

Modelo de desarrollo basado en métricas de usabilidad para la construcción de aplicaciones móviles educativas

Development model based on usability metrics for the construction of educational mobile applications

Jorge Luis Escobar Reynel^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-9625-2701>

Rubén Enrique Baena Navarro²  <https://orcid.org/0000-0001-5055-6515>

Deimer David Yepes Miranda³  <https://orcid.org/0000-0002-9859-2192>

Recibido 20 de enero de 2022, aceptado 18 de abril de 2023

Received: January 20, 2022 Accepted: April 18, 2023

RESUMEN

El Gobierno Colombiano a través de estrategias de inversión que le apuestan a la calidad educativa, dota de dispositivos móviles a las escuelas del país. No obstante, las aplicaciones móviles contenidas en estos dispositivos carecen de temáticas acordes al contexto y nivel educativo, usabilidad, diseño UX/UI y no promueven un mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. El presente trabajo propone un modelo para que docentes no programadores, puedan desarrollar aplicaciones móviles educativas que generen en el estudiante una buena “experiencia de usuario” con altos índices de eficiencia, satisfacción y facilidad de aprendizaje. Este estudio de tipo descriptivo, se aplica en 10 instituciones educativas públicas. Después de evaluar con 20 estudiantes 3 aplicaciones móviles educativas, se obtiene que la aplicación que emana de este modelo presenta unos resultados satisfactorios en cada una de las métricas que miden la usabilidad, donde obtuvo una eficacia del 88%, así mismo fue la más eficiente y la que mayor nivel de satisfacción obtuvo con 82 puntos. En conclusión, el modelo de desarrollo presentado es funcional, promueve el diseño de aplicaciones móviles educativas atractivas, utiliza elementos tecnopedagógicos y responde a las necesidades del contexto académico que lo requiere.

Palabras clave: Aplicaciones móviles educativas, modelo de desarrollo, enseñanza-aprendizaje, diseño UX/UI, usabilidad.

ABSTRACT

Through investment strategies that bet on educational quality, the Colombian government provides mobile devices to the country's schools. However, the mobile applications in these devices need themes according to the context and educational level, usability, and UX / UI design. They do not promote an improvement in the teaching-learning process. The present work proposes a model so that non-programming teachers can develop mobile educational applications that generate in the student a good “user experience” with high rates of efficiency and satisfaction, and ease of learning. This descriptive study is applied in 10

¹ Universidad de Santander. Centro Virtual. Bucaramanga, Colombia. E-mail: jorge.escobar@cvudes.edu.co

² Universidad de Córdoba. Departamento de Ingeniería de Sistemas. Montería, Colombia.

E-mail: rbaena@correo.unicordoba.edu.co

³ Universidad de Córdoba. Programa de Informática. Montería, Colombia. E-mail: dyepesmiranda72@correo.unicordoba.edu.co

* Autor de correspondencia: jorge.escobar@cvudes.edu.co

public educational institutions. After evaluating 3 mobile educational applications with 20 students, it is obtained that the application that emanates from this model presents satisfactory results in each of the metrics that measure usability, where it obtained an efficiency of 88%; likewise, it was the most efficient and the one with the highest level of satisfaction with 82 points. In conclusion, the development model presented is functional, promotes the design of attractive educational mobile applications, uses technological elements, and responds to the needs of the academic context that requires it.

Keywords: Educational mobile applications, development model, teaching-learning, UX/UI design, usability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes modelos basados en el uso de aplicaciones móviles educativas para potenciar procesos de aprendizaje, con elementos y características particulares ajustadas a la metodología y el diseño que cada uno de ellos propone.

El Modelo de Integración educomunicativa de ‘Apps’ móviles para la enseñanza y aprendizaje tiene como objetivo la construcción teórica de un modelo educomunicativo basado en aplicaciones móviles para el estudio y aprendizaje de la asignatura “Metodología de Investigación”, se fundamenta en el modelo teórico de la Taxonomía de Bloom para la Era Digital y propone una matriz de aprendizaje que relaciona los objetivos-acciones de ‘apps’ móviles con el potencial educativo [1].

Por otro lado, Martín presenta el modelo M2Learn en el cual se describe un marco abierto destinado a facilitar el desarrollo de aplicaciones de aprendizaje móviles y ubicuas [2]. Las principales características que implementa este marco son la gestión transparente de varias tecnologías basadas en la ubicación, la fácil identificación de objetos mediante RFID, el soporte para sensores de movimiento, la interoperabilidad con los servicios existentes en una plataforma de aprendizaje electrónico Moodle y el apoyo para estándares de aprendizaje electrónico ampliamente aceptados. Su objetivo es construir un framework de código abierto para simplificar y facilitar el desarrollo de aplicaciones complejas de aprendizaje móvil, facilitando a los diseñadores la creación de aplicaciones más sofisticadas.

De igual forma el modelo “Framework for the Rational Analysis of Mobile Education” (FRAME), propuesto por Koole citado por Gómez y Chacón [3, 4], expone en su trabajo, titulado “A model for framing mobile learning” que se traduce como

“Un modelo para enmarcar el aprendizaje móvil”, utiliza una representación de diagramas de Venn en la que se exponen aspectos más relevantes dentro del proceso de aprendizaje, estos son estudiante, social y dispositivo de tal forma que se expongan las intersecciones que existen entre los aspectos, anteriormente mencionados. Este pretende orientar el desarrollo de futuros dispositivos, materiales de aprendizaje y el diseño de estrategias de enseñanza y aprendizaje para la educación móvil, entendiendo que el aprendizaje es concebido como un proceso que se genera de la convergencia entre los dispositivos móviles y las capacidades individuales e interacción social del ser humano.

Por su parte, Molina y Romero desarrollan un artículo de investigación titulado “Ambiente de Aprendizaje Móvil Basado en Micro-Aprendizaje” en este se presenta un entorno de aprendizaje móvil basado en el modelo de microaprendizaje [5]. El modelo de aprendizaje móvil basado en microaprendizaje permite que los alumnos fortalezcan su capacidad de autoaprendizaje, asimismo les posibilita la creación de su propia representación de la navegación entre el aprendizaje, dispositivos móviles, recursos, temas, y cursos. Este modelo ha sido implementado parcialmente en un sistema Web desarrollado por los investigadores mencionados anteriormente, además de que ha permitido la integración de un Learning Management System (LMS) para entornos de aprendizaje móvil.

El modelo de desarrollo basado en métricas de usabilidad para la construcción de aplicaciones móviles educativas planteado en este trabajo tiene como objetivo definir las fases de desarrollo de software que siguen una secuencia ordenada, abordando aspectos relevantes como reconocimiento, estructura didáctica, contenidos, técnicas de diseño UX/UI, desarrollo, validación y aplicación; y contribuyendo así al proceso de construcción de

aplicaciones móviles, como estrategia para integrar eficazmente estos dispositivos en el entorno educativo. El diseño de este modelo permite a los docentes no programadores, desarrollar aplicaciones móviles atractivas para el estudiante y contextualizadas al entorno educativo, buscando así la articulación del proceso enseñanza-aprendizaje con una estrategia tecnológica innovadora a través de un marco de trabajo. La ratificación de la confiabilidad de este modelo se evidencia a través de los resultados obtenidos en el experimento de medición de usabilidad en el que se evalúa la eficacia, eficiencia, satisfacción y nivel de aprendizaje de las aplicaciones móviles educativas que emanan de la implementación del plan estructurado.

La interacción de las fases del modelo en este trabajo se muestra en la Figura 1.

