

Desarrollo de una aplicación como estrategia de enseñanza y aprendizaje de la Ley de Coulomb para estudiantes de ingeniería de la Corporación Universitaria Comfacauca, sede Popayán

Development of an application as a teaching and learning strategy of Coulomb's Law for engineering students of the Comfacauca University Corporation, Popayán campus

Desenvolvimento de um aplicativo como estratégia de ensino e aprendizagem da Lei de Coulomb para estudantes de engenharia da Corporação Universitária Comfacauca, campus Popayán

Sandra Juliana Vivas Idrobo

Universidad del Cauca, svivas@unicauca.edu.co.

ORCID: 0000-0001-8729-1450

Diego Alexander Rivera Gómez

Universidad del Cauca, darivera@unicauca.edu.co

ORCID: 0000-0003-2479-2287

Resumen.

El objetivo de esta investigación consistió en desarrollar una aplicación móvil gamificada para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de la Ley de Coulomb, para estudiantes de Educación Superior, que cursaron la asignatura Física II. La metodología implementada fue de corte cualitativo, y el tipo fue Investigación – Acción (IA). Se consideraron tres fases: la primera se definieron los requerimientos para el desarrollo de la aplicación a partir de la opinión de los estudiantes y la experiencia de la docente, en la segunda se modelaron los problemas para el aprendizaje de la Ley de Coulomb y en la tercera se diseñó la aplicación gamificada. Los resultados de la primera fase permitieron establecer los requerimientos para el diseño de la aplicación. En la segunda fase los resultados condujeron a la generación de doce ejercicios tipo problema sobre la Ley de Coulomb, con elementos del contexto, y como resultado de la tercera fase se desarrolló la aplicación considerando elementos de gamificación. Se concluyó que la aplicación móvil para el aprendizaje de la Ley de Coulomb es una estrategia didáctica completa porque incluye varios elementos pedagógicos. Se proyecta implementar la aplicación en estudiantes y evaluar el nivel de ganancia de aprendizaje.

Palabras clave.

Gamificación, Aprendizaje, TIC, Aplicación Móvil, Ley de Coulomb.

Abstract.

The objective of this research was to develop a gamified mobile application to facilitate the teaching and learning of Coulomb's Law, for Higher Education students who took the Physics II subject. The implemented methodology was qualitative, and the type was Research-Action (IA). Three phases were considered: in the first, the requirements for the development of the application were defined based on the opinion of the students and the experience of the teacher, in the second, the problems for learning Coulomb's Law were modeled, and in the third, the gamified application was designed. The results of the first phase allowed to establish the requirements for the design of the application. In the second phase, the results led to the generation of twelve problem-type exercises on Coulomb's Law, with context elements, and because of the third phase, the application was developed considering gamification elements. It was concluded that the mobile application for learning Coulomb's Law is a complete didactic strategy because it includes several pedagogical elements. It is planned to implement the application in students and evaluate the level of learning gain.

Keywords.

Gamification, Learning, ICT, Mobile Application, Coulomb's Law.

Resumo.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um aplicativo móvel gamificado para facilitar o ensino e aprendizagem da Lei de Coulomb, para alunos do Ensino Superior que cursaram a disciplina de Física II. A metodologia implementada foi qualitativa, e do tipo Pesquisa-Ação (IA). Foram consideradas três fases: na primeira, foram definidos os requisitos para o desenvolvimento do aplicativo com base na opinião dos alunos e na experiência do professor, na segunda, modelaram-se os problemas para o aprendizado da Lei de Coulomb, e na terceira, o aplicativo gamificado foi projetado. Os resultados da primeira fase permitiram estabelecer os requisitos para o desenho da aplicação. Na segunda fase, os resultados levaram à geração de doze exercícios do tipo problema sobre a Lei de Coulomb, com elementos de contexto, e como resultado da terceira fase, o aplicativo foi desenvolvido considerando elementos de gamificação. Concluiu-se que o aplicativo móvel para aprendizagem da Lei de Coulomb é uma estratégia didática completa, pois inclui diversos elementos pedagógicos. Está previsto implementar a aplicação nos alunos e avaliar o nível de ganho de aprendizagem.

Palavras-chave.

Gamificação, Aprendizagem, TIC, Aplicação Móvel, Lei de Coulomb.

Introducción

En la actualidad, los estudiantes que se encuentran matriculados en los programas de ingenierías de la Corporación Universitaria Comfacauca deben cursar la asignatura Física II como base de su formación profesional. Esta ciencia corresponde al área del conocimiento que abarca desde los conceptos básicos de la electricidad hasta los de magnetismo. Los análisis realizados en la Corporación con respecto a la pérdida de materias de los estudiantes han mostrado que ésta es una de las ciencias básicas en las que se dificulta el proceso de aprendizaje en los estudiantes. En promedio, actualmente un aula de la asignatura está conformada por aproximadamente 30 estudiantes en el primer corte. En modalidad presencial, la cantidad de estudiantes disminuye a medida que se avanza en el contenido programático de la asignatura y para el corte final quedan entre 12 y 15 estudiantes de los cuales aprueban entre 6 y 8 alumnos, aproximadamente. En la modalidad virtual, adoptada por la emergencia sanitaria ocasionada por SARS CoV-2, se ha observado que la cantidad de estudiantes para el primer corte oscila entre 26 y 30 de los cuáles se mantienen 20 hasta el corte final y de los cuáles aprueban entre 10 y 12 (Corporación Universitaria Comfacauca, 2019).

Las causas se asocian a diversos factores, uno de ellos está relacionado con los escasos o erróneos saberes previos que poseen los estudiantes en el campo de las matemáticas fundamentales (geometría, trigonometría), cálculo diferencial, cálculo integral, el álgebra lineal, la química inorgánica y la mecánica clásica y la poca cohesión que se realizan entre estas disciplinas, para que converjan en el electromagnetismo (Furió, Guisasola & Zubimendi, 1998), (Nava, Arrieta & Flores, 2008) y (Giacosa, Zang & Giorgi, 2012). Otro factor tiene que ver con que los estudiantes no dominan el lenguaje técnico para explicar los fenómenos propios de la asignatura, la razón de ello proviene desde las aulas donde se comete el error al afirmar que el aprendizaje se facilita cuando se emplean palabras comunes para transmitir el conocimiento a las comunidades no científicas, esto conduce a que no se dominen los conceptos sino ideas y, estas a su vez se vinculan con representaciones para acercar los conceptos a los estudiantes, facilitando la explicación y comprensión de los fenómenos abstractos propios de esta ciencia que no son perceptibles a la vista (Quevedo, 2015).

