

Using an Educational Mobile Application for Learning the Essence 1.2 Kernel Alphas

E. M. Jiménez-Hernández, H. Oktaba, F. Díaz-Barriga, and M. Piattini

Abstract—Essence 1.2 is a standard that facilitates the study of Software Engineering by ‘essentializing’ the broad empirical knowledge related to this area. The main component of the standard is the kernel, which contains alphas that make it possible to assess the state and progress of a software project through the use of a holistic thinking framework. This paper presents an educational mobile application, denominated as *Alphalingo*, with which to learn the alphas, and which promotes active and meaningful learning through the inclusion of various learning styles, gamification and spaced learning. The educational proposal was evaluated by means of a formal experiment and a replication, which were carried out with professionals working at two software enterprises in Mexico. The experimentation method consisted of randomly selecting the participants in order to form two groups: a control group, whose members attended classes in order to learn the Essence 1.2 kernel alphas, and an experimental group, which learned using *Alphalingo*. The statistical results obtained from the meta-analysis carried out indicate that the use of *Alphalingo* has a greater degree of learning effectiveness and a greater motivating effect than the face-to-face method.

Index Terms—Educational technology, mobile application, mobile learning, project management, software engineering.

I. INTRODUCCIÓN

LA INGENIERÍA DE SOFTWARE (IS), es un área de las Ciencias de la Computación, que proporciona técnicas, prácticas, métodos y procesos para desarrollar, mantener y operar software de calidad [1], [2]. Con el objetivo de apoyar el estudio de la IS, el Grupo de Gestión de Objetos (conocido por sus siglas en inglés como OMG), diseñó el estándar Essence 1.2, que “esencializa” el amplio conocimiento empírico de la IS [3], por medio de un enfoque reflexivo, orientado a objetivos y no prescriptivo, que puede integrarse con otros estándares para mejorar la calidad del software [4]-[7].

El elemento principal de Essence 1.2 es el núcleo, que está compuesto de alfas, las cuales contienen descripciones de las cosas que un equipo administra, produce y usa en un proyecto de software [8]. Las alfas son de especial valor, pues permiten

evaluar el estado y progreso de un proyecto de software, a través de un marco de pensamiento holístico [9]. Desafortunadamente, pese a estos beneficios, las alfas no han sido del todo adoptadas por los profesionales que laboran en entidades de software, debido en gran parte a las altas demandas laborales y a la sobrecarga de actividades [10], las cuales, reducen el tiempo que los profesionales pueden dedicar para aprender sobre las alfas de manera tradicional. Por esta razón, con el objetivo de facilitar y motivar el aprendizaje de las alfas a los profesionales de software, se decidió construir un software educativo llamado *Alphalingo*, el cual permite a los profesionales aprender de forma autorregulada, en cualquier momento y lugar, gracias a su diseño basado en aprendizaje móvil.

Alphalingo fue evaluado por profesionales que laboran en dos empresas de software en Guadalajara, México por medio de un experimento formal y una réplica, que consistieron en comparar dos grupos: un grupo de control, que aprendió por medio del método tradicional presencial [11], y un grupo experimental, que aprendió por medio de la aplicación móvil. Los resultados estadísticos muestran una diferencia significativa respecto al aprendizaje y motivación logrado por el grupo experimental, tanto en el experimento como en la réplica del mismo.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección II, presenta los trabajos relacionados; la Sección III, proporciona un breve resumen acerca de las alfas de Essence 1.2; la Sección IV, describe la aplicación móvil educativa *Alphalingo*; la Sección V, muestra el método diseñado para evaluar el aprendizaje; la Sección VI, describe la ejecución del experimento, así como el análisis estadístico de los resultados obtenidos; la Sección VII, presenta la réplica del experimento junto con el análisis estadístico de sus resultados; la Sección VIII, muestra el método que fue empleado para evaluar la motivación, junto con los resultados obtenidos; la Sección IX, presenta los resultados del efecto del uso de *Alphalingo* en el aprendizaje y los hallazgos pedagógicos; la Sección X, contiene las amenazas a la validez del experimento y su réplica. Finalmente, la Sección XI muestra las conclusiones.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Antes de construir *Alphalingo*, se buscaron y analizaron otras propuestas que tuvieran el objetivo de apoyar el aprendizaje de las alfas, estas son (Tabla I): *Progress Poker* [12], *MetriCC* [13], *Sim4SEEd* [14] y *Alphaspot* [15].

Progress Poker es un juego de cartas que tiene por objetivo enseñar a los profesionales de software a aplicar las alfas, por medio de dinámicas colaborativas. *MetriCC* también es un juego de cartas, cuyo objetivo es que estudiantes de

E. M. Jiménez-Hernández is with the Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Mexico City, Mexico (e-mail: erendirajimenez@ciencias.unam.mx).

H. Oktaba is with the Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Mexico City, Mexico (e-mail: hanna.oktaba@ciencias.unam.mx).

F. Díaz-Barriga is with the Posgrado en Pedagogía, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Mexico City, Mexico (e-mail: fdba@unam.mx).

M. Piattini is with the Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain (e-mail: Mario.Piattini@uclm.es).

licenciaturas afines al área de Computación, comprendan qué son las alfas, en un esquema de interacción competitivo.

Sim4SEEd, una aplicación web, con la que los estudiantes de la carrera de IS pueden repasar los conceptos relacionados con alfas de Essence, los cuales deben aprenderse previamente por medio de clases presenciales [16].

Por su parte, Alphaspot es un videojuego para computadora, que fue desarrollado por los autores de este artículo como un primer esfuerzo para apoyar a los profesionales de software en el aprendizaje de las alfas de forma autorregulada. La experiencia adquirida con esta herramienta fue positiva, sin embargo, se observaron algunos inconvenientes: 1) los profesionales debían poseer habilidades y destrezas propias de los videojuegos para jugar, disfrutar y por ende aprender; 2) los profesionales debían invertir un tiempo considerable para completar los 41 niveles del videojuego.