En este sentido, el modelo de desarrollo expuesto en este trabajo representa un aporte que coadyuva a que profesores no especializados en desarrollo de software, puedan construir aplicaciones móviles educativas para cualquier tipo de plataforma (Android, iOS, entre otras), distinto a los modelos donde se emplean apps móviles que no son desarrolladas a la medida de las necesidades del entorno académico.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, en esta investigación se persiguen los siguientes objetivos:

1. Definir las categorías mínimas de usabilidad que permitan que una aplicación móvil educativa

genere una buena “experiencia de usuario” con altos índices de eficiencia y satisfacción.

2. Desarrollar un marco de trabajo para el diseño de aplicaciones móviles educativas usables que se adapten al proceso de enseñanza aprendizaje de las distintas áreas del saber.
3. Validar la implementación del modelo de desarrollo a partir de la aplicación de instrumentos que permitan la confiabilidad de la medición de la usabilidad y la experiencia de usuario.

MÉTODO

Este trabajo se apoya en el uso de la investigación descriptiva, para interpretar los resultados obtenidos una vez se haya realizado el diseño del modelo y su implementación; como intervención en un proceso de aprendizaje en instituciones educativas. Para ello se hace necesario caracterizar el contexto en donde se aplicará el modelo, reconocer los puntos de partida que éste oferta y dónde se quiere llegar con el uso de la estrategia; en tal virtud, se presenta mediante un enfoque cuantitativo. Para la obtención de resultados de alta confiabilidad se implementará el método de coeficiente α de Cronbach [6].

Medición de usabilidad para aplicaciones móviles educativas

Para medir la eficacia en aplicaciones móviles educativas, se hace necesario precisar a qué se refieren los términos de éxito y fracaso para los estudiantes que desarrollan una actividad de aprendizaje,



Figura 1. Modelo de desarrollo basado en métricas de usabilidad.

teniendo en cuenta que para que esta sea eficaz se deben contemplar como mínimo 3 momentos, en el que primero se aborden conceptualizaciones previas acerca de la competencia que se pretenda fortalecer, un segundo momento en el que se desarrollen una serie de ejercicios dentro de la app que permitan poner en práctica los conocimientos y la información brindada y por último un momento de evaluación que busca valorar el proceso de aprendizaje del estudiante.

Para el cálculo de la dimensión eficacia se hace uso de la ecuación (1), creada por los autores y expuesta a continuación:

$$te = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}\right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}\right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}\right)}{3} \quad (1)$$

Donde:

te = es la tasa de éxito o fracaso del usuario al realizar una actividad determinada.

i = índice de suma que se le asigna un valor inicial llamado límite inferior.

n = cantidad de estudiantes involucrados en el estudio.

p = valor obtenido de las actividades de conceptos previos de la unidad de aprendizaje de la app.

d = valor obtenido de las actividades de afianzamiento de la unidad de aprendizaje de la app.

f = valor obtenido de las actividades de evaluación de la unidad de aprendizaje de la app.

La eficiencia en el uso de una aplicación móvil educativa se refiere a cuánto esfuerzo mental es necesario invertir para realizar las actividades que se encuentran expuestas en cada una de sus secciones. Determina la rapidez con que se pueden desarrollar las tareas centrándose en el tiempo promedio que es necesario invertir para completarlas.

Para calcular la eficiencia se emplea la ecuación (2), creada por los autores, la cual se expone a continuación:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (2)$$

Donde:

e = es la eficiencia en el uso de la app móvil educativa; es decir el tiempo que tardan los estudiantes con tasa de éxito del 100% en

desarrollar una actividad en una aplicación móvil.

n = es la cantidad de estudiantes que logran el 100% en la tasa de éxito (eficacia).

t = es el tiempo invertido en el desarrollo de todas las actividades.

La satisfacción de los estudiantes que hacen uso de una aplicación móvil para fortalecer el proceso de enseñanza, depende principalmente de que estos puedan cumplir su objetivo con el mínimo esfuerzo y de que se sientan a gusto con los atributos del sistema. Es por ello que es correcto afirmar que cuando una aplicación móvil muestra buen nivel de eficiencia y eficacia, también tendrá un buen nivel de satisfacción. Sin embargo, la satisfacción también incluye aspectos que influyen en la experiencia de usuario tales como el diseño o la estética de la aplicación.

Para evaluar esta dimensión, se hace uso del cuestionario original de usabilidad perseguida y experiencia de usuario, System Usability Scale [7, 8].

Este sistema expone un algoritmo el cuál es necesario para cuantificar los valores producto de dicha escala, el cual se encuentra representado en la ecuación (3), creada por los autores y expuesta a continuación:

$$s = \left(\frac{(vr1-1)+(5-vr2)+(vr3-1)+(5-vr4)+(vr5-1)+(5-vr6)+(vr7-1)+(5-vr8)+(vr9-1)+(5-vr10)}{10} \right) * 2,5 \quad (3)$$

Donde:

s = nivel de satisfacción de los estudiantes ante el uso de la aplicación móvil educativa.

vr = es el valor de la respuesta a cada una de las 10 preguntas del cuestionario que emana del sistema de escala de usabilidad, donde las respuestas son valores 1 a 5, en las que 1 es Total desacuerdo y 5 Totalmente de acuerdo.

Esta escala consiste en 10 preguntas, cada una de las cuales puede ser puntuada de 1 a 5, donde 1 significa Total desacuerdo y 5 significa Total acuerdo.

En este trabajo se incluye la Facilidad de Aprendizaje (Learnability) como una dimensión complementaria para medir aspectos específicos de la experiencia de usuario. Muchas de las aplicaciones móviles que existen en la actualidad son de uso poco frecuente, y se diseñan para que puedan usarse

sin instrucciones, de manera intuitiva. Pero al hacer referencia a aplicaciones móviles educativas utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de un área específica, es necesario diseñarlas para que los usuarios tarden lo menos posible en aprender a manejarlas de manera eficiente y sin cometer errores.

Para determinar el valor apropiado para cada una de las sesiones de cada aplicación se utiliza la ecuación (4), creada por los autores, la cual se expone a continuación:

$$L = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n t1_i}{n} \right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n t2_i}{n} \right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n t3_i}{n} \right)}{3} \quad (4)$$

Donde:

L = es la facilidad de aprendizaje del estudiante al utilizar la aplicación móvil.

i = índice de suma que se le asigna un valor inicial llamado límite inferior.

n = cantidad de estudiantes involucrados en el estudio.

t1 = valor obtenido del tiempo que se tarda un estudiante en realizar una actividad de aprendizaje en la app durante la sesión 1.

t2 = valor obtenido del tiempo que se tarda un estudiante en realizar una actividad de aprendizaje en la app durante la sesión 2.

t3 = valor obtenido del tiempo que se tarda un estudiante en realizar una actividad de aprendizaje en la app durante la sesión 3.

Diseño del modelo de desarrollo

A continuación, se presentan una serie de fases que los docentes de las distintas áreas pueden seguir para diseñar y desarrollar aplicaciones móviles educativas usables y atractivas para el estudiante:

Reconocimiento

Inicialmente, se parte de un proceso en el que se lleva a cabo una lectura de contexto basada en la identificación de las características de la Institución Educativa, esto debido a que los recursos que se incorporan deben ser contextualizados, es decir, adaptarse a las necesidades específicas del entorno en el que se desenvuelven los estudiantes. Dentro de esta fase se deben identificar algunas características de usuarios finales y algunos aspectos técnicos que

permitan construir y referenciar compromisos, evitar dificultades a lo largo del desarrollo del proceso y aprovechar todas las oportunidades que puedan ofrecer los dispositivos móviles. En la Figura 2 se muestra el desarrollo de esta fase:

Estructura didáctica

Partiendo del cumplimiento satisfactorio de la etapa anterior, se procede a realizar el diseño pedagógico del contenido. En esta instancia se define el objetivo de aprendizaje, la metodología, las actividades de aprendizaje y las secuencias didácticas que serán implementadas en la aplicación educativa móvil. Los pasos para el desarrollo de esta fase se muestran en la Figura 3.