Como consecuencia surge la deserción estudiantil académica al interior de las aulas dado que, la reglamentación de la Corporación Universitaria Comfacauca indica que, si la asignatura se cursa en cinco oportunidades y se pierde, el estudiante es balanceado de la carrera y esto incrementa la cantidad de estudiantes que experimentan el fracaso y bajo rendimiento académico en las disciplinas científicas durante este nivel de formación, según (Corchuelo, 2016). El balanceo conduce al estudiante a tomar dos posibles decisiones, la primera es que se retire del programa e ingrese a otro que no implique dificultad. Y la segunda, sencillamente deserta de la

formación académica universitaria, índice importante que la Corporación combate semestralmente.

Con base en las nuevas herramientas para abordar el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes universitarios, en las cuales se mezclan la didáctica y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se desarrolla esta investigación con el objetivo de desarrollar una aplicación móvil gamificada que facilite los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Ley de Coulomb para estudiantes de ingeniería de la Corporación Universitaria Comfacaucá, sede Popayán y de esta manera, captar y motivar el interés de dichos estudiantes, buscando generar participación en la adquisición o reconstrucción de los conceptos propios de la Ley de Coulomb. La estrategia empleó elementos del contexto social de los estudiantes que cursaron Física II en el año 2018. La implementación y evaluación de la ganancia de aprendizaje en estudiantes se proyecta como un trabajo a futuro.

Aspectos metodológicos

El presente trabajo de investigación se realiza bajo el método de investigación cualitativo. El tipo es Investigación – Acción (IA) debido a que el objeto es transformar la práctica pedagógica para mejorar y transmutar el aprendizaje de la Ley de Coulomb en los estudiantes, para generar una herramienta que ayude a los estudiantes a lograr un aprendizaje significativo, a partir de la reflexión (Colmenares & Piñero, 2008). Por tal razón el objeto de estudio es el acto educativo en el aula y la búsqueda de acciones de mejora para modificar la situación vivida por los estudiantes y docente que orienta el curso.

El diseño metodológico de la investigación inicia con la población objeto de estudio, correspondiente a los estudiantes matriculados en los programas de ingeniería que cursan la asignatura Física II: Electricidad y Magnetismo en la Corporación Universitaria Comfacaucá, sede Popayán, asignatura adscrita al programa de Ingeniería Industrial en el año 2018, se extrajo los requerimientos pedagógicos y técnicos para la creación del aplicativo móvil. El rango de edad de la población que cursa la asignatura Física II oscila entre los 17 y 25 años.

La primera etapa de la investigación se denomina diagnóstico de los preconceptos sobre electricidad y Ley de Coulomb, en la que se aplica una encuesta de pregunta abierta para indagar sobre las dificultades en el aprendizaje de la Ley de Coulomb. Los resultados de esta fase permiten definir los elementos didácticos incluidos en el desarrollo del aplicativo móvil gamificado. La encuesta se aplicó posterior a la revisión de la temática.

En la segunda fase (Modelamiento de situaciones para el aprendizaje de la ley de Coulomb) se realiza la selección de los tipos de materiales del contexto cotidiano del

estudiante y se procede a elaborar los ejercicios tipo problema. Se diseñan teniendo en cuenta los conceptos, principios y leyes del campo de la electricidad relacionados con la Ley de Coulomb, se aborda desde lo más básico hasta ejercicios complejos que incluyen principio de superposición vectorial para determinar la fuerza sobre una carga eléctrica.

El diseño de la aplicación móvil corresponde a la tercera fase en la que se buscan y analizan las aplicaciones móviles y web existentes hasta el momento para el aprendizaje de la Ley de Coulomb, se definen los requerimientos y se realiza el diseño. incorporando elementos didácticos y gamificación al aplicativo móvil.

Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los resultados en cada una de las fases

Etapa de Diagnóstico de los preconceptos sobre electricidad y ley de Coulomb

Los resultados de la encuesta se procesaron con atlas.ti. Se obtuvo un listado de los elementos didácticos que se incluyeron en la aplicación móvil. La encuesta escrita fue estructurada de pregunta abierta sobre los 13 estudiantes que cursaron la asignatura Física II en la Corporación Universitaria Comfacauca durante el segundo período del año 2018 y contó con la participación de estudiantes de todos los programas de ingeniería. Se realizaron cuatro preguntas, cuándo se culminó la asignatura:

1. **1.** ¿Por qué se te dificultó el aprendizaje de la Ley de Coulomb?
2. **2.** ¿Ves útil este concepto en tu vida cotidiana y/o profesional?
3. **3.** ¿Cómo crees que sería más divertido aprender la Ley de Coulomb?
4. **4.** ¿Si fuera un juego para celular, qué objetos usarías para crearla?

El diseño de las preguntas se realizó con base en la experiencia docente al orientar el tema. Los resultados se presentaron por cada pregunta.

En resumen, las respuestas indicaron que la dificultad en el aprendizaje estuvo permeada por el desconocimiento y mal tratamiento del análisis dimensional, conceptos abstractos, débiles bases matemáticas, dificultad en interpretación y análisis de problemas, malos hábitos de estudio, dificultad con el método de las componentes, dificultad con el principio de superposición de fuerzas, trigonometría y ubicación de las fuerzas. Las débiles bases matemáticas, específicamente la trigonometría, condujeron a los estudiantes a no comprender el método de las componentes que permite, tal como se observa en la Figura 1. Otra dificultad detectada fue la escasa interpretación y análisis de los ejercicios para su resolución.