Los trabajos mencionados, consideran uno o dos estilos de aprendizaje sensoriales en su diseño, por lo que en Alphalingo se amplió este aspecto para mejorar la atención de los aprendices. Asimismo, de las propuestas citadas ninguna proporciona retroalimentación ni emplea gamificación, elementos que se encuentran presentes en Alphalingo. Adicionalmente, Alphalingo está disponible en más de un idioma, lo que podría apoyar a una mayor población. Respecto a la forma de evaluación, los trabajos relacionados proporcionan una evidencia del efecto en el aprendizaje limitada, lo que también difiere en el caso de Alphalingo, que ha sido probado formalmente por medio de un experimento y una réplica.

TABLA I
TRABAJOS RELACIONADOS

Característica	Poker	MetriCC	Sim4SEEd	Alphaspot	Alphalingo
Tipo ¹	Cartas	Cartas	Ap. web	Videojuego	Ap. móvil
Aprendices ²	Profes.	Estud.	Profes.	Profes.	Profes.
Participación ³	Colabor.	Competit.	Individ.	Individ.	Individ.
Nivel apren. ⁴	Aplicar	Comprender	Recordar	Comprender	Aplicar
Estilo apren. ⁵	K	V, L	L	V, A	V, A, L
Retroalimen. ⁶	No	No	No	No	Sí
Gamificación ⁷	No	No	No	No	Sí
Niveles ⁸	-	-	8	41	9
Idioma ⁹	In	Es	In	In, Es	In, Es, Fr
Método eva. ¹⁰	Encuesta	Ninguno	Ninguno	Encuesta	Exp. y Rép.

¹ Tipo: Cartas; Videojuego; Ap. web, Aplicación web; Ap. móvil, Aplicación Móvil.

² Aprendices: Profes., Profesionales; Estud., Estudiantes.

³ Participación: Colabor., Colaborativa; Competit., Competitiva; Individ., Individual.

⁴ Nivel de aprendizaje: Recordar; Comprender; Aplicar.

⁵ Estilo de aprendizaje: V, Visual; A, Auditivo; L, Lectura/Escritura; K, Kinestésico.

⁶ Idioma: In, Inglés; Es, Español; Fr, Francés.

¹⁰ Método de evaluación: Ninguno; Encuesta; Exp. y Rép, Experimento y Réplica.

De este modo, Alphalingo se diseñó a partir del análisis de los trabajos relacionados, considerando además los fundamentos pedagógicos y didácticos propuestos por Alshalabi y Elleithy para la enseñanza de IS [17], quienes sostienen que los estudiantes de IS tienen nuevos modos de aprendizaje y se sienten atraídos por la tecnología, por lo que los esfuerzos de la enseñanza de la IS deben considerarla para mejorar las habilidades educativas de los aprendices. Específicamente, encontraron que los estudiantes de IS consideran que los dispositivos móviles pueden mejorar las prácticas de aprendizaje actuales, lo que es factible dados los resultados positivos reportados en diversos estudios, que indican que el uso del aprendizaje móvil en diferentes áreas ha permitido mejorar varios procesos de enseñanza-aprendizaje,

dadas sus características de ubicuidad [18], accesibilidad, [19] y portabilidad [20].

III. ALFAS DEL NÚCLEO DE ESSENCE 1.2

La especificación “Essence – Núcleo y Lenguaje para Métodos de Ingeniería de Software Versión 1.2” (Essence 1.2), es un estándar que fue publicado por el OMG (*Object Management Group*, Grupo de Gestión de Objetos) en el 2018 [3]. Se compone de dos partes: a) el núcleo, que contiene un conjunto número de “cosas con las que se trabaja” y de “cosas que siempre se hacen” cuando se desarrollan sistemas de software; y b) el lenguaje, con el que es posible describir prácticas y métodos.

El núcleo de Essence 1.2 contiene tres tipos de elementos: a) alfas, que representan las cosas esenciales con las que se trabaja; b) espacios de actividad, que representan las cosas esenciales que se hacen; y c) competencias, que representan las habilidades especiales que se requieren para llevar a cabo el trabajo de IS.

A su vez, las alfas se componen de estados secuenciales, los cuales tienen una lista de verificación con indicadores críticos, que deben monitorearse con el objetivo de determinar el estado actual y articular los siguientes pasos, en un proyecto de software.

La Fig. 1 muestra las siete alfas del núcleo de Essence 1.2: Oportunidad, Involucrados, Requerimientos, Sistema de Software, Trabajo, Equipo y Forma de Trabajar; las cuales, se dividen en tres áreas de interés: Cliente, Solución y Esfuerzo.

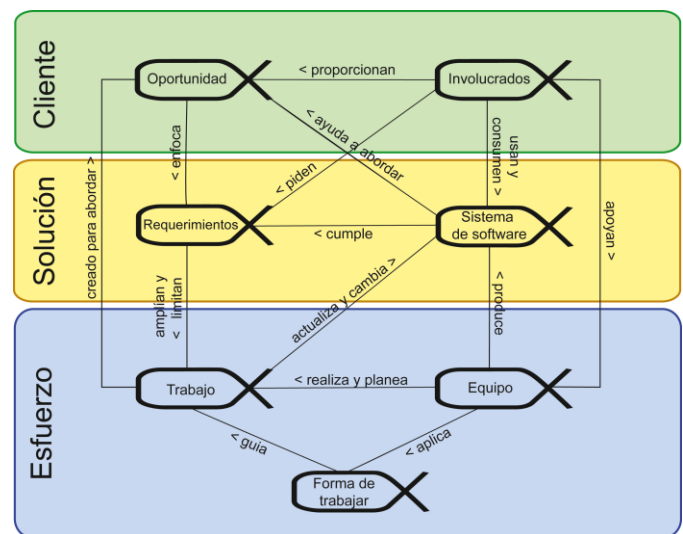


Fig. 1. Las alfas del núcleo de Essence 1.2 [3].