Diseño UX/UI

Lo primero que se realiza en esta fase es representar gráficamente como se da el desplazamiento de los usuarios a lo largo del desarrollo de las actividades propuestas en la aplicación móvil, a partir de esta

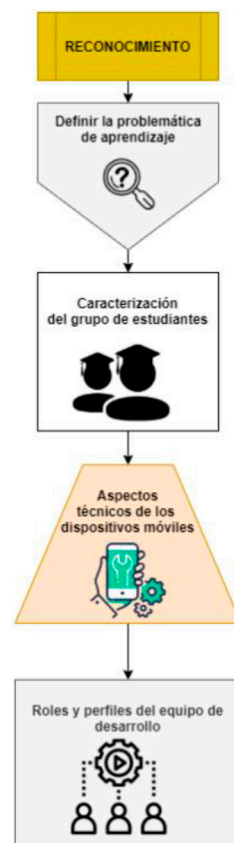


Figura 2. Fase de reconocimiento.



Figura 3. Fase de estructura didáctica.

representación se procede a diseñar bocetos iniciales en el que se visualiza la organización de algunos elementos que hacen parte de la aplicación; tal es el caso de la elaboración de sketch, wireframes y mockup en el que se muestren de forma clara propuestas acerca de la organización de los recursos y elementos constituidos en la aplicación, permitiendo definir la arquitectura de la información de la aplicación móvil educativa [9-12], como se muestra en la Figura 4.

Esta arquitectura de la información, se centra principalmente en mostrar un diseño final de cómo se puede visualizar la aplicación móvil y los elementos que la constituyen, tal es el caso del color, figuras, imágenes y cualquier otro recurso utilizado.

En esta sección se brindan los insumos necesarios para que el docente reconozca los elementos que definen la arquitectura de la información, el diseño e identidad visual en el desarrollo de la aplicación móvil y la estructura del diseño de la propuesta.

Desarrollo

Una vez definida la arquitectura de la información en la fase de diseño, se procede a la creación de

la aplicación móvil, cabe resaltar que para llevar a cabo esta etapa se utiliza WHAT YOU SEE I WHAT YOU GET (WYSIWYG) [13], que coadyuva al momento de definir los bocetos definidos desde su análisis (sketch, wireframes y mockup) en la fase de diseño. Los bocetos permiten llevar a cabo el desarrollo del aplicativo por parte del docente en la herramienta App Inventor [14]. Esta herramienta de desarrollo utiliza un lenguaje de programación basado en bloques (Blocks and logic) [15], donde el docente haciendo uso de WYSIWYG y a partir de un conjunto de herramientas básicas, puede ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación que será utilizada en el sistema operativo Android. Esta herramienta de desarrollo resulta ser la más completa y llamativa al momento de la elaboración y codificación de aplicaciones móviles porque permite crear contenidos nativos e híbridos, y no requieren conocimientos profundos en programación. En conclusión, esta fase integra procesos de construcción de aplicaciones utilizando front-end y back-end como muestra la Figura 5.

Validación

Luego de construida la aplicación móvil se pone a prueba su usabilidad [16], a través de la medición de

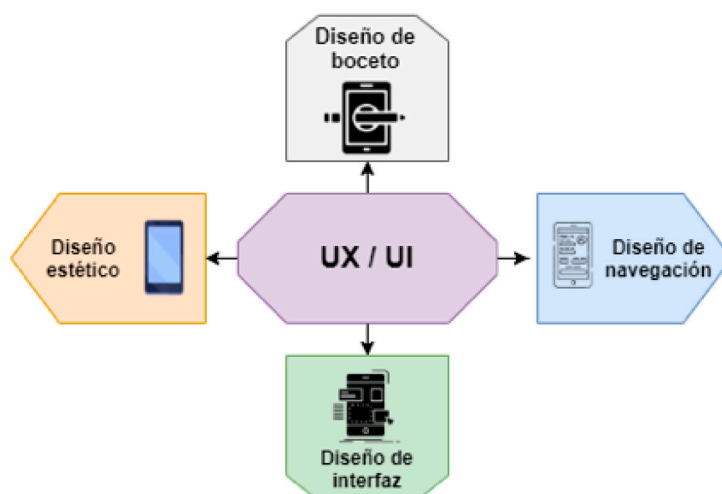


Figura 4. Fase de diseño UX/UI.

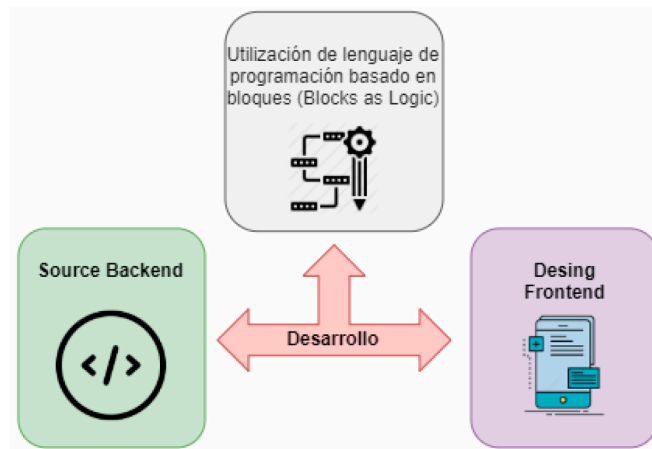


Figura 5. Fase de desarrollo.

las dimensiones eficiencia, eficacia, satisfacción y facilidad de aprendizaje; para lo cual se escoge una muestra de estudiantes que prueben la aplicación, estos pueden ser en grupos pequeños de la población estudiada así como también en algunos grados superiores para potenciar y verificar que este cumpla con las expectativas y su funcionalidad, además de que gracias a la auditoría recibida por los coordinadores académicos y las pruebas que se hagan en el contexto, en las cuales se recogen las percepciones de los usuarios, se podrá retroalimentar la aplicación para identificar las fortalezas y debilidades que se deben tener en cuenta para mejorarla y fortalecer el impacto que esta genera en los estudiantes antes de la entrega final. La Figura 6 muestra los indicadores a tener en cuenta en esta fase.

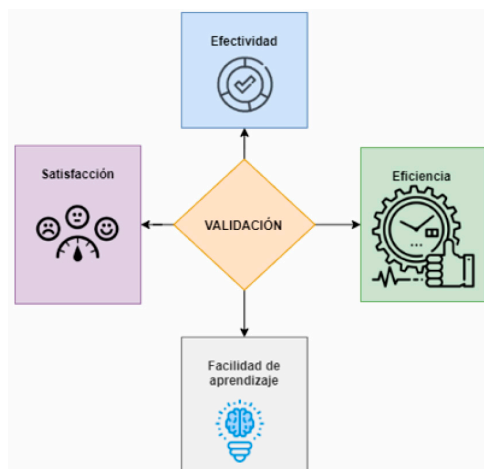


Figura 6. Fase de validación.

