categoría de usabilidad.

Tabla 7. Frecuencia total de cada elemento en la categoría de usabilidad.

Elemento	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	2	3%
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	11	14%
De acuerdo	31	39%
Totalmente de acuerdo	36	45%
Total	80	100%

El porcentaje de satisfacción para la categoría de usabilidad puede observarse en la figura 20.

Como puede observarse, el resultado global de usabilidad obtuvo un 92 % de satisfacción sumando los porcentajes de las respuestas en las que los usuarios estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo.

Una vez recabada la información de satisfacción en cada categoría, se efectuó la suma de los resultados en cada una de éstas para obtener la frecuencia total, así como el porcentaje total, como puede observarse en la Tabla 8.

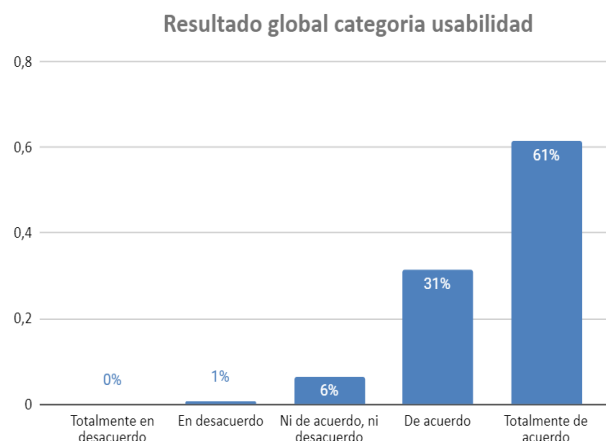


Figura 20: Porcentaje de cada elemento en la categoría de usabilidad.

Tabla 8. Frecuencia total de cada elemento en las cuatro categorías.

Elemento	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	6	1%
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	50	11%
De acuerdo	135	31%
Totalmente de acuerdo	249	57%
Total	440	100%

El porcentaje total de satisfacción para la categoría de usabilidad puede observarse en la figura 21.

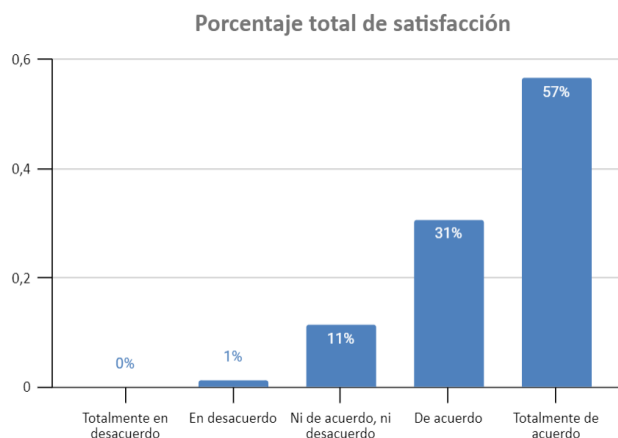


Figura 21: Porcentaje total de cada elemento de las 4 categorías.

Como puede observarse el resultado global de satisfacción, tomando en cuenta los resultados de las 4 categorías evaluadas, es del 88 %, sumando los porcentajes de las respuestas en las que los usuarios estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo.

4. Conclusiones

El uso de la técnica de gamificación en el desarrollo de materiales educativos representa una oportunidad para mejorar los resultados en el proceso educativo, especialmente cuando se busca incentivar y desarrollar en los estudiantes un compromiso con su propia educación. Para desarrollar el diseño instruccional del material educativo bajo esta perspectiva, es requerida la experiencia del docente de la asignatura en el ámbito educativo y pedagógico. Aunque no participa implementado computacionalmente el material educativo, las características de su práctica cotidiana, aportan