IV. ALPHALINGO

Alphalingo es una aplicación móvil educativa diseñada para apoyar a los profesionales de software en el aprendizaje de las alfas del núcleo de Essence 1.2. El contenido educativo de la aplicación móvil se encuentra organizado en nueve módulos, con el objetivo de que los profesionales puedan desarrollar las competencias específicas descritas en la Tabla II. Las cuales a su vez, les permitirán adquirir las siguientes competencias genéricas: capacidad de análisis, síntesis, organización, planificación, resolución de problemas, razonamiento crítico y toma de decisiones, en un proyecto de software.

TABLA II
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS POR MÓDULO DE ALPHALINGO

Módulo	Competencias específicas
1	Comprender y aplicar el estándar Essence 1.2 en un proyecto de software.
2	Interpretar el concepto de alfa y accionar el núcleo con las alfas de Essence 1.2 en un proyecto de software.
3	Identificar, establecer y abordar la oportunidad dentro de un proyecto de software usando el Alfa Oportunidad.
4	Reconocer, implicar y establecer acuerdos con los involucrados en un proyecto de software aplicando el Alfa Involucrados.
5	Plantear, acotar, abordar y cumplir los requerimientos en un proyecto de software empleando el Alfa Requerimientos.
6	Seleccionar una arquitectura y conducir el desarrollo de un sistema de software en un proyecto, aplicando el Alfa Sistema de Software.
7	Preparar, iniciar y dar seguimiento al esfuerzo que se realiza en un proyecto de software usando el Alfa Trabajo.
8	Conformar y lograr la colaboración en un equipo dentro de un proyecto de software aplicando el Alfa Equipo.
9	Establecer y poner en marcha el conjunto de prácticas y herramientas para realizar las actividades necesarias en un proyecto de software, empleando el Alfa Forma de Trabajar.

Alphalingo presenta un mismo contenido educativo por medio de diferentes ejercicios. Estos ejercicios pueden ser percibidos por el aprendiz, desde un punto de vista sensorial, de tres formas [21]: visualmente, auditivamente o por medio de la lectura/escritura. Algunos ejercicios emplean un solo estilo de aprendizaje, mientras que otros combinan más de uno (Fig. 2). Esto genera diferentes estímulos, que atraen y mantienen la atención de los usuarios, lo que propicia un aprendizaje activo [22] y constructivo [23], que permite alcanzar a su vez, un aprendizaje significativo [24]. De esta manera, el aprendiz logrará una mayor comprensión y capacidad para aplicar dicho conocimiento.

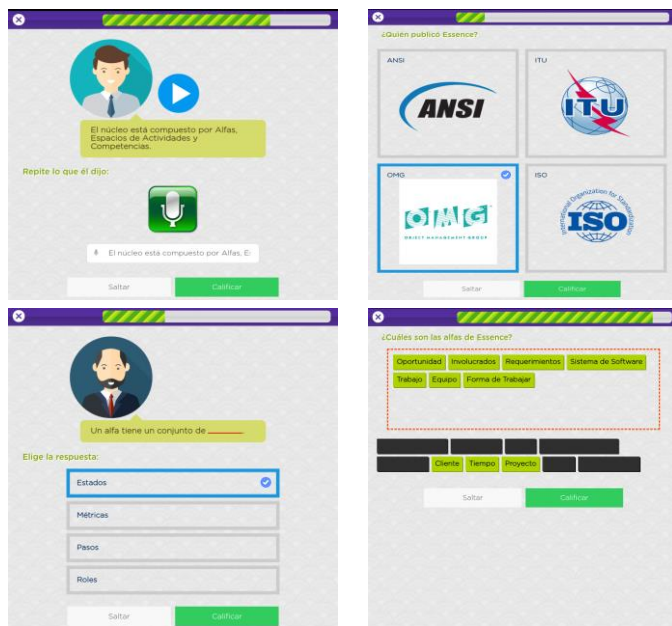


Fig. 2. Ejercicios de Alphalingo con diferentes estilos de aprendizaje.

Cuando un aprendiz realiza un ejercicio en la aplicación móvil, esta le brinda retroalimentación inmediata [25], lo que le permite al usuario saber si su respuesta fue correcta o incorrecta. Cuando la respuesta es correcta, el aprendiz obtiene “puntos de experiencia”, los cuales se otorgan dependiendo de la complejidad del ejercicio resuelto. De esta

manera, la herramienta incluye en su diseño gamificación, lo que permite aumentar la motivación de los aprendices [26], superar la resistencia natural a participar en actividades repetitivas [27], acelerar el proceso de aprendizaje [28] y mejorar la retención de la información [29]. Similarmente, la propuesta educativa incluye aprendizaje espaciado [30], al distribuir el tiempo de estudio en periodos cortos; y aprendizaje para el dominio [31], al solicitar que cada módulo sea aprobado con al menos un 80% de aciertos, para poder continuar con otro nivel, lo que permite perfeccionar el nivel de aprendizaje.

La aplicación móvil fue construida siguiendo el marco de trabajo proporcionado por un método descrito en [32], que comprende tres fases: pre-producción, producción y post-producción. Asimismo, se usó como referencia la aplicación para aprender idiomas conocida como Duolingo [33]. De esta manera, Alphalingo está disponible en inglés, español y francés, y puede ser ejecutado en dispositivos móviles, con Android.