Aplicación

Por último, ya evaluada la funcionalidad de la aplicación así como su usabilidad se lleva a cabo el despliegue [17], en el cual se distribuye la aplicación desarrollada por el docente y el equipo de trabajo en la población meta, a partir de la instalación de la misma en los dispositivos móviles, para que pueda usarse esta herramienta en el desarrollo de las clases, cabe resaltar que la funcionalidad y la usabilidad no tiene como meta en ningún momento reemplazar el papel del docente, sino por el contrario que esta sea una herramienta de apoyo para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje orientados por él. Los elementos de esta fase se muestran en la Figura 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar la validación del modelo de desarrollo de este trabajo se seleccionaron 10 instituciones educativas oficiales en Colombia a partir del método de muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional [18], con una confiabilidad del 90%, de estas instituciones, se trabajó con 16 docentes de las distintas áreas básicas de desempeño (matemáticas, lengua castellana, ciencias naturales, ciencias sociales e inglés), quienes diseñaron y desarrollaron sus aplicaciones móviles partiendo de las necesidades propias del proceso enseñanza-aprendizaje del área de desempeño que lideran, a partir del marco de trabajo planteado en el modelo de desarrollo de esta investigación. Es importante resaltar que los docentes involucrados en la estrategia no son expertos en programación, ya que su perfil profesional está orientado hacia la enseñanza. Todos

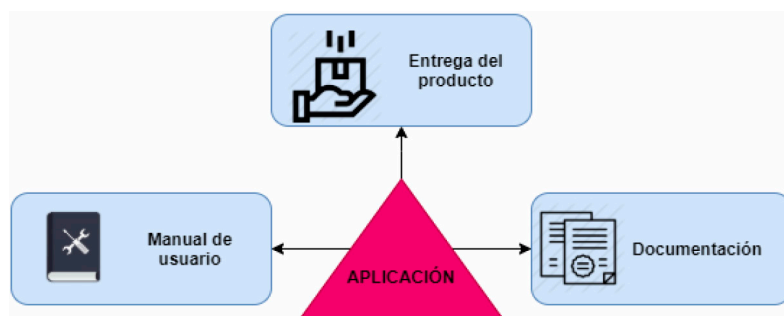


Figura 7. Fase de validación.

estos docentes son licenciados en distintas áreas del saber, y solo poseen competencias definidas en el uso de herramientas TIC aplicadas a la enseñanza. La relevancia de este trabajo se enfoca principalmente en promover y generar competencias en docentes no programadores para que tengan la posibilidad de crear sus propios productos móviles educativos y fortalecer sus procesos dentro del aula.

Basado en la técnica de muestreo de forma discrecional o por juicio [19] se escoge aleatoriamente una de las 10 aplicaciones móviles diseñadas y desarrolladas por el grupo de docentes licenciados que usaron el modelo propuesto y se somete a una valoración por parte de un grupo de estudiantes, junto con 2 aplicaciones móviles que hacen parte del repositorio de recursos móviles con los que están dotados los dispositivos que dona el gobierno nacional a través del programa Computadores para Educar.

Para llevar a cabo el proceso de experimentación, se procede a diseñar un sitio web en el cual se alojan las tres aplicaciones móviles educativas (2 del repositorio institucional y 1 construida con el modelo de este trabajo) que serán descargadas y posteriormente utilizadas por un grupo de 20 estudiantes de las 10 instituciones (2 estudiantes por cada institución). Los 20 estudiantes tienen edades que oscilan entre los 12 y 14 años, y pertenecen a los grados octavo y noveno de educación básica. Para empezar, los estudiantes deben ingresar al sitio web <http://repositorioappsmoveles.ml>, revisar las indicaciones, explorar los elementos complementarios y posteriormente descargar e instalar cada una de las aplicaciones móviles educativas en sus dispositivos. En el espacio web se presentan los pasos y procesos a tener en cuenta para instalar adecuadamente una aplicación móvil en el sistema operativo Android.

Es importante aclarar que el docente líder de cada institución educativa se encargará de acompañar a los estudiantes en el proceso de reconocimiento y uso de las aplicaciones móviles educativas y la posterior recolección de los datos en los instrumentos de validación.

Tres días después del proceso de exploración y uso de las aplicaciones móviles educativas, cuando el estudiante ya ha reconocido todas las secciones y funcionalidades de éstas; se les solicita el diligenciamiento de un instrumento de evaluación.

A continuación, se muestra en la Figura 8 el entorno principal del sitio web Usabilidad en Aplicaciones Móviles Educativas descrito anteriormente.

A través de la aplicación de este instrumento se pretende medir la usabilidad de estas aplicaciones móviles educativas a través de las siguientes dimensiones: eficacia, eficiencia, satisfacción y facilidad de aprendizaje.

Luego de la experimentación llevada a cabo con el grupo de estudiantes que realizaron la exploración y el reconocimiento de las 3 aplicaciones móviles educativas, se presentan los siguientes resultados relacionados con su experiencia de usuario [20, 21]:

Eficacia: En este caso se les solicita a 20 estudiantes entre 12 y 14 años, que accedan a las 3 aplicaciones móviles educativas, las cuales están orientadas a fortalecer procesos de enseñanza en diferentes áreas del saber (Química, Matemática y Física). En cada aplicación móvil los estudiantes deben realizar una actividad de aprendizaje completa para cada una de las secuencias didácticas correspondientes. Cada actividad contiene 3 secciones que se encuentran



Figura 8. Entorno principal del sitio web.

definidas como Conceptos Previos, Desarrollo de Ejercicios y Evaluación.

Luego de ello se les presenta un interrogante con el objetivo de determinar el número de estudiantes que desarrollan las actividades completas, incompletas o que no pudieron desarrollarla. En este caso se toma como referencia que se obtiene un valor de 1 cuando el estudiante completa la actividad en la secuencia didáctica determinada, 0,5 cuando la realiza de forma incompleta y 0 cuando no logra desarrollarla.

Teniendo en cuenta la información planteada anteriormente y la aplicación de una métrica de Tasa de Éxito siguiendo la ecuación (1), en la que se expone una media de las puntuaciones generadas por todos los participantes durante el desarrollo de las actividades. Al calcular la tasa de éxito para las tres aplicaciones móviles educativas involucradas en este trabajo (Paralell, Tabla Periódica y Matemáticas Prácticas) se puede notar que en el caso del cálculo de la variable p , es correspondiente a la actividad conceptos previos de la aplicación Paralell según los distintos índices de suma i (0 cuando no se logra la actividad, 0,5 cuando se desarrolla a medias y 1 cuando el estudiante es capaz de terminarla de forma satisfactoria), se obtuvo para los 20 estudiantes un promedio de 0,85.

De igual forma, al calcular el valor de la variable d asociada a la actividad de afianzamiento para los mismos 20 estudiantes, se obtuvo un valor de 0,93 en la aplicación móvil Paralell y de 0,85 para la variable f , la cual hace referencia al valor de la actividad de

evaluación. Al final se alcanza un promedio general de 0,88 para la métrica de usabilidad en su dimensión eficacia. Este promedio general corresponde al valor de la variable te al experimentar con la aplicación móvil educativa Paralell.

Siguiendo esta misma dinámica y al experimentar con la aplicación móvil Tabla Periódica se obtuvo un valor para la variable p de 0,68, al calcular la variable d se obtuvo un valor de 0,8 y al calcular la variable f se obtuvo un valor de 0,78; logrando así un promedio general de 0,75 que corresponde a la variable te para la aplicación móvil Tabla Periódica. Asimismo, para la aplicación móvil educativa Matemáticas Prácticas los valores obtenidos son los siguientes 0,28 para la variable p , 0,5 para la variable d y 0,4 para la variable f , alcanzando así un promedio general de 0,39 de tasa de éxito te . En la Figura 9 se muestran los datos de tasa de éxito anteriormente descritos.