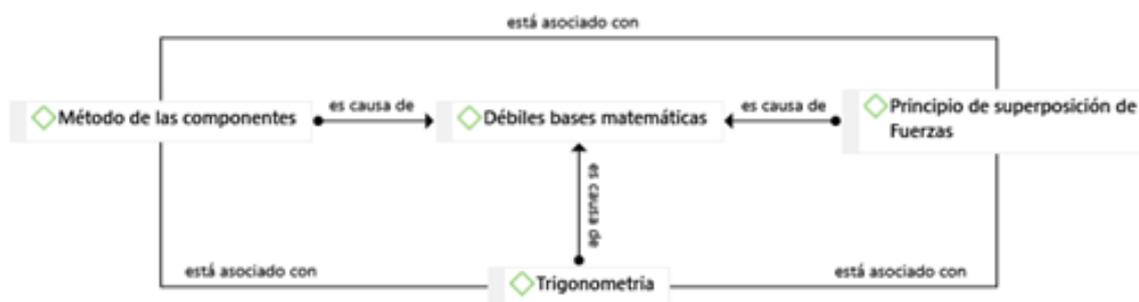


Figura 1. Coocurrencias que permitieron determinar los factores que dificultan el aprendizaje de la Ley de Coulomb. Fuente: creación propia

Los estudiantes explican que la Ley de Coulomb no es útil en lo cotidiano, no ven la importancia y aplicabilidad del tema en sus contextos, pero lo ven como una opción laboral porque les ayudará en su campo profesional a futuro. En cuanto a los recursos didácticos que permiten lograr, a los estudiantes, un aprendizaje significativo son los videos, los juegos y simuladores, recursos apoyados con ilustraciones, competencias recreativas y finalmente el video juego debería contener la representación gráfica de la carga eléctrica, añadir cargas eléctricas para experimentar, personajes que representen a las cargas eléctricas, personajes disparando carga eléctrica, apoyo de ilustraciones y recursos visuales, presencia de competencias, misiones, retos, preguntas de selección múltiple o tipo sabelotodo, niveles de juego en los que la dificultad de resolución se vaya incrementando a medida que se avanza en el juego y que al superar la misión se otorguen puntos, considerar ejercicios o problemas del tema dentro del aplicativo, una primera sección que sea teórica con fórmulas para comprensión del tema. Con los resultados anteriores se definieron los requerimientos para el diseño de la aplicación: Pre- Test, Unidad Didáctica para Ley de Coulomb, Videos explicativos, Juego Gamificado, Retroalimentación, Post- test, Gratuidad, Aplicación para Smarthphone con SO Android.

Modelamiento de situaciones para el aprendizaje de la ley de Coulomb

En la segunda fase, se consultó en páginas web y en el Play Store de Google aplicaciones desarrolladas en torno a la Ley de Coulomb, para determinar si existen aplicaciones en el mercado que ayuden a solventar las dificultades expuestas con anterioridad y que contengan los elementos relevantes para mejorar el aprendizaje. Las aplicaciones encontradas fueron 26: *Physics Games, Laboratorio Virtual, Coulomb, Conversor de unidades de Carga Eléctrica, Electric Charge, Physics Toolkit, Physics complete pocket guide, Física Pro, Engineering Physics, Curso Electrostático, FisLab.Net, Educación, Ciencia y Sociedad, Phet, Caltech Physics, E+, Videos de Ciencia Multimedia, Physics 8.02 Electricity and magnetism, Grupo Lentiscal de Didáctica de la Física y Química, Física con ordenador, Objetos UNAM Simulador Ley de Coulomb, Charge Hockey, Kulonio, FisicaLab, Ley de Coulomb, Ley*

de Coulomb con Geogebra y Fuerzas y Campos.

Se analizaron las aplicaciones y se encontró que el 57,7% (15 aplicaciones) de las 26 son simuladores en página web. De las 26 aplicaciones, 3 de ellas no funcionaron para la temática de estudio, 10 de los 26 aplicativos (38,46%) permitieron modificar valores de carga y distancia, algunas incluyeron la fórmula de la Ley de Coulomb, esto es de utilidad para que el estudiante tenga claridad sobre la ecuación matemática que se usó para obtener el valor que otorga el simulador. Seis aplicativos de los 26 fueron diseñados para el desarrollo de actividades evaluativas ya sea con cuestionarios teóricos o ejercicios, sólo 3 de ellas estuvieron habilitadas para mover y ubicar las cargas en cualquier dirección, pero no consideraron ángulos lo que impidió aplicar el método de las componentes y sólo se pudo aplicar la Ley de Coulomb a dos cargas. Con otras tres aplicaciones sólo se trabajó en el eje x, aplicativo muy rígido porque las cargas sólo se posicionaron en dicho eje. Aplicaciones con ejemplos y ejercicios se encontraron seis, con cuatro de estas se experimentó a modo de simulación. La retroalimentación a los ejercicios o preguntas conceptuales estuvo presente en dos aplicaciones. Doce aplicaciones manejaron teoría de la Ley de Coulomb y con ocho de estas se pudo manejar los dos tipos de carga. Diez aplicativos estuvieron diseñados en modo calculadora dónde se entregó el valor de la fuerza. Se encontró que tres aplicaciones que incluyen representación vectorial de la fuerza eléctrica.

Las aplicaciones móviles y web consultadas, fueron desarrolladas para un fin específico o una necesidad puntual de una población en un contexto determinado, por lo que carecen de varios componentes pedagógicos y estrategias didácticas para ser implementadas. Los criterios de exclusión, para no seleccionar una aplicación fueron: simuladores para la Ley de Coulomb que permitieron el movimientos de las cargas eléctricas en cualquier dirección y no indicaron ángulos para aplicar el principio de superposición y obtener la fuerza resultante, calculadoras para sistemas de dos cargas eléctricas, aplicaciones que se encontraron en links obsoletos, aplicaciones con requerimientos especiales de máquina para ejecución, tampoco se consideraron simuladores sin representación gráfica, no se tuvieron en cuenta aplicaciones de conversión de unidades, ni aplicaciones dónde sólo se presentaron fórmulas.