A. Diseño didáctico

Con el objetivo de crear un ambiente de aprendizaje orientado a estimular y mantener la motivación de los aprendices, se empleó el modelo de diseño instruccional ARCS [34]. Este modelo derivó de la síntesis de la investigación de John Keller sobre la motivación humana, identificando cuatro componentes: Atención (A), Relevancia (R), Confianza (C) y Satisfacción (S) o ARCS. De este modo, el diseño instruccional presente en Alphalingo pretende: captar y mantener la atención de los aprendices (A), mostrar la utilidad del contenido a los aprendices (R), convencer a los usuarios de que pueden tener éxito en el aprendizaje (C) y hacer que las personas se sientan orgullosas de lo que han aprendido (S). Así, las estrategias motivacionales de aprendizaje que se diseñaron para cada componente y subcomponente del modelo ARCS, se muestran en la Tabla III.

TABLA III
ESTRATEGIAS MOTIVACIONALES DE APRENDIZAJE

Componente	Estrategia
Atención:	
Incitación perceptiva	Mostrar en los ejercicios la relación del contenido aplicado en la práctica.
Variabilidad	Emplear variedad de imágenes, textos, diagramas y audios para presentar el contenido.
Relevancia:	
Dirigido a metas	Explicar por qué y cómo el contenido ayuda/ayudará a los aprendices en el presente/futuro.
Familiaridad	Ayudar a los aprendices a establecer conexiones entre la nueva información y lo que ya conocen.
Confianza:	
Req. de aprendizaje	Mostrar el objetivo de aprendizaje de cada módulo y proporcionar instrucciones claras de evaluación.
Oportunidad de éxito	Dar retroalimentación inmediata sobre las respuestas y brindar comentarios sobre el progreso del aprendizaje.
Control personal	Brindar sentido de control sobre el aprendizaje y proporcionar resumen del avance, para mostrar que el éxito del aprendizaje es un resultado directo al esfuerzo.
Satisfacción:	
Refuerzo intrínseco	Dar motivación continua por medio de mensajes positivos al finalizar los módulos de aprendizaje.
Refuerzo extrínseco	Dar retroalimentación motivacional al reconocer la participación por medio de gamificación (puntos).
Equidad	Conservar las consecuencias para el éxito usando criterios de evaluación consistentes.

Los referentes teóricos y psicopedagógicos del diseño didáctico se ubican en la aproximación constructivista y humanista derivada de la psicología de la educación virtual [35], [36] donde se pretende potenciar el uso de dichas tecnologías como artefactos culturales mediadores del aprendizaje en los planos intra e interpsicológico. Se propone un diseño educativo flexible y centrado en el aprendiz, en sus necesidades e intereses, privilegiando la construcción de conocimiento y la comprensión, por encima de la transmisión de información o reglas de procedimiento, ya que la práctica reflexiva y el desarrollo de estrategias para la solución de problemas auténticos en el campo de la profesión en cuestión, deben colocarse como una de las principales metas de un sistema instruccional [37].

Respecto al rol del aprendiz, se reconoce que hoy en día existe una nueva ecología del aprendizaje [38], donde se vinculan el aprendizaje formal e informal con la mediación de las tecnologías digitales y los aprendices buscan conformar trayectorias personalizadas y experiencias prácticas, concretas y realistas ajustadas a distintos estilos y preferencias al aprender. En este tipo de experiencias no sólo se aporta información, sino que se busca desarrollar competencias tanto específicas de una profesión, como aquellas referidas al pensamiento estratégico, la toma de decisiones o la capacidad para solucionar problemas complejos [39]. De esta manera, los aprendices aumentan sus capacidades de aprendizaje auto dirigido, autorregulación y toma de iniciativas, esenciales en el ámbito académico y laboral.

Un principio educativo adicional centrado en el aprendiz que resultó crucial en el diseño del contenido y la interfaz, se refiere a la retroalimentación, de manera que el sistema instruccional está en constante diálogo con el usuario, permitiendo actualizar continuamente la información sobre sus progresos y desempeño [40]. Asimismo, con la intención de promover la motivación intrínseca y la conducta autotélica (persistencia y satisfacción en la actividad por el interés de la misma), se recurrió a los principios de aprendizaje basado en gamificación, es decir aunado al entretenimiento, se promueven objetivos de entrenamiento, aprendizaje de habilidades o desarrollo de la imaginación y descubrimiento [41].

V. MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

A. Diseño

El aprendizaje obtenido con el uso de Alphalingo, fue evaluado por medio de un Experimento (E) formal de tipo Pre-prueba/Post-prueba grupo de control aleatorizado [42], que consistió en comparar estadísticamente el cambio observado entre un Grupo de Control (GC) y un Grupo Experimental (GE) [43].

Asimismo, se realizó una Réplica (R) del experimento, siguiendo los principios para la replicación de estudios en IS de [44], con la finalidad de incrementar la fiabilidad en la validez de la conclusión.

De este modo, en ambos estudios (E y R) se aplicaron dos evaluaciones escritas. La primera evaluación (Pre-prueba), fue un examen diagnóstico que permitió comparar el conocimiento previo de los participantes del GC y del GE, respecto a las alfas del núcleo de Essence 1.2. La segunda

evaluación (Post-prueba), fue un examen que permitió comparar el cambio observado después de la experimentación entre el GC (que aprendió mediante el método tradicional) y el GE (que aprendió usando Alphalingo).

Los participantes fueron seleccionados aleatoriamente para formar los grupos de control y experimental. Todos los participantes respondieron los mismos exámenes, tanto en la Pre-prueba como en la Post-prueba.

B. Instrumentación

Los exámenes de la Pre-prueba/Post-prueba, constaban de 12 preguntas. Cada una de ellas tenía 4 posibles respuestas, de las cuales sólo una era la correcta. Los exámenes (Pre-prueba/Post-prueba) eran similares respecto a su contenido y dificultad. Y el mismo instructor, calificó ambos exámenes con la misma escala de 0 a 100.