Teniendo en cuenta lo expuesto en la gráfica anterior, se puede afirmar que la aplicación móvil educativa Paralell, la cual está planteada y diseñada bajo el modelo de desarrollo expuesto en este trabajo, obtuvo una tasa de éxito de 0,88 en el desarrollo de las actividades planteadas en las diferentes secuencias didácticas, mientras que la aplicación móvil Tabla Periódica alcanza una tasa de 0,75 y la aplicación Matemáticas Prácticas presenta una tasa de 0,39; cabe resaltar que estas últimas dos aplicaciones hacen parte del repositorio de recursos móviles con los que están dotados los dispositivos que dona el gobierno nacional a través del programa

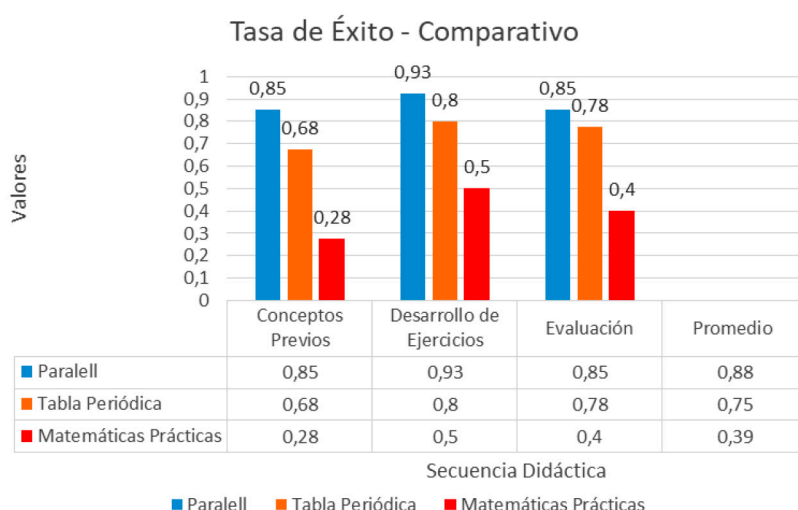


Figura 9. Tasa de éxito-comparativo entre las apps móviles educativas.

Computadores para Educar. Para complementar lo expuesto anteriormente, se describe la recolección de datos en la Tabla 1.

Eficiencia: Para la medición de esta dimensión, inicialmente, se deben identificar a los estudiantes que finalizaron todas las actividades correspondientes a cada uno de los momentos expuestos en las aplicaciones móviles escogidas para el estudio, esto quiere decir que se escogen únicamente los estudiantes que tuvieron una tasa de éxito del 100%.

De acuerdo a lo anterior se escogen entonces 8 estudiantes que lograron desarrollar todas las actividades en la aplicación Paralell, así mismo se escogen 6 estudiantes en la aplicación Tabla Periódica y 4 en la aplicación Matemáticas Prácticas. Luego de esto haciendo uso de la ecuación (2) se procede a realizar una medición del promedio de tiempo que demora un estudiante en realizar todas las actividades en cada una de las aplicaciones móviles educativas escogidas para el estudio. Con relación a la aplicación móvil Paralell, se obtiene para la variable n el valor de 8, correspondiente al número de estudiantes que lograron finalizar satisfactoriamente todas las actividades para el cálculo de la dimensión eficacia. El promedio de los tiempos empleados por los 8 estudiantes para realizar las actividades de forma satisfactoria fue de 10 minutos 31 segundos, que corresponden al valor de e para la aplicación móvil Paralell. Mientras que con la aplicación móvil Tabla Periódica, se obtuvo un valor de n igual a 6, con un

promedio de tiempos invertidos por los estudiantes para finalizar satisfactoriamente las actividades de 12 minutos y 56 segundos para la variable e . Finalmente, con la aplicación móvil Matemáticas Prácticas se obtiene un valor de n igual a 4, con un promedio general de tiempo empleado de 11 minutos 28 segundos correspondiente al valor de e . Los resultados anteriormente descritos se muestran en la Tabla 2. Cabe resaltar que se estipula un tiempo límite de 15:00 minutos como máximo para desarrollar todas las actividades de aprendizaje.

A partir de los datos expuestos en la Tabla 2, se continúa con la graficación de la relación del promedio de duración para cada una de las aplicaciones móviles escogidas. Esta relación se aprecia con claridad en la Figura 10.

En la Figura 10 se puede observar que los estudiantes en promedio han necesitado 10 minutos y 30 segundos para culminar las actividades propuestas en la aplicación Paralell, por otra parte la aplicación Matemáticas Práctica se ubica en segundo lugar con una duración promedio de 11 minutos y 28 segundos, y por último los estudiantes que culminaron las actividades de la aplicación de la Tabla Periódica necesitaron de 12 minutos y 56 segundos, debido a algunos problemas en el acceso y cargue de algunos recursos necesarios para el desarrollo de las mismas. De una forma general se expone a continuación las Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 que muestran la recolección de datos para la elaboración del estudio de esta dimensión.

Tabla 1. Recolección de datos.

Estudiantes	Parallel			Tabla Periódica			Matemáticas Prácticas		
	Conceptos Previos	Desarrollo de Ejercicios	Evaluación	Conceptos Previos	Desarrollo de Ejercicios	Evaluación	Conceptos Previos	Desarrollo de Ejercicios	Evaluación
Estudiante 1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0	0,5
Estudiante 2	0,5	1	0,5	1	1	1	0	0,5	0
Estudiante 3	1	1	1	0	1	0,5	1	1	1
Estudiante 4	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Estudiante 5	1	1	1	0,5	1	1	0	0	0
Estudiante 6	1	1	0,5	1	0	0	1	1	0
Estudiante 7	0,5	0,5	1	0	1	0,5	0	0	0
Estudiante 8	1	1	1	1	0	1	0,5	0,5	1
Estudiante 9	1	1	0,5	1	1	1	0	0	0,5
Estudiante 10	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0	0,5	0
Estudiante 11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estudiante 12	0,5	1	0,5	1	1	0	0	0	0
Estudiante 13	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Estudiante 14	1	0,5	1	1	0,5	1	0	1	0
Estudiante 15	1	1	0,5	1	1	1	0	0	0,5
Estudiante 16	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1
Estudiante 17	1	0,5	1	1	0	1	0	1	0
Estudiante 18	1	1	1	0	0,5	0	0	1	1
Estudiante 19	0,5	1	0,5	1	1	1	0	0,5	0
Estudiante 20	1	1	1	0,5	1	1	0	0	0,5

Tabla 2. Promedio de duración en minutos para cada aplicación móvil educativa.

Aplicación	Promedio de Duración en Segundos	Promedio de Duración en Minutos	Tiempo Límite en Segundos	Tiempo Límite en Minutos
Parallel	619	0:10:31	900	0:15:00
Tabla Periódica	754	0:12:56	900	0:15:00
Matemáticas Prácticas	677	0:11:28	900	0:15:00



Figura 10. Promedio de duración del estudiante al realizar las actividades.

Tabla 3. Tabla de recolección de datos general en la dimensión de eficiencia para la app Parallel.