información valiosa para el desarrollo de un diseño funcional exitoso y, por ende, una implementación más apegada a las necesidades educativas. Por otra parte, el enfoque de desarrollo planteado en la Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual, facilita la creación de contenidos para mejorar el aprendizaje significativo debido a que presenta tres etapas bien definidas que empiezan por un diseño sistemático de la instrucción donde, a partir de la definición de la meta instruccional, los objetivos de aprendizaje y las habilidades subordinadas, se definen los requisitos del material educativo. Estos últimos pueden interpretarse bajo un enfoque de ingeniería de software para dar lugar a un diseño funcional que facilita su implementación en un entorno de desarrollo computacional. El seguimiento de las etapas planteadas en la metodología, como se plantea en esta investigación, permite en buen grado desarrollar un material educativo que responde a las expectativas educativas. Esta última afirmación, se sustenta en los resultados de la evaluación de satisfacción, con un 88%. En un entorno ludificado o gamificado es posible proveer a cada estudiante de un ambiente de aprendizaje propio, donde pueda explorar a su propio ritmo los contenidos y experimentar con conceptos abstractos. Aunado a esto último, tecnologías como la Realidad Mixta y los motores de videojuegos facilitan construir entornos donde las mecánicas de recompensa y reconocimiento involucran aún más a los estudiantes y los impulsan a ser responsables de su propio aprendizaje.

5. Trabajo futuro

Actualmente la aplicación sólo tiene pre configurados los contenidos y se pretende desarrollar una serie de mecanismos para crear nuevas lecciones y colocar nuevos recursos. Una vez que se cuente con nuevos módulos.