C. Actividades

Cada estudio (E y R) se llevó a cabo en un total de 11 días. En el primer día, el instructor aplicó el examen diagnóstico (Pre-prueba) en ambos grupos (control y experimental). Del segundo al décimo día, el instructor impartió clases al GC, exponiendo el contenido correspondiente a un módulo de Alphalingo por día (Tabla II). Las clases estuvieron a cargo del mismo instructor, con una duración de 20 minutos cada una. Durante el mismo periodo de tiempo (del segundo al décimo día), los participantes del GE usaron Alphalingo, completando los nueve módulos de la Tabla II, pero a su propio ritmo y en su lugar de elección (casa, oficina, etc.). Finalmente, en el onceavo día de la experimentación, el instructor aplicó el examen final para evaluar el conocimiento adquirido en ambos grupos (Post-prueba).

VI. EXPERIMENTO

A. Ejecución

El experimento se llevó a cabo siguiendo el método descrito en la Sección V, con 60 profesionales que trabajaban en la empresa de software AMDOCS, en Guadalajara, México. De esta manera, los participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos (cada uno conformado por 30 personas): el Grupo de Control del Experimento, GC(E) y el Grupo Experimental del Experimento, GE(E). Respecto a las características de los participantes, el GC(E) estaba integrado por 27 hombres y 3 mujeres, mientras que el GE(E) por 26 hombres y 4 mujeres.

B. Análisis estadístico

Los resultados del examen diagnóstico (Pre-prueba) y del examen final (Post-prueba) del experimento se analizaron estadísticamente, con el objetivo de determinar la diferencia entre el conocimiento previo a la experimentación del GC(E) y el GE(E), y el que se alcanzó posteriormente.

La Tabla IV muestra la media, la desviación estándar y el error estándar de los resultados del GC(E) y el GE(E) que se obtuvieron en el Pre-prueba. Además, la misma tabla contiene los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, que se realizó con un nivel de confianza de 95%, con el objetivo de corroborar el supuesto de homocedasticidad. Asimismo, se corroboró el supuesto homogeneidad de las varianzas con la

prueba de Levene (nivel de confianza 95%), cuyos resultados se muestran en la Tabla V.

Una vez comprobados los dos supuestos (normalidad y homogeneidad), se realizó la prueba T de Student con un nivel de confianza de 95%, considerando las siguientes hipótesis en el Pre-prueba (E):

H_0 : No existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones del conocimiento inicial del GC(E) y las del GE(E).

H_a : Existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones del conocimiento inicial del GC(E) y las del GE(E).

Los resultados de la prueba T de Student están contenidos en la Tabla V, los cuales permiten afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones del conocimiento previo del GC(E) y las de GE(E), ya que el *p-valor* es .778, que es mayor a 0.05. Es decir, ni los participantes del GC(E) ni los del GE(E) tuvieron ventaja respecto a su conocimiento inicial sobre las alfas del núcleo de Essence 1.2 antes de la experimentación.

TABLA IV
PRE-PRUEBA (E) - MEDIDAS ESTADÍSTICAS Y PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK

Grupo	Medidas Estadísticas				Shapiro-Wilk	
	N	Media	Desv. Est.	Error Est.	Estadístico	<i>p-valor</i>
GC(E)	30	22.77	12.165	2.221	0.958	.279
GE(E)	30	21.93	10.606	1.936	0.944	.115

Desv. Est. – Desviación Estándar
Error Est. – Error Estándar

TABLA V
PRE-PRUEBA (E) - PRUEBA DE LEVENE PARA LA HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y PRUEBA T DE STUDENT

	Prueba de Levene		Prueba T de Student				
	F	<i>p-valor</i>	T	GL	C		<i>p-valor</i>
					I	S	
AIV	0.304	.584	0.283	58	-5.06	6.73	.778

AIV – Asumiendo Igualdad de Varianzas
GL – Grados de Libertad
IC – Intervalo de Confianza del 95% (Inferior/Superior)

Los resultados de la Post-prueba se analizaron de manera similar a los de la Pre-prueba. Las medidas estadísticas del GC(E) y del GE(E) en la Post-prueba, se muestran en la Tabla VI, así como los resultados de la prueba de normalidad. Asimismo, en la Tabla VII se presenta el resultado de la prueba de homogeneidad.

Una vez que se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad con un nivel de confianza de 95%, se realizó la prueba T de Student con el mismo nivel de confianza, considerando las siguientes hipótesis en el Post-prueba (E):

H_0 : No existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones finales del GC(E) y las del GE(E).

H_a : Existe diferencia significativa entre las medias de las calificaciones finales del GC(E) y las del GE(E).

De esta manera, los resultados de la prueba T de Student (Tabla VII) muestran que el *p-valor* es .002, el cual es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Lo que permite afirmar que los participantes del GE(E), que aprendieron por medio de

Alphalingo, fueron capaces de obtener una calificación significativamente mayor (media=80.57), que los participantes del GC(E), que aprendieron por medio del método tradicional de enseñanza-aprendizaje (media=70.83).