Ninguno de los aplicativos consultados, tuvo todos los elementos pedagógicos y didácticos necesarios, por eso se requirió diseñar una aplicación desde cero que los incluyera. Se seleccionaron de esta búsqueda, nueve aplicaciones que apoyaron y soportaron a la unidad didáctica que se incluyó en el aplicativo móvil, se organizaron en cinco categorías para reforzar los contenidos: **Teoría:** Electric Charge, curso electrostático, videos de ciencia multimedia y FísicaLab, **Simuladores:** Phet, Caltech Physics, E+, Objetos UNAM Simulador Ley de Coulomb, FísicaLab, **Videos:** Curso Electroestático, Videos de Ciencia Multimedia, **Juegos:** Charge Hockey y **Ejercicios que apoyan a los estudiantes en la comprensión de la temática:** FísicaLab

Se delimitan los requerimientos funcionales y no funcionales para el aplicativo: dentro de los requerimientos funcionales está el **REGISTRO DE USUARIOS**: el sistema permite al usuario registrarse, debe suministrar su nombre, programa académico y semestre, pero no se guarda en un servidor. **PUNTUACIÓN**: el sistema asigna un puntaje como premio cuando el usuario complete satisfactoriamente un nivel, completar satisfactoriamente un nivel implica la solución correcta de las misiones asignadas por cada nivel. **VIDAS**: el usuario tiene tres intentos "vidas" para digitar su solución, en caso de que el dato digitado sea erróneo perderá una vida. **TIEMPO**: En cada nivel el usuario tiene 20 minutos para solucionar el ejercicio, una vez se termina el tiempo se toma como un nivel fallido. **VALORES APROXIMADOS**: existe la posibilidad de que algún usuario digite un valor cercano y diferente al calculado por los desarrolladores, razón por la cual se definió un intervalo porque los usuarios pueden usar redondeo hacia arriba o hacia abajo al momento de obtener el resultado. Si el valor ingresado por el usuario está dentro del intervalo la solución es correcta. **SOLUCIÓN**: cada vez que el usuario culmina las misiones y pierde el nivel, puede ver cómo solucionar el ejercicio correspondiente a modo de retroalimentación. **EXPOSICIÓN DE RESULTADO**: al terminar la prueba el sistema expondrá las estadísticas obtenidas por el usuario, dichas estadísticas son: puntos totales y nota (conversión de los puntos en nota) con el propósito de orientarlo en su rendimiento académico en el entrenamiento.

En cuanto a los requerimientos no funcionales se exponen los **REQUISITOS DE RENDIMIENTO**: garantiza una velocidad óptima en los procesos de carga del sistema, además de fluidez en sus características interactivas. **SEGURIDAD**: garantiza la confiabilidad, la seguridad y el desempeño del sistema informático a los diferentes usuarios. En este sentido el sistema no almacena la información de los registros. **FIABILIDAD**: El sistema tiene una interfaz de uso intuitiva y sencilla. **PORTABILIDAD**: El sistema será implantado en dispositivos móviles Sistema Operativo (SO) Android (cualquier versión), porque es el sistema que poseen los smartphones de la población objeto de este estudio.

Diseño de la aplicación móvil teniendo en cuenta los elementos de la gamificación, para los estudiantes de ingeniería que cursaron la asignatura Física II

La tercera fase corresponde a la etapa de diseño. Se desarrolla la aplicación empleando el motor (plataforma) de videojuegos *Unity*. Es una plataforma que permite el desarrollo en modo multiplataforma. Se trabaja con jerarquías, y animaciones de los personajes en cada escena en 3D, es intuitivo y tiene un *asset store* muy completo para extraer los objetos que se emplean en el desarrollo. **Modelo de interfaces**: la interfaz con el usuario consiste en un conjunto de ventanas con botones y campos de textos. Esas ventanas se denominan *Canvas*, se emplea el

elemento *GameObject* del motor de videojuegos *Unity*, desde el módulo *UI* (Interfaz de Usuario), se define el espacio de trabajo, se trabaja con las componentes visuales y funcionalidad común. Ésta está construida específicamente para el sistema propuesto y será visualizada desde dispositivos móviles con SO Android. El lenguaje de programación empleado es C# y se usó visual estudio, se desarrolla bajo programación orientada a objetos. **Arquitectura:** Apoyado sobre la arquitectura de *Unity*, basado en un modelo, vista, controlador. En el modelo se encuentra la información mapeada de módulos, registro de usuarios, preguntas, respuestas y el score por usuario. En la vista general consta de un menú principal que contiene: el nombre, programa y semestre del usuario, pre test, unidad didáctica, videos explicativos, reglas, botón jugar y post test. Controlador: las clases necesarias que contiene la lógica del sistema, que captura información del modelo para ser mostradas en la vista, algunas funciones como jugar donde se muestra el juego en el que el usuario tiene interacción con la máquina, o realizar test donde el usuario se le muestra la información y tiene que realizar cálculos para dar con la respuesta.

Se requiere para el desarrollo, además de la plataforma de videojuegos *Unity* un computador con un procesador *Intel Core I7* (2,50 GHz – 2,59 GHz), memoria RAM de 12 GB, Sistema Operativo de 64 bits con *Windows 10 PRO*, 1 TB de almacenamiento, Tarjeta *Nvidia GEFORCE 940 MX*, Resolución de pantalla mínima 1280 x 800 pixeles. En cuanto a la gamificación, se recurre al lienzo de gamificación para definir la estrategia, los elementos, componentes, recursos y comportamientos de los usuarios dentro del juego, teniendo claro que el objetivo es aprender la Ley de Coulomb. Para garantizar que el video juego es gamificado se tiene en cuenta en el diseño de este los siguientes elementos: Niveles que incrementan en dificultad, Misiones, Ganancia de puntos, Ejercicios o problemas (ABP) incluyendo varios medios, Personajes disparando esferas (rojas: carga positiva y azules carga negativa), Elementos que poseen cargas eléctricas: espada y pistola de carga eléctrica, Pérdida de energía de los personajes, Retroalimentación de los ejercicios paso a paso, Tiempo límite de resolución del ejercicio, según las recomendaciones de García (2013), López (2016) y Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016).