Parallel							
Estudiantes	Conceptos Previos	Desarrollo de Ejercicios	Evaluación	Duración	Duración en Segundos	Promedio de Duración en Segundos	Promedio Duración en Minutos
Estudiante 1	1	1	1	0:10:20	612	619	0:10:31
Estudiante 2	0,5	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 3	1	1	1	0:10:29	617		
Estudiante 4	1	1	1	0:10:40	624		
Estudiante 5	1	1	1	0:10:38	622		
Estudiante 6	1	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 7	0,5	0,5	1	NA	NA		
Estudiante 8	1	1	1	0:10:29	617		
Estudiante 9	1	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 10	0,5	1	1	NA	NA		
Estudiante 11	1	0,5	1	NA	NA		
Estudiante 12	0,5	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 13	1	1	1	0:10:28	616		
Estudiante 14	1	0,5	1	NA	NA		
Estudiante 15	1	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 16	0,5	1	1	NA	NA		
Estudiante 17	1	0,5	1	NA	NA		
Estudiante 18	1	1	1	0:10:35	621		
Estudiante 19	0,5	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 20	1	1	1	0:10:34	620		

Satisfacción: Se hace necesario que, en primer lugar, se presenten las 3 aplicaciones que deseamos medir a los estudiantes para que posteriormente estos procedan a valorarla. Las preguntas utilizadas para evaluar esta dimensión se muestran a continuación.

1. Creo que usaría esta aplicación móvil frecuentemente.
2. Encuentro esta aplicación móvil innecesariamente compleja.
3. Creo que la aplicación móvil fue fácil de usar.
4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta aplicación móvil.
5. Las funciones de esta aplicación móvil están bien integradas.
6. Creo que la aplicación es muy inconsistente.
7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta aplicación en forma muy rápida.
8. Encuentro que la aplicación móvil es muy difícil de usar.
9. Me siento confiado al usar esta aplicación móvil.
10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta aplicación móvil.

El cuestionario anterior fue diligenciado por cada uno de los estudiantes que lograron tasa de éxito de 100% teniendo en cuenta la segmentación aplicada para las 3 aplicaciones móviles. Para obtener los resultados, se suman los resultados promediados obtenidos de los cuestionarios realizados a nuestros usuarios, considerando lo siguiente: las preguntas impares (1,3,5,7 y 9) tomarán el valor asignado por el estudiante, y se le restará 1 siguiendo lo establecido en la ecuación (3). Para las preguntas pares (2, 4, 6, 8, 10), será de 5 menos el valor asignado por los discentes. Una vez obtenido el número final, se le multiplica por 2,5. Luego de la aplicación del Test se obtienen los siguientes resultados representados en la Tabla 6. Cabe resaltar que estos son producto del promedio generado por la valoración realizada por cada estudiante para cada aplicación móvil. El

Tabla 4. Recolección de datos general en la dimensión de eficiencia para la app Tabla Periódica.

Tabla Periódica							
Estudiantes	Conceptos Previos	Desarrollo de Ejercicios	Evaluación	Duración	Duración en Segundos	Promedio de Duración en Segundos	Promedio de Duración en Minutos
Estudiante 1	0,5	1	1	NA		754	0:12:56
Estudiante 2	1	1	1	0:12:50	750		
Estudiante 3	0	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 4	1	1	1	0:12:45	747		
Estudiante 5	0,5	1	1	NA	NA		
Estudiante 6	1	0	0	NA	NA		
Estudiante 7	0	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 8	1	0	1	NA	NA		
Estudiante 9	1	1	1	0:12:32	740		
Estudiante 10	0,5	1	0,5	NA	NA		
Estudiante 11	1	1	1	0:13:00	780		
Estudiante 12	1	1	0	NA	NA		
Estudiante 13	0	1	1	NA	NA		
Estudiante 14	1	0,5	1	NA	NA		
Estudiante 15	1	1	1	0:13:05	783		
Estudiante 16	0,5	1	1	NA	NA		
Estudiante 17	1	0	1	NA	NA		
Estudiante 18	0	0,5	0	NA	NA		
Estudiante 19	1	1	1	0:12:10	726		
Estudiante 20	0,5	1	1	NA	NA		

desarrollo de los cálculos utilizados en la ecuación (3) para este trabajo se muestran a continuación:

Parallel.

$$S = ((5-1) + (5-2) + (4,3-1) + (5-2,5) + (5-1) + (5-1,8) + (4-1) + (5-1,8) + (4,8-1) + (5-2,2)) * 2,5$$

$$S = (4+3+3,3+2,5+4+3,2+3+3,2+3,8+2,8) * 2,5$$

$$S = (32,8) * 2,5$$

$$S = 82$$

Tabla Periódica.

$$S = ((4-1) + (5-1) + (3,8-1) + (5-2,7) + (3,8-1) + (5-2) + (4,5-1) + (5-3) + (4,4-1) + (5-1,8)) * 2,5$$

$$S = (3 + 4 + 2,8 + 2,3 + 2,8 + 3 + 3,5 + 2 + 3,4 + 3,2) * 2,5$$

$$S = (30) * 2,5$$

$$S = 75$$

Matemáticas Prácticas.

$$S = ((3,8-1) + (5-3,5) + (3-1) + (5-3,5) + (3,7-1) + (5-3,3) + (3,8-1) + (5-3,2) + (3,7-1) + (5-2,5)) * 2,5$$

$$S = (2,8 + 1,5 + 2 + 1,5 + 2,7 + 1,7 + 2,8 + 1,8 + 2,7 + 2,5) * 2,5$$

$$S = (22) * 2,5$$

$$S = 55$$

Tomando como referencia lo expuesto en la tabla anterior, se grafican los resultados obtenidos del análisis de satisfacción realizado, este se puede observar en la Figura 11 y Figura 12.

A partir de lo expuesto en la Figura 12, se puede observar que el puntaje obtenido del test aplicado para la aplicación móvil Parallel arroja un puntaje SUS de 82, evidenciándose entonces que el trabajo con la misma fue una experiencia satisfactoria para los estudiantes. Por otro lado, el puntaje SUS para la aplicación Tabla Periódica fue de 75, lo que refleja un nivel moderado de satisfacción y por último el puntaje SUS obtenido para la app Matemáticas Prácticas fue de 55, lo que indica un nivel de satisfacción mediocre y la necesidad de mejorar el diseño de la aplicación significativamente.

Tabla 5. Recolección de datos general en la dimensión de eficiencia para la app Matemáticas Prácticas.

Matemáticas Prácticas							
Estudiantes	Conceptos Previos	Desarrollo de Ejercicios	Evaluación	Duración	Duración en Segundos	Promedio de Duración en Segundos	Promedio Duración en Minutos
Estudiante 1	0,5	0	0,5	NA		677	0:11:18
Estudiante 2	0	0,5	0	NA			
Estudiante 3	1	1	1	0:11:30	678		
Estudiante 4	0	0	0	NA			
Estudiante 5	0	0	0	NA			
Estudiante 6	1	1	0	NA			
Estudiante 7	0	0	0	NA			
Estudiante 8	0,5	0,5	1	NA			
Estudiante 9	0	0	0,5	NA			
Estudiante 10	0	0,5	0	NA			
Estudiante 11	1	1	1	0:11:45	687		
Estudiante 12	0	0	0	NA			
Estudiante 13	1	1	1	0:11:12	667		
Estudiante 14	0	1	0	NA			
Estudiante 15	0	0	0,5	NA			
Estudiante 16	0,5	1	1	0:11:24	674		
Estudiante 17	0	1	0	NA			
Estudiante 18	0	1	1	NA			
Estudiante 19	0	0,5	0	NA			
Estudiante 20	0	0	0,5	NA			

Tabla 6. Resultados de la aplicación del test.