TABLA VI
POST-PRUEBA (E) - MEDIDAS ESTADÍSTICAS Y PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK

Grupo	Medidas Estadísticas				Shapiro-Wilk	
	N	Media	Desv. Est.	Error Est.	Estadístico	<i>p-valor</i>
GC(E)	30	70.83	12.365	2.258	0.949	.163
GE(E)	30	80.57	10.569	1.930	0.943	.109

Desv. Est. – Desviación Estándar
Error Est. – Error Estándar

TABLA VII
POST-PRUEBA (E) - PRUEBA DE LEVENE PARA LA HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y PRUEBA T DE STUDENT

	Prueba de Levene		Prueba T de Student				
	F	<i>p-valor</i>	T	GL	C		<i>p-valor</i>
					I	S	
AIV	0.624	.443	-3.277	58	-15.6	-3.78	.002

AIV – Asumiendo Igualdad de Varianzas
GL – Grados de Libertad
IC – Intervalo de Confianza del 95% (Inferior/Superior)

VII. RÉPLICA DEL EXPERIMENTO

A. Ejecución

Con el objetivo de verificar que los resultados obtenidos en el experimento previo no sean producto de un error de muestreo, causado por un error Tipo I, se realizó una réplica donde se consideraron las mismas hipótesis de investigación.

La réplica se llevó a cabo con 64 profesionales laborando en la empresa TATA Consultancy Services, en Guadalajara, México. Los participantes se dividieron aleatoriamente en dos grupos (cada uno conformado por 32 personas): el Grupo de Control de la Réplica, GC(R) y el Grupo Experimental de la Réplica, GE(R). Sobre las características de los participantes, el GC(R) estaba conformado por 28 hombres y 4 mujeres, mientras que el GE(R) por 27 hombres y 5 mujeres.

B. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en la réplica también se analizaron estadísticamente para determinar la diferencia entre el conocimiento de los dos grupos, GC(R) y GE(R), tanto antes como después de la experimentación (Pre-prueba/Post-prueba).

Las medidas estadísticas del GC(R) y GE(R) en la Pre-prueba, se encuentran en la Tabla VIII, donde también se presentan los resultados de la prueba de normalidad. Mientras que en la Tabla IX, se pueden observar los resultados de la prueba de homogeneidad de las varianzas.

Al haberse comprobado el cumplimiento de los dos supuestos anteriores con un nivel de confianza del 95%, se realizó una prueba T de Student con el mismo nivel de confianza, considerando las mismas hipótesis del Pre-test del experimento. Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla IX, donde se puede apreciar que *p-valor* es .759, lo cual es mayor a 0.05. Esto permite afirmar que ninguno de los grupos poseía ventaja sobre el otro respecto al conocimiento inicial de las alfas de Essence 1.2.

TABLA VIII
PRE-PRUEBA (R) - MEDIDAS ESTADÍSTICAS Y PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK

Grupo	Medidas Estadísticas			Shapiro-Wilk		
	N	Media	Desv. Est.	Error Est.	Estadístico	<i>p</i> -valor
GC(R)	32	22.94	10.800	1.909	0.940	.073
GE(R)	32	22.13	10.285	1.818	0.942	.087

Desv. Est. – Desviación Estándar
Error Est. – Error Estándar

TABLA IX
PRE-PRUEBA (R) - PRUEBA DE LEVENE PARA LA HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y PRUEBA T DE STUDENT

	Prueba de Levene		Prueba T de Student				
	F	<i>p</i> -valor	T	GL	C		<i>p</i> -valor
					I	S	
AIV	0.019	.890	0.308	62	-4.45	6.08	.759

AIV – Asumiendo Igualdad de Varianzas
GL – Grados de Libertad
IC – Intervalo de Confianza del 95% (Inferior/Superior)

Las medidas estadísticas de los resultados de la Post-prueba en la réplica se pueden observar en la Tabla X, donde también se presentan los resultados de la prueba de normalidad. En la Tabla XI se encuentran los resultados de la prueba de homogeneidad de las varianzas. Estas pruebas se realizaron con un error del 5%, permitiendo verificar el cumplimiento de los supuestos necesarios para realizar la prueba T de Student con el mismo error (Tabla XI). Esta última prueba se realizó considerando las mismas hipótesis de la Post-prueba en el experimento y los resultados muestran un *p*-valor de .00015, el cual es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. Lo que permite afirmar que los participantes del GE(R) obtuvieron mejores resultados en el aprendizaje de las alfas del núcleo de Essence 1.2 (media=81.78), que los participantes del GC(R), donde la media es 70.34.

La información estadística del experimento y su réplica, se obtuvieron usando el software IBM SPSS Statistics©.

TABLA X
POST-PRUEBA (R) - MEDIDAS ESTADÍSTICAS Y PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK

Grupo	Medidas Estadísticas			Shapiro-Wilk		
	N	Media	Desv. Est.	Error Est.	Estadístico	<i>p</i> -valor
GC(R)	32	70.34	12.346	2.183	0.953	.180
GE(R)	32	81.78	10.279	1.817	0.937	.062

Desv. Est. – Desviación Estándar
Error Est. – Error Estándar

TABLA XI
POST-PRUEBA (R) - PRUEBA DE LEVENE PARA LA HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS Y PRUEBA T DE STUDENT

	Prueba de Levene		Prueba T de Student				
	F	<i>p</i> -valor	T	GL	C		<i>p</i> -valor
					I	S	
AIV	1.027	.315	-4.027	62	-17.1	-5.76	.00015

AIV – Asumiendo Igualdad de Varianzas
GL – Grados de Libertad
IC – Intervalo de Confianza del 95% (Inferior/Superior)

VIII. EVALUACIÓN DE LA MOTIVACIÓN

Adicionalmente, en la Post-prueba del experimento y de la réplica, se solicitó a los participantes de ambos grupos (GC y GE) que respondieran un cuestionario, con el objetivo de comparar el nivel de motivación en el aprendizaje de las alfas del núcleo de Essence 1.2. El cuestionario se planteó a partir de la Encuesta de Motivación de Materiales Didácticos (EMMD) [45], que fue diseñada por Keller como parte de la evaluación en el modelo instruccional motivacional ARCS [43]. La EMMD permite valorar los factores ARCS por medio de 36 preguntas, las cuales se evalúan por medio de una escala de Likert que va de 1 a 5, donde 1 corresponde a “Totalmente en desacuerdo” y 5 a “Totalmente de acuerdo”.