Para que el estudiante comprenda el juego se definió un conjunto de reglas con las siguientes características:

Restricciones del juego: juego diseñado para dispositivo móvil Android. Uso exclusivo para estudiantes que se encuentren cursando la asignatura Electromagnetismo a nivel de Educación Media y Superior. ¿Cómo ganar o perder puntos?: para ganar puntos el estudiante debe vencer cada uno de los retos presentados en modo de misión, eso significa que resolver correctamente. El juego no tiene pérdida de puntos, pero si la misión no se supera no se asigna puntuación y no hay oportunidad de interacción con el rival. Permanecer con vida: para que el estudiante conserve la vida del avatar debe no dejarse impactar por el enemigo, acertar las misiones asignadas en los tiempos

previstos. Completar una misión: cada misión (corresponde a un ejercicio tipo ABP) tiene cajón de texto en el que se ingresa el valor, ya sea texto o número, dependiendo de lo que se solicite en el enunciado. Cuando el estudiante ingresa el dato correcto (dentro del intervalo definido), realiza la verificación y se completa la misión y se asigna la puntuación

Enunciados con situaciones problema a resolver (metas y objetivos): el juego presenta misiones a los estudiantes en cada uno de los 12 niveles, son situaciones problemas inventadas para el aprendizaje de la Ley de Coulomb tipo ABP, se emplean elementos de los contextos cotidianos: espadas de los guerreros medievales, materiales conocidos en los entornos como hierro, aluminio, acero y cobre, avatar en forma de guerrero medieval y soldado moderno. El total de misiones incluidas en el aplicativo son 23. Los ejercicios están relacionados con destruir la espada del enemigo que dispara carga positiva constantemente en el tiempo, depende del material de la espada será la situación problema. Cantidad de puntos: cada misión le otorga un total de 450 puntos al estudiante, si es resuelta correctamente, por lo tanto, el total de puntos máximos que se pueden adquirir en el juego son 10350. Para indicarle al estudiante el dominio de la temática, los puntos se transforman en nota, en un sistema de 0 a 5 bajo regla de tres simple. Simulador de situaciones reales: para experimentar sin riesgo hay un total de 12 niveles que representan en 3D las misiones con avatares y elementos.

Retroalimentación inmediata: no se trabajan pistas visuales, pero al terminar cada nivel y si el estudiante presenta al menos una respuesta incorrecta, el juego lo conduce a la retroalimentación de cada una de las misiones que componen el nivel, esta contiene la solución paso a paso del ejercicio (misión), con representaciones gráficas para la detección y corrección de errores. Para indicar que las respuestas no son correctas se le resta una vida del nivel. Libertad de equivocarse: el juego le otorga tres vidas en cada nivel al estudiante. El símbolo de la vida es un rayo color amarillo, elemento que está en el contexto de fenómeno natural que implica electricidad. La vida se pierde al no ingresar el dato correcto en los cuadros de texto asignados a cada una de las misiones, cuando se pierden las tres vidas el aplicativo envía al estudiante al proceso de retroalimentación por cada misión.

Narrativa: la historia está basada en un soldado moderno que viaja en el tiempo a la época medieval para liberar a una aldea de la posesión de un guerrero (con su ejército) y su dragón. El guerrero ataca constantemente con esferas rojas a la población, esas esferas se conocen en el mundo de la electricidad como cargas positivas generando desequilibrio electrostático en la comunidad. Para vencerlos, se deben resolver las misiones empleando la Ley de Coulomb, el objetivo es desintegrar la espada del enemigo, para ello se requiere tener conocimiento de los elementos que la componen y en el medio en el que se encuentran. Son simulaciones en 3D, contiene el avatar del guerrero medieval asignado al enemigo y el soldado moderno

es el estudiante. El resto de los guerreros que disparan se hace por la sugerencia que realizan los estudiantes.

Restricción de tiempo: el tiempo se maneja en cada uno de los 12 niveles con una cuenta regresiva, depende de la dificultad es la cantidad de tiempo que se le otorga al estudiante para la resolución del nivel. Esto beneficia a los estudiantes, porque a través de la presión adquieren la habilidad de resolver rápida y correctamente los ejercicios propuestos, esto les permite entrenarse para tener un buen desempeño en el parcial. Progreso: el progreso se mide a través de los avances en el nivel, un panel le indica al estudiante en qué nivel se encuentra, cuál es su estado de energía y la energía del enemigo a través de una barra de energía. Son 12 niveles que inician desde la base y van incrementando la dificultad. Múltiples: la cantidad máxima de vidas que tiene el estudiante por nivel son tres que corresponden a las oportunidades que tiene para resolver correctamente una misión.

La aplicación recibe el nombre de F-COULOMB, su logo corresponde a dos guerreros: un soldado medieval y un soldado moderno, los personajes representan a la carga eléctrica, para este caso el guerrero medieval representa a la carga positiva y el soldado moderno la carga negativa. Los colores de la aplicación son blanco, rojo y azul, los colores rojo y azul corresponden a los colores que se asignan a las cargas eléctricas positiva y negativa, respectivamente. Cada guerrero tiene asignada carga eléctrica, representada a través de esferas.



Figura 2. Pantalla de inicio de la aplicación para el aprendizaje de la Ley de Coulomb: F-COULOMB.
Logo del aplicativo. Fuente: creación propia

Después del registro, el estudiante se encuentra con un menú principal en el que se cargan sus datos y aparecen los ítems de lo que puede realizar en la aplicación. Lo primero que el estudiante debe hacer es ingresar al pre-test para determinar el estado de sus conocimientos previos, este pre-test es el que contiene las 19 preguntas de saberes previos, le informa al estudiante cuando la respuesta es correcta y lleva un conteo de la cantidad de aciertos, al final de las preguntas se le entrega al estudiante la cantidad de aciertos, esto con el fin de que sepa cómo están sus conocimientos. La aplicación incluye una unidad didáctica que contiene un link que dirige al estudiante al Classroom en donde se encuentran las diapositivas de las clases, los videos, aplicativos y simuladores que apoyan el aprendizaje de los conceptos básicos de electricidad y la Ley de Coulomb tal como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Recursos didácticos para el aprendizaje de la Ley de Coulomb incluidos en la aplicación F-COULOMB. a. Pantalla de registro para los estudiantes. b. Menú principal de la aplicación. c. Pantalla de bienvenida al pre-test. d. Pantalla que contiene las preguntas del pre-test, contiene enunciado y respuestas de selección múltiple. e. Mensaje al usuario para indicarle que la respuesta que seleccionó es correcta. f. Pantalla que presenta la cantidad de aciertos de los estudiantes en el pre-test. g. Ítem que conduce a la unidad didáctica de la Ley de Coulomb en el Classroom. h. Ítem de Videos que contiene los vínculos de cada uno de los temas objeto de estudio Fuente: creación propia