Pregunta	Parallel	Tabla Periódica	Matemáticas Prácticas
1	5	4	3,8
2	2	1	3,5
3	4,3	3,8	3
4	2,5	2,7	3,5
5	5	3,8	3,7
6	1,8	2	3,3
7	4	4,5	3,8
8	1,8	3	3,2
9	4,8	4,4	3,7
10	2,2	1,8	2,5
Puntaje SUS	82	75	55

Facilidad de aprendizaje (Learnability): A partir del experimento abordado inicialmente con las 3 dimensiones anteriormente expuestas, se procede a medir la facilidad de aprendizaje que le permita al estudiante acceder a la aplicación móvil, revisar

todas sus secciones y comprenderlas durante 3 sesiones consecutivas. De esta forma se pretende verificar en qué aplicación móvil el estudiante tarda menos tiempo en aprender la totalidad de sus secciones y su entorno (instrucciones,

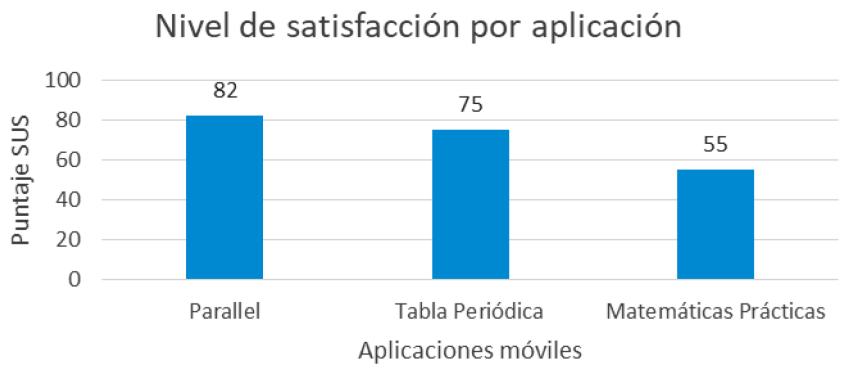


Figura 11. Puntaje SUS del nivel de satisfacción por aplicación.

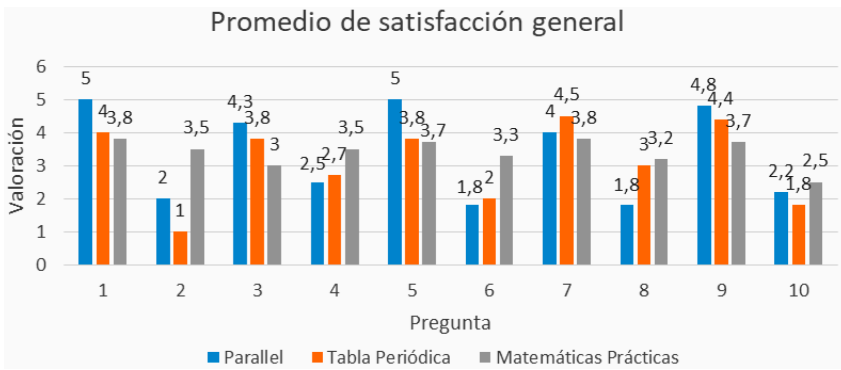


Figura 12. Nivel de satisfacción general y promedio de satisfacción general de las 3 aplicaciones.

actividades de aprendizaje, evaluaciones, ayudas y configuraciones).

A partir del estudio realizado con base en la aplicación de la ecuación (4), se generan unos datos relacionados con el tiempo que le toma al estudiante aprender el manejo de la aplicación, los cuales se encuentran representados en la Tabla 7.

A partir de los datos expuestos en la Tabla 7, se presentan gráficamente los resultados del estudio en la Figura 13, cabe resaltar que este tiempo que tardan los estudiantes en aprender el manejo de las aplicaciones escogidas es medido en segundos.

Con base en la Figura 13, se puede evidenciar que para la aplicación móvil Parallel los estudiantes se toman un tiempo inicial de 200 segundos para aprender la totalidad de sus secciones y su entorno durante la primera sesión, del mismo modo emplean 140 segundos en la segunda sesión y 100 segundos

Tabla 7. Datos del promedio de tiempo que les toma aprender el manejo de las apps.

Sesiones	Parallel	Tabla Periódica	Matemáticas Prácticas
Sesión 1	200	220	218
Sesión 2	140	160	154
Sesión 3	100	115	112

en la tercera sesión. Por otro lado, en la aplicación Tabla Periódica los estudiantes tardaron 220 segundos para identificar y aprender la totalidad de sus secciones y entorno en la primera sesión, así mismo necesitan de 160 segundos en la segunda sesión y 115 segundos en la tercera sesión. Y por último la aplicación Matemáticas Prácticas se ubica mejor que la anterior al necesitar de 210 segundos para que los estudiantes entiendan y aprendan las secciones y su entorno en la primera sesión, mientras que para

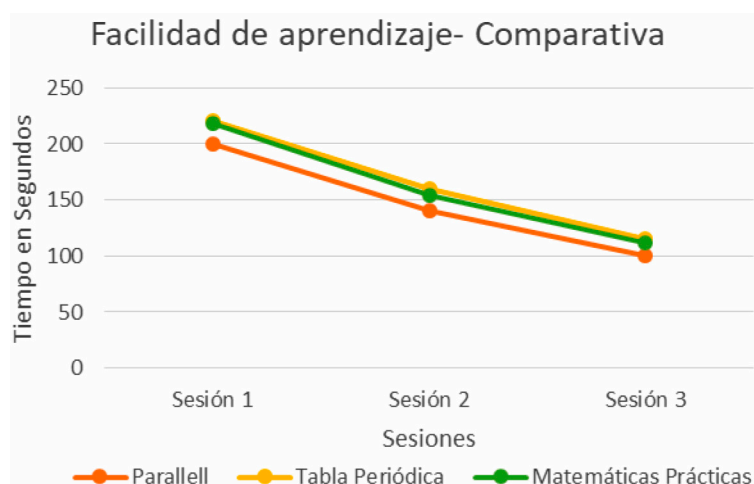


Figura 13. Representación de la facilidad de aprendizaje.

la segunda sesión necesitan de 154 segundos y 112 en la tercera sesión.

CONCLUSIONES

La usabilidad describe el grado con el que un producto software puede ser usado por distintos usuarios para lograr objetivos propuestos con efectividad, eficiencia y satisfacción; sin embargo, haciendo referencia a software móvil educativo, para definir de manera más exacta esta métrica es necesario incluir una característica o categoría adicional, la facilidad de aprendizaje [22].

Con la aparición de WYSIWYG la construcción de recursos educativos digitales no es tarea exclusiva de los expertos en desarrollo de software. Este trabajo promueve a que el docente con experticia en pedagogía se involucre en tareas de arquitectura de la información (sketch, wireframes y mockup) y desarrollo de software en App Inventor, siguiendo las fases que plantea el marco de trabajo de esta investigación.

Con respecto a los resultados obtenidos durante el estudio de usabilidad llevado a cabo para cada una de las aplicaciones móviles educativas que se tuvieron en cuenta en el experimento de esta investigación [23], se puede evidenciar que las apps utilizadas y expuestas en el repositorio de los dispositivos móviles utilizados en el programa Computadores para Educar, tienen una serie de dificultades que inciden directamente en el estudio realizado, principalmente

estas se centraron en la falta de una secuencia didáctica clara, problemas de redacción, falta de disponibilidad de algunos recursos y materiales de apoyo, problemas de contextualización ya que no respondía a las necesidades y a las problemáticas del contexto del estudiante, que se refleja en los bajos puntajes de satisfacción, 55 y 75 respectivamente. (Ver Tabla 6).