Los resultados obtenidos en el GC y el GE tanto en el experimento como en la réplica, respecto a los cuatro factores de motivación ARCS, se presentan en la Tabla XII. Donde se puede observar que las medias de todos los factores son mayores en el GE en ambos estudios (E y R), lo que refleja que los profesionales de software de este grupo estuvieron más motivados al usar el método de aprendizaje basado en Alphalingo, que los profesionales del GC (E y R), quienes aprendieron por medio del método tradicional de enseñanza-aprendizaje.

TABLA XII
PROMEDIOS DE LOS FACTORES DE MOTIVACIÓN DEL EXPERIMENTO Y LA RÉPLICA

Factor de Motivación	Promedios del Experimento		Promedios de la Réplica	
	GC	GE	GC	GE
Atención	3.92	4.33	3.34	4.21
Relevancia	4.06	4.25	3.25	4.16
Confianza	3.92	4.16	4.02	4.33
Satisfacción	3.68	4.21	3.99	4.35
Todos los factores	3.90	4.24	3.65	4.26

IX. RESULTADOS

A. Efecto en el Aprendizaje

La síntesis de la información obtenida en el experimento y la réplica, se realizó por medio de un meta-análisis, donde se calculó el tamaño del efecto individual de cada estudio y su potencia estadística, para así determinar el tamaño del efecto global.

En la Tabla XIII se puede observar que tanto en el experimento como en la réplica se obtuvieron resultados significativos, ya que el *p*-valor de la prueba T de Student en el Post-test es menor a .05. En ambos casos, la potencia estadística es mayor a .80, por lo que la probabilidad estimada de cometer error Tipo II en las afirmaciones se reduce a .103 en el experimento y .023 en la réplica (1-β). Asimismo, la medida *g* de Hedges de cada estudio es mayor a 0.80, lo que se considera como un tamaño de efecto grande, de acuerdo con Cohen [46].

TABLA XIII
RESULTADOS DEL META-ANÁLISIS

Estudio	<i>p</i> -valor	Potencia	<i>g</i>
Experimento	.002	.897	0.835
Réplica	.00015	.977	0.994
Tamaño del efecto global			0.912

Es así que el tamaño del efecto global (E y R) es de 0.912, el cual es mayor a 0.80, lo que indica que el alcance de los hallazgos es grande [46]. En consecuencia, se puede afirmar que Alphalingo tiene un grado de utilidad grande en el aprendizaje de las alfas del núcleo de Essence 1.2.

Finalmente, por medio del diagrama de la Fig. 3, es posible apreciar cómo se distribuyen las calificaciones iniciales y las finales (E y R). En los resultados de la Pre-prueba se observa que no hay diferencia significativa entre el GC y el GE. Por otra parte, en los resultados de la Post-Prueba, se puede ver la diferencia superior del GE sobre el GC.

Estos resultados se obtuvieron usando el software G*Power©.

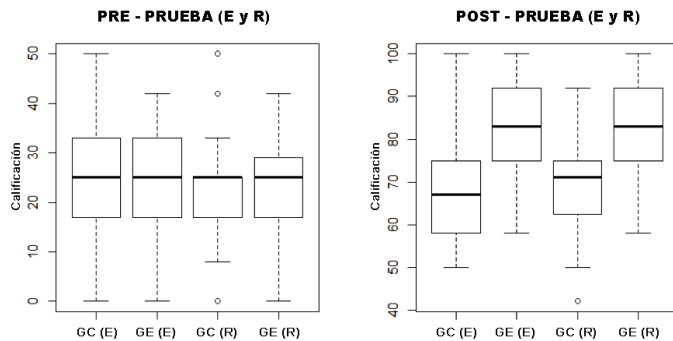


Fig. 3. Diagrama de caja comparativo de Pre-prueba/Post-prueba del Experimento y la Réplica.

B. Hallazgos Pedagógicos

Los resultados del estudio permiten asegurar que, en todos los aspectos valorados respecto al aprendizaje y a la motivación de los aprendices, el GE superó al GC tanto en el experimento como en la réplica. Esto permite afirmar que se logró construir un sistema instruccional efectivo, acorde a los principios pedagógicos del constructivismo y humanismo, en los cuales, el aprendizaje activo, autorregulado y orientado a la solución de problemas con un tratamiento lúdico y práctico, permite el aprendizaje de contenidos y habilidades propios de un campo profesional.

Puesto que se tomaron en cuenta distintos estilos de aprendizaje de contenidos y preferencias al aprender, empleando una diversidad de formatos, los participantes lograron aprender de manera significativa y situada en el contexto de su profesión. Los profesionales del área de IS se vieron beneficiados en la comprensión y aplicación de las alfas del núcleo del estándar Essence 1.2, lo cual abona a una competencia importante en esta área: la administración de proyectos de software. La implementación de un enfoque centrado en la persona que aprende, en sus experiencias, capacidades previas e intereses, se ve reflejada en los resultados de las diversas dimensiones exploradas en al motivación por aprender: el logro de una mayor atención, confianza, relevancia y satisfacción respecto a la dinámica de la experiencia educativa, así como la percepción de su pertinencia para el ejercicio de la profesión de IS.

Consideramos que esta experiencia puede ser replicada en otros contextos educativos, tanto si se enfoca en el contenido de aprendizaje aquí expuesto, como en otros relacionados con la IS, en la medida que se tomen las previsiones debidas para

situar la experiencia en función del perfil de los educandos, sus capacidades, intereses y motivaciones previas. Pues el aprendizaje profesional y en un entorno de aprendizaje adulto, los usuarios van a privilegiar las actividades de aprendizaje autorregulado y auto dirigido, siempre y cuando las tecnologías de aprendizaje provea una trayectoria de aprendizaje y retroalimentación apropiada, que permita vislumbrar su utilidad práctica para la profesión.