Las misiones se asignaron a monedas que se encuentran en el entorno del juego, el soldado al interactuar con la moneda, despliega en pantalla un panel que muestra el enunciado del ejercicio o pregunta (misión), si es un ejercicio se acompaña por la gráfica de la situación y un cajón donde el estudiante debe ingresar el valor que solicite dicho ejercicio y un botón de verificación (el campo de verificación se trabaja por rangos dado que los estudiantes pueden redondear los resultados y no obtener el mismo del aplicativo), si la respuesta es incorrecta se resta una vida de las tres que se otorgan y desaparece el panel de esa misión, el soldado continúa recorriendo el nivel hasta encontrar la siguiente moneda y resolver el siguiente reto (Figura 4).



Figura 5. Interfaz del juego: nombre del jugador, cantidad de puntos que gana (acumulativos), barras de energía (color azul) soldado (estudiante) y guerrero medieval (color rojo). Cantidad de vidas: tres, nivel en el que se encuentra, tiempo límite para resolver y contestar lo que se pregunta, cantidad de misiones: representadas por una botella, eso indica la cantidad de ejercicios por resolver en cada nivel.

Cuando termina los retos, puede interactuar disparando al enemigo cargas negativas mientras que el enemigo dispara constantemente carga positiva y se le presenta el panel de retroalimentación para que compare y verifique los errores. La retroalimentación contiene dibujos, diagramas de cuerpo libre para representación de fuerzas, cálculos con el paso a paso y fórmulas con explicación detallada hasta conducir a la respuesta final. Al final del juego la aplicación presenta la cantidad de puntos y las convierte en nota para que el estudiante tenga una idea de cómo está su nivel de conocimiento en la Ley de Coulomb y pueda estar preparado para el parcial. Importante a mencionar que la nota se encuentra entre 0 y 5.

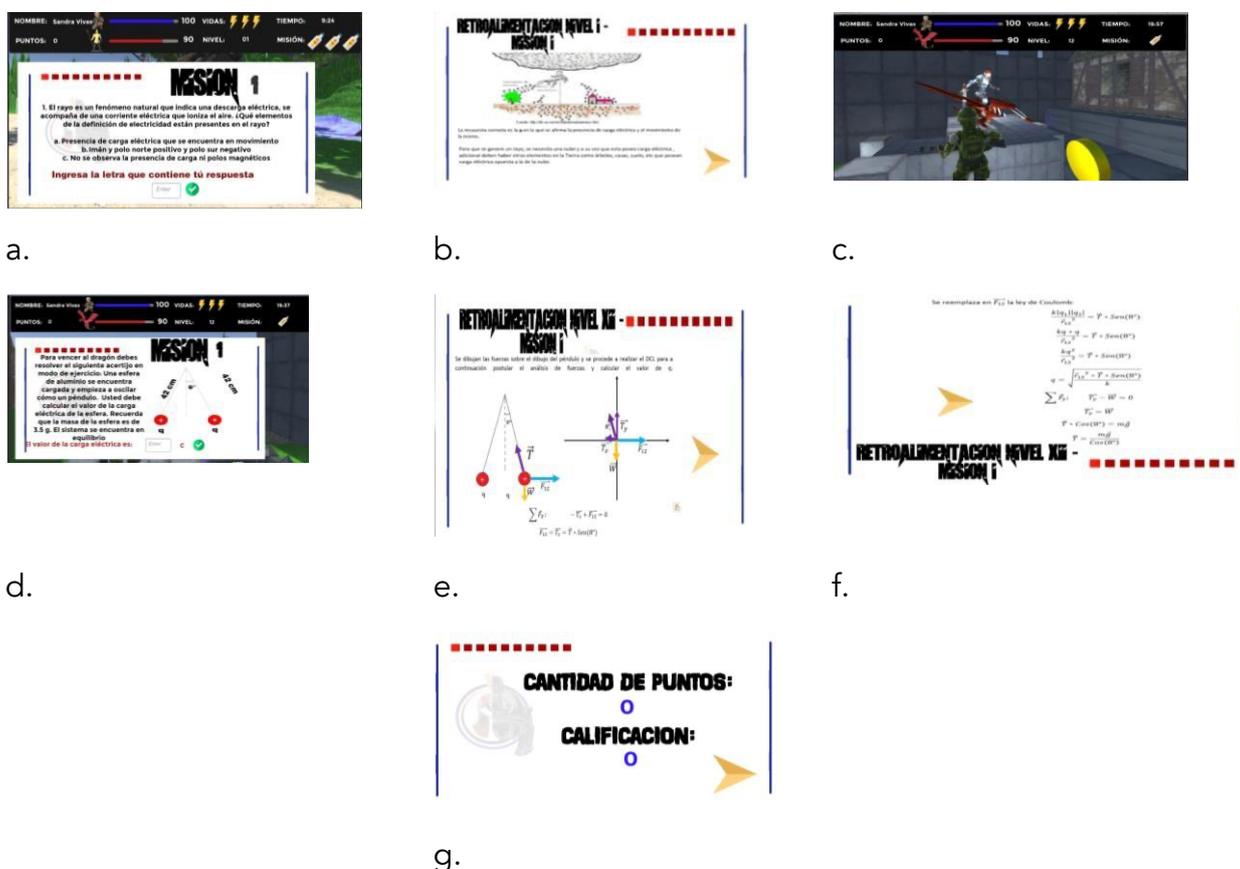


Figura 5. a. Pantalla de presentación que contiene el ejercicio de la misión 1 para el estudiante. b. Retroalimentación de la misión 1 del nivel I. c. Presentación del nivel 12. d. Nivel 12 de F-COULOMB de máxima dificultad. e. Retroalimentación usando diagramas de cuerpo libre. f. Retroalimentación paso a paso del ejercicio principio de superposición. g. Pantalla de los resultados logrados por los estudiantes al finalizar F-COULOMB en puntos y nota. Fuente: creación propia

Un ítem final dentro del menú principal es el post-test, que contiene las mismas 19 preguntas del pre-test para que el estudiante observe si mejoró su aprendizaje en el tema y esté listo para la evaluación formal del tema en el aula.