Por otro lado la aplicación desarrollada bajo el modelo de este trabajo denota unos resultados satisfactorios en cada una de las métricas que miden la usabilidad [24], en las cuales obtuvo la mejor tasa de éxito que se mantuvo entre el 85% y el 93% en cada uno de los momentos y fases pertenecientes a la secuencia didáctica, logrando así una eficacia del 88%; del mismo modo fue en la que menos tiempo se tardó el estudiante para realizar las actividades, la que mayor nivel de satisfacción obtuvo con 82 puntos y la del promedio de tiempo en segundos más bajo (373 seg.) en la prueba de facilidad de aprendizaje; estos resultados validan la funcionalidad del modelo de desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] C. Villalonga Gómez y C. Marta Lazo, "Modelo de integración educacional de 'apps' móviles para la enseñanza y aprendizaje", *Píxel-Bit, Rev. Medios y Educ.*, no. 46, pp. 137-153, 2014, doi: 10.12795/pixelbit.2015.i46.09.

- [2] S. Martín Gutiérrez, *et al.*, “M2Learn: Framework abierto para el desarrollo de aplicaciones para el aprendizaje móvil y ubicuo”, *Rev. Iberoam. Tecnol. Aprendiz.*, vol. 5, no. 4, pp. 138-145, 2010. [En línea]. Disponible: <http://oldrita.det.uvigo.es/201011/uploads/IEEE-RITA.2010.V5.N4.pdf>
- [3] S. Gómez-Ardila y A. Chacón-González, “Aprendizaje móvil basado en el modelo Frame y aplicado al aprendizaje de la técnica de Core en Fisioterapia”, *Rev. Virtual Univ. Católica del Norte*, no. 50, pp. 411-436, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194250865023>
- [4] M.L. Koole, “A model for framing mobile learning,” *Mob. Learn. Transform. Deliv. Educ. Train.*, vol. 1, no. 2, pp. 25-47, 2009. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/58775604.pdf>
- [5] J.M. Molina y D. Romero, “Ambiente de Aprendizaje Móvil Basado en Micro-Aprendizaje”, *IEEE RITA*, vol. 5, no. 4, pp. 159-166, 2010. [En línea]. Disponible: <http://oldrita.det.uvigo.es/201011/uploads/IEEE-RITA.2010.V5.N4.pdf>
- [6] S.A. Domínguez-Lara y C. Merino-Soto, “¿Por qué es importante reportar los intervalos de confianza del coeficiente alfa de Cronbach? César Merino-soto”, *Rev. Latinoam. Ciencias*, vol. 13, no. 2, pp. 1326-1328, 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.redalyc.org/pdf/773/77340728053.pdf>
- [7] R.J. Holden, “A Simplified System Usability Scale (SUS) for Cognitively Impaired and Older Adults,” *Proc. Int. Symp. Hum. Factors Ergon. Heal. Care*, vol. 9, no. 1, pp. 180-182, 2020, doi: 10.1177/2327857920091021.
- [8] A. Kaya, R. Ozturk, and C. Altin Gumussoy, “Usability Measurement of Mobile Applications with System Usability Scale (SUS),” in *Industrial Engineering in the Big Data Era. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*, F. Calisir, E. Cevikcan, H. Camgoz Akdag, Eds. 2019, pp. 389-400, doi: 10.1007/978-3-030-03317-0_32.
- [9] K. Kalimullah and D. Sushmitha, “Influence of Design Elements in Mobile Applications on User Experience of Elderly People,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 113, pp. 352-359, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.08.344.
- [10] P. Kashfi, R. Feldt, and A. Nilsson, “Integrating UX principles and practices into software development organizations: A case study of influencing events,” *J. Syst. Softw.*, vol. 154, pp. 37-58, 2019, doi: 10.1016/j.jss.2019.03.066.
- [11] H.W. Alomari, V. Ramasamy, J.D. Kiper, and G. Potvin, “A User Interface (UI) and User eXperience (UX) evaluation framework for cyberlearning environments in computer science and software engineering education,” *Heliyon*, vol. 6, no. 5, pp. 1-18, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03917.
- [12] E. Aguirre, M.D.L.Á. Ferrer, B.A. Bustos, and R. E. Méndez, “UX Design: una metodología para el diseño de proyectos digitales eficientes centrados en los usuarios”, *Rev. Espac.*, vol. 41, no. 5, p. 9, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n05/a20v41n05p09.pdf>
- [13] M. Hertzum, R. Molich, and N.E. Jacobsen, “What you get is what you see: revisiting the evaluator effect in usability tests,” *Behav. Inf. Technol.*, vol. 33, no. 2, pp. 144-162, 2014, doi: 10.1080/0144929X.2013.783114.
- [14] T. Mikolajczyk, H. Fuwen, L. Moldovan, A. Bustillo, M. Matuszewski and K. Nowicki, “Selection of machining parameters with Android application made using MIT App Inventor bookmarks,” *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 172-179, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.027.
- [15] Z. Zhao y C. Balagué, “Designing branded mobile apps: Fundamentals and recommendations,” *Bus. Horiz.*, vol. 58, no. 3, pp. 305-315, 2015, doi: 10.1016/j.bushor.2015.01.004.
- [16] E. Kropp and K. Koischwitz, “Experiences with User-Centered Design and Agile Requirements Engineering in Fixed-Price Projects,” in *Usability- and Accessibility-Focused Requirements Engineering. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9312, A. Ebert, S.R. Humayoun, N. Seyff, A. Perini, and S.D.J. Barbosa, Eds. 2016, pp. 47-61, doi: 10.1007/978-3-319-45916-5.
- [17] C. Jones, “Using Code Generation to Enforce Uniformity in Software Delivery Pipelines,” in *Software Engineering Aspects of Continuous Development and New Paradigms of Software Production and Deployment*.

- Lecture Notes in Computer Science, J.M. Bruel, M. Mazzara, and B. Meyer, Eds., Cham: Springer International Publishing, vol. 11350: Springer, Cham, 2019, pp. 155-168, doi: 10.1007/978-3-030-06019-0_12.
- [18] J. Arias-Gómez, M.Á. Villasís-Keever y M.G. Miranda-Novales, “El protocolo de investigación III: la población de estudio”, *Rev. Alerg. México*, vol. 63, no. 2, pp. 201-206, 2016, doi: 10.29262/ram.v63i2.181.
- [19] S.L. Lohr, “Estimating the Size of a Population,” in *Sampling Design and Analysis*, 3rd, ed. Boca Raton, USA: Chapman and Hall/CRC, 2021, pp. 483-498, doi: 10.1201/9780429298899.
- [20] P. Orero and I. Tor-Carroggio, “User Requirements When Designing Learning e-Content: Interaction for All,” in *Designing for the User Experience in Learning Systems*. Human-Computer Interaction Series, E. Kapros and M. Koutsombogera, Eds.: Cham, Springer International Publishing, 2018, pp. 105-121, doi: 10.1007/978-3-319-94794-5_6.
- [21] M.S. Al-Razgan, H.S. Al-Khalifa, and M.D. Al-Shahrani, “Heuristics for Evaluating the Usability of Mobile Launchers for Elderly People,” in *Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience*, A. Marcus, Ed. : Cham, Springer International Publishing, vol. 8517, 2014, pp. 415-424, doi: 10.1007/978-3-319-07668-3_40.
- [22] S. Möller, “Usability Engineering,” *Quality Engineering*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 59-76. 2017, doi: 10.1007/978-3-662-56046-4_4.
- [23] T. Tullis and B. Albert, “Case Studies,” in *Measuring the User Experience*. Ed. 2nd: Elsevier, 2013. pp. 237-277, doi: 10.1016/C2011-0-00016-9.
- [24] A.S. Nunez-Varela, H.G. Perez-Gonzalez, F.E. Martinez-Perez, and J. Cuevas-Tello, “Building a User Oriented Application for Generic Source Code Metrics Extraction from a Metrics Framework,” in *2016 4th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)*, IEEE, pp. 27-32, 2016, doi: 10.1109/CONISOFT.2016.13.