Referencias

- Bautista-Roza, L. X., Bautista, L., & Mayorga-Anaya, H. (2021). Uso de la Realidad Virtual y la Gamificación como Herramientas de Apoyo en el Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque Interdisciplinario. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI* (págs. 1-12). Bucaramanga, Colombia: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI).
- Berry, O., Garlick, M., & Mackenzie, S. V. (2019). *El Universo*. (L. P. Ltd, Ed.) Dublin: Geo-Planet.
- Bloxman, J., & Wileman, S. (2016). Virtual Worlds best practices in education. *Journal of virtual studies*, 7(1).
- CEPAL. (2020). *CEPAL (Comision Econnomica para América Lativna y el Caribe de la UNESCO)*. Obtenido de CEPAL (Comision Econnomica para América Lativna y el Caribe de la UNESCO): https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45904/1/S2000510_es.pdf
- Cervera-Cobos, N.-d. P., Huesca-Gillen, G.-D., & Aroche. (2019). *Ciencias Naturales, sexto grado*. (J. M. Ortega Rodríguez, Ed.) México: Secretaría de Educación Pública de México.
- Claros, D.-C., Millán, E.-E., & Gallego, A.-P. (2020). Use of Augmented Reality and M-Learning. *Revista Facultad de Ingeniería*, 29(54), 121-129. doi:<https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.12264>
- Contreras, R. S., & Eguia, J. L. (2016). *Gamificación en aulas universitarias*. Barcelona: Institut de la Comunicació (InCom-UAB), Universitat Autònoma de Barcelona.
- Díaz-López, L., Tarango, J., & Romo-González, J. R. (2020). Realidad Virtual en procesos de aprendizaje en estudiantes universitarios: motivación e interés para despertar vocaciones científicas. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, 31, e68958. doi:<https://doi.org/10.5209/cdmu.68958>
- Expósito, C.-D. (2021). Virtualidad y educación en tiempos de COVID-19. Un estudio empírico en Argentina. *Educación y humanismo*, 22(39), 1-22. doi:<https://doi.org/10.17081/eduhum.22.39.4214>
- Fontela, C. (2017). *UML Modelo de Software para profesionales*. Alfa Omega.
- García, G., Polvo, Y., Jose, H. J., Maria, S., Bautista, H., Collazos, C., & Julio, H. (2019). Medición de la usabilidad del diseño de interfaz de usuario con el método de evaluación heurística: dos casos de estudio. *Revista Colombiana de Computación*, 20(1), 23-40. doi:<https://doi.org/10.29375/25392115.3605>
- García-Cruz, C., Cabrera-Espinoza, P., & Torres Samperio, G. A. (2021). *Gamificación del Aprendizaje con Realidad Mixta, Caso de Estudio: Materia de Ciencias Naturales para Niños de 5to. Grado de Primaria, Informe del proyecto computacional, Informe final de proyecto computacional para la Licenciatura en Ciencias C. UAEH*. Mineral de la Reforma: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Girón, J., Beltrán, D., Castro, I., & López, D. (2020). *Educación y pandemia: Una vision académica* (2020 ed.). México: Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación de la UNAM.
- Guzmán-Rivera, M. A., Escudero-Nahon, A., & Canchola-Magdaleno, S. L. (2020). "Gamificación" de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Sinéctica*, 654-655. doi:[https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2020)0054-002)
- ISO, 9241-11:2018. (2018). *Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*. International Standar Organization.
- ISO, ISO/CEI TR 9126-3:2003. (2022). *Ingeniería de software — Calidad del producto*. Obtenido de Parte 3: Métricas internas: <https://www.iso.org/standard/22891.html>
- Joyce, A. (2022). *10 Heurísticas de Usabilidad Aplicadas a Videojuegos*. Obtenido de Nilsen Norman Group: <https://www.nngroup.com/articles/usability-heuristics-applied-video-games/>
- Luna-Rizo, M., Ayala-Ramírez, S., & Rosas-Chavez, P. (2021). *El diseño Instruccional. Elemento clave para la innovación en el aprendizaje: Modelos y Enfoques*. Universidad de Guadalajara.
- Mallitasig-Sangucho, A. J., & Freire-Aillón, T. M. (2020). Gamificación como técnica didáctica en el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *INNOVA Research Journal*, 5(3), 164-181. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v5.n3.2020.1391>
- Morales-Castro, C., Zozaya-Salas, R. G., Rojo_Ariopajita, & Torres-Balcázar, A. (2016). Laboratorios virtuales como alternativa para el desarrollo de competencias pprofesionales. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y gestión Educativa*, 2(4), 101-112. <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/376>
- Moreno, N.-M., Levia, J.-J., & Terron, A. (2015). Mobile learning, Gamificación y Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje. *International Jpurnal of Educational Research and Innovation*.
- Nielsen, J. (2005). *Usability Engineering*. San Francisco: ISBN 0-12-518406-9: Morgan Kaufman.
- Ortiz-Colón, A. M., Jordán, J., & Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica. *SciELO brasil Educação e Pesquisa*, 44. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-4634201844173773>
- Quantanal-Perez, F. (2016). Aplicación de herramientas de gamificación en física y química de secundaria. *Revistas Científicas y Humanistas de la universidad de Zulia*, 32(12). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/opcion/article/view/22051>
- Rodríguez-Cardoso, O. I., Ballesteros-Ballesteros, V., & Lozano-Forero, S. (2019). Tenologias digitales para la innovación en educación: una revisión teórica de procesos de aprendizaje mediados por dispositivos móviles. *Revista Pensamiento y Acción*, 83-105. doi:<https://doi.org/10.19053/01201190.n28.2020.11192>
- Team Vuforia Engine. (2022). *Vuforia Developer Portal*. Obtenido de <https://developer.vuforia.com/>.
- Torres-Samperio, G. A., Franco-Árcega, A., Gutiérrez-Sánchez, M. d., & Suárez-Navarrete, A. (2017). Metodología para el modelado de sistemas de realidad virtual para el aprendizaje en dispositivos móviles. *Pistas Educativas*, 519-532. <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1054/908>
- Torres-Samperio, G. A., Suárez-Navarrete, A., & Gutiérrez-Sánchez, M. d. (2019). La gamificación en los ambientes de realidad virtual móvil. *Pistas Educativas*, 41(133), 671-699. <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2054>
- UNITY. (2021). *Plataforma para el desarrollo en tiempo real para videojuegos*. https://store.unity.com/products/unity-pro?gclid=Cj0KCCQjw16KFBhCgARIsALB0g8JXUCS5kTuHW9pMz4W5FkMbm5E5r_XJK_iTjAuBERHOeOonO_xspIQAjrtEALw_cB