Posterior a la generación de cada Canvas (escena), se configura el sistema para que la aplicación funcione en un celular con SO Android. El archivo final es una apk que

es la que se instala en los dispositivos móviles. Para configurar el juego para el tamaño de cualquier pantalla de celular, se selecciona el Canvas la propiedad Canvas Scaler, se selecciona Scale with screen size que corresponde a 1920 x 1080 Landscape.

El juego se desarrolla ordenando la información en carpetas en el asset de Unity, las carpetas están ordenadas para los recursos, cada botón y funcionalidad del menú principal, códigos o scripts dónde se encuentran funciones para cálculos y animaciones de los personajes, escenas y prefabs (objetos que se usan en cada escena y que sus propiedades no varían).

Discusión

Como mencionaron (Badia y García, 2006), el ABP genera aprendizaje significativo si está mediado por recursos tecnológicos y por las TIC, como estrategia metodológica para proporcionar al estudiante ayudas educativas útiles a su proceso. Es por esta razón que se mezcla el juego, la gamificación y las situaciones problema en un recurso tecnológico con representación de situaciones para apoyar y reforzar el aprendizaje en los estudiantes. La gamificación se diseña para que el estudiante fortalezca la habilidad de toma de decisiones frente a las misiones o situaciones problemas que se le asignan y para que asimile la teoría con un nivel de motivación mayor al que ofrece un proceso formativo tradicional. Siguiendo a (Vizcarro y Juárez, 2008.) los problemas se redactaron en un lenguaje sencillo de un fenómeno observable en el video juego y que fueron planteados a modo de reto para que los estudiantes aplicaran los fundamentos teóricos adquiridos en el aula.

Se incluye un pretest para a futuro evaluar los saberes previos, esto se realiza siguiendo la recomendación de (Meneses y Caballero, 1995), antes de enseñar la temática debe evaluarse el estado de los saberes previos de los estudiantes, las motivaciones que poseen al momento de aprender el tema. Para la elaboración de la unidad didáctica se analizan las condiciones de enseñabilidad de la disciplina (secuencialidad, lógica interna, reglas, proposiciones, niveles de epistemologización, lenguaje técnico y los contenidos), el enfoque pedagógico que enmarca el proceso y las condiciones sociales y culturales que caracterizan a los estudiantes, de acuerdo con (Florez, 2005).

Como el modelo pedagógico de la Corporación está enmarcado en el constructivismo, el material de enseñanza está diseñado considerando las corrientes de la pedagogía que pertenecen a este movimiento. El estudiante accede progresiva y secuencialmente a la etapa superior en el conocimiento de la Ley de Coulomb, para ello en la unidad didáctica y en el videojuego se abordaron los contenidos desde lo más básico a lo más complejo. Se propende por el fortalecimiento en el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la electricidad, para el desarrollo de la capacidad intelectual del estudiante, empleando elementos de sus contextos, tal como lo indica

la corriente expuesta en un inicio por Ausubel y Bruner desde la perspectiva pedagógica constructivista (Florez, 2005).

Los videos incluidos en F-COULOMB, contienen imágenes y audios que representan y explican los conceptos de forma amena y dinámica, buscando con estos motivar el interés de los estudiantes, captar su atención y generar el aprendizaje significativo. Tal como indicó (Mora & Aguilar, 2011), el video como herramienta pedagógica en el aula facilita la construcción del conocimiento y genera un aprendizaje significativo porque a partir de las imágenes, el sonido y las palabras se estimula a los sentidos de los estudiantes, los conduce a indagar y llevar lo comprendido a situaciones particulares de sus contextos para la construcción de los conceptos y con ello se logra alcanzar el objetivo del modelo pedagógico constructivista.

Es importante considerar los juegos para motivar el aprendizaje y el interés en el ámbito educativo, porque cuando se les presenta a los estudiantes estos tipos de situaciones les permiten afrontar una situación problema que deben resolver (los obliga a pensar y combinar con la teoría y saberes previos) y cuando logran la meta, además de generar la sensación de satisfacción le retroalimenta al estudiante que logra el dominio de la temática y que ha desarrollado una nueva habilidad, tal como lo afirma (García, 2013).

En el desarrollo del aplicativo se emplearon gran cantidad de imágenes para representar los fenómenos que por lo general corresponden a situaciones abstractas, buscando el acercamiento entre los estudiantes y la temática, así como también el uso de videos, simuladores y experiencias en aula, recursos con los que los estudiantes logran un aprendizaje significativo. Todo este conjunto permite el desarrollo de habilidades en procesos de interpretación, tal como lo exponen (Abril y Villamarin, 2008)

Conclusiones

Un aplicativo con ejercicios basados en el contexto cotidiano, con materiales cercanos a los estudiantes permite una mejor comprensión de los temas, lo que no se logra en las aulas actualmente al usar los ejercicios propuestos en los textos que están fuera del contexto de los estudiantes dado que son elaborados para otros países y con elementos o situaciones alejadas de la realidad.

Se sabe que los constructos personales se generan en los estudiantes a partir de su experiencia con los fenómenos que se estudian en este curso que los conducen a responder basados en el sentido común, los estudiantes acceden a los cursos de formación universitaria con escasos saberes previos en matemáticas, mecánica clásica, cálculo y álgebra lineal fueron el factor que afecta el desempeño académico de los estudiantes en la temática Ley de Coulomb y la falta de cohesión entre las asignaturas,

con este aplicativo se buscan eliminar estas dificultades a nivel de la mecánica clásica, el álgebra lineal y el cálculo diferencial.

La creación de estrategias y recursos didácticos que incorporaron las TIC enfocados en la conceptualización requirió un gran esfuerzo, su diseño se realizó con base en la experiencia docente a lo largo de cuatro años, orientados para producir un mejor rendimiento académico en los estudiantes, se tuvo en cuenta la rigurosidad propia para la enseñanza de una ciencia y el PEI de la Corporación Universitaria Comfacauca para propiciar un pensamiento inductivo, generando un ambiente motivador de experiencias para adquirir nuevo conocimiento, pero la virtualidad no permitió la correcta implementación para unos mejores resultados.

El desarrollo de la aplicación móvil gamificada aporta al aprendizaje de la Ley de Coulomb porque contiene varios recursos didácticos, evalúa los saberes previos, le presenta al estudiante una unidad didáctica y lo conduce por actividades y videos para que pueda construir el conocimiento con la ayuda y participación del docente, le presenta una estrategia gamificada para entrenamiento a nivel físico matemático con elementos del contexto y dónde interrelacione las ciencias básicas que ha aprendido para resolver situaciones problema, desde un nivel básico a un nivel de dificultad superior y finalmente le permite después de todo el proceso evaluar si aprendió al diligenciar el mismo pre-test en modo post-test. Este aplicativo se espera aporte y permita a los estudiantes a futuro lograr una ganancia en el nivel de aprendizaje al emplear la herramienta completa, dado que al implementar los videos, simuladores y unidad didáctica se obtuvo una ganancia de conocimiento. El diseño y desarrollo de aplicaciones móviles generan motivación e interés en los estudiantes al momento de aprender, por tanto, hacen más llevadera un tema en particular que se compone de exceso de subtemas, mejorando los procesos de E/A y brindando nuevas estrategias didácticas a los docentes para mejorar sus métodos de enseñanza en las aulas.

Referencias Bibliográficas

- Abril, S., & Villamarin, S. (2008). Seminario Didáctica de la Física: Procesos del pensamiento en la didáctica de la física. *Revista Virtual Góndola*, 3(2), 1-4. Recuperado el 26 de 10 de 2018, de <https://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/09/2008Vol3No2-001.pdf>
- Badia, A., & García, C. (2006). Incorporación de las TIC en la enseñanza y aprendizaje basados en la elaboración colaborativa de proyectos. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3(2), 42-54. Recuperado el 4 de 11 de 2018, de <https://www.raco.cat/index.php/Rusc/article/viewFile/50981/53306>
- Colmenares, A., & Piñero, M. (2008). La Investigación Acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y

prácticas socio-educativas. *Laurus*, 14(27), 96-114. Recuperado el 24 de 05 de 2021, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111892006>

Corchuelo, M. (2016). *Reflexiones para educar en ciencias* (1 ed.). Popayán, Colombia: Universidad del Cauca. Recuperado el 14 de Noviembre de 2020

Corporación Universitaria Comfacauca. (2019). *Sistema Integrado de Gestión Académica*. Sistema Integrado de Gestión Académica. Popayán, Colombia.

Florez, R. (2005). *Pedagogía del conocimiento* (2 ed ed.). Bogotá D.C., Colombia: Mc. Graw Hill Interamericana. Recuperado el 8 de 10 de 2017

Furió, C., Guisasola, J., & Zubimendi, J. (1998). Problemas Históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos considerados elementales. *Investigaciones en Enseñanza de Ciencias*, 3(3), 165-188. Recuperado el 20 de 6 de 2018, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/download/616/404>.

García , P. (agosto de 2013). *Juegos educativos para el aprendizaje de la matemática*. México. Recuperado el 25 de 10 de 2018, de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/05/09/Garcia-Petrona.pdf>

Giacosa, N., Zang, C., & Giorgi, S. (2012). TIC en la enseñanza y el aprendizaje de electrostática. *XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, (págs. 957-961). Entre Ríos, Argentina.

López, C. (2016). El videojuego como herramienta educativa. Posibilidades y problemáticas acerca de los serious games. *Apertura*, 8(1), 1-15. Recuperado el 7 de Abril de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68845366010>

Meneses, J., & Caballero, M. (1995). Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 36-45. Recuperado el 11 de Abril de 2021, de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IHTE0ezOSOkJ:https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21391/93350+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

Mora , M., & Aguilar , F. (2011). Propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos físicos básicos a partir del uso del video de ciencia ficción y prácticas de aulas demostrativas. *Revista Científica*, 1(13), 1-7. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.1313>

Nava, M., Arrieta, X., & Flores , M. (5 de 2008). Ideas previas sobre carga, fuerza y campo eléctrico en estudiantes universitarios. Consideraciones para su superación. *TELOS: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales. UNIVERSIDAD Rafael Belloso Chacín*, 10(2), 17. Recuperado el 28 de 5 de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/993/99318157007.pdf>

- Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2016). Edutrends - Gamificación. Monterrey. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de <https://static1.squarespace.com/static/53aadf1de4b0a0a817640cca/t/61128f7947dc6168758053c2/1628606333086/09.+EduTrends+Gamificaci%C3%B3n.pdf>
- Quevedo, L. M. (2015). *Diseño Instruccional en simuladores de física*. Seminario "Contenidos educativos digitales y comunidades de aprendizaje", (pág. 15). México, D.F. Recuperado el 28 de 5 de 2018, de https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4413/Lidice%20Quevedo_Dise%C3%B1o%20Instruccional%20en%20simuladores%20de%20f%C3%ADsica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vizcarro, C., & Juárez, E. (2008). Capítulo 1. ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas? En *La metodología del aprendizaje basado en problemas* (págs. 1-281). Madrid.

Recepción: 10/11/2021 - **Aceptación:** 10/02/2022

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo

Vivas, S. J., & Rivera, D. A. (2022). Desarrollo de una aplicación como estrategia de enseñanza y aprendizaje de la Ley de Coulomb para estudiantes de ingeniería de la Corporación Universitaria Comfacauca, sede Popayán. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN)*, 1(1), pp. 332-349.