Consideramos que la innovación está presente en esta experiencia, que atiende a la configuración de nuevos escenarios de aprendizaje, ante la emergencia de nuevos ambientes o ecologías de enseñanza-aprendizaje [38], donde es indispensable vincular el aprendizaje formal e informal a través de prácticas flexibles y lúdicas, que generen sentido y significado ante los retos de la sociedad de la información.

X. AMENAZAS A LA VALIDEZ

Cuando se lleva a cabo un experimento, es necesario evaluar si sus resultados son válidos [47]. Cook y Campbell [48] definieron cuatro tipos de amenazas que pueden comprometer la validez de un experimento: validez interna, validez externa, validez del constructo y validez de conclusión.

Respecto a la validez interna del experimento, se evitó un efecto en la selección de los participantes al dividirlos aleatoriamente en los dos grupos (GC y GE). Además, se aseguró la equivalencia estadística de ambos grupos antes de la experimentación, al aplicarles un examen diagnóstico, que corroboró que ninguno de los grupos tenía una ventaja significativa en cuanto al conocimiento previo relacionado con las alfas del núcleo de Essence 1.2. Asimismo, para minimizar un posible efecto en la instrumentación, los exámenes de la Pre-prueba/Post-prueba fueron aplicados en el mismo lugar, al mismo tiempo, calificados por el mismo instructor y con la misma escala de evaluación. Como ninguno de los participantes abandonó el experimento, es posible afirmar que no hubo efecto de mortalidad.

Sin embargo, las amenazas a la validez interna no pueden considerarse del todo inexistentes, puesto que los participantes de ambos grupos (GC y GE) trabajan en la misma entidad de software, por lo que pudo haber ocurrido una posible difusión de tratamientos.

En relación con la validez externa, como el experimento sólo ha sido replicado una vez, no sería propio generalizar los resultados. En consecuencia, como apoyo a futuras réplicas, la caracterización de los participantes del experimento reportado y los instrumentos de evaluación empleados, se encuentran disponibles en [49].

En el caso de la validez del constructo, se realizó una prueba piloto antes de llevar a cabo el experimento, lo que permitió realizar los ajustes necesarios en los instrumentos de evaluación. Para evitar un efecto de aprendizaje, los exámenes de la Pre-prueba y la Post-prueba tenían una estructura similar, pero no igual. Asimismo, como las respuestas a las preguntas de los exámenes eran de opción múltiple, se empleó la distribución binomial para corroborar la probabilidad de aprobar los exámenes seleccionando al azar las respuestas, la cual se reduce a 0.0143.

Con respecto a las amenazas a la validez de conclusión, se evitó cualquier efecto en la confiabilidad del análisis estadístico, al realizar las pruebas de normalidad y homocedasticidad antes de efectuar la prueba T de Student, tanto en la Pre-prueba como en la Post-prueba. De la misma forma, se consideró un nivel de confianza del 95% al realizar todas las pruebas estadísticas.

Las amenazas identificadas, afectan del mismo modo a la réplica del experimento, puesto que se siguió el mismo método de experimentación, con las mismas hipótesis de investigación y los resultados fueron analizados estadísticamente de la misma manera.

En conjunto, este trabajo debe considerarse como un estudio exploratorio con el que se tiene un primer conocimiento sobre el efecto de aprendizaje de la aplicación móvil Alphalingo.

XI. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo proporcionan un primer indicador que sugiere que el uso de la aplicación móvil llamada Alphalingo, puede ser beneficioso para los profesionales que laboran en entidades de software, cuando desean aprender sobre las alfas del núcleo del estándar Essence 1.2. El conocer las alfas, les permitirá determinar el estado y el progreso de un proyecto de software, lo que mejorará a su vez, la calidad del proceso y del producto de software.

La aplicación móvil presentada en este artículo, brinda a los profesionales la oportunidad de aprender de forma autorregulada, a cualquier hora y en cualquier lugar. Esta herramienta fue probada positivamente por profesionales laborando en dos empresas de software, como parte de un experimento formal y una réplica del mismo. Los resultados estadísticos muestran que las personas que usaron Alphalingo, obtuvieron mejores resultados en la evaluación final, que aquellas que aprendieron sobre las alfas por medio de clases presenciales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado. También agradecen a Alan Revillagigedo, Arturo López, Daniel Bárcenas y Sergio Flores, por participar en el desarrollo de Alphalingo. Un agradecimiento especial a la M.I. Paola Jiménez por revisar el análisis estadístico, así como a todos los profesionales y a las empresas de software que participaron en la experimentación.

REFERENCIAS

- [1] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering a practitioner's approach*. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2014.
- [2] I. Sommerville, *Software Engineering*. London, UK: Pearson, 2015.
- [3] ESSENCE–Kernel and Language for Software Engineering Methods Version 1.2, Object Management Group Standard, formal/18-10-02, 2018.
- [4] C. Péraire and T. Sedano, "State-based monitoring and goal-driven project steering: field study of the SEMAT essence framework," in *Proc. ICSE*, Hyderabad, India, 2014, pp. 325-334, <https://doi.org/10.1145/2591062.2591155>.
- [5] M. J. Simonette, M. E. Magalhães and E. Spina, "PMBOK Five Process Groups and Essence Standard: Perfect Partners?," in *Proc. CONISOFT*, Puebla, Mexico, 2016, pp. 53-58, doi: 10.1109/CONISOFT.2016.17.
- [6] C. M. Zapata-Jaramillo and Y. Montoya-Pérez, "On the relationship of ISO/IEC 9126 metrics and the alpha states of the SEMAT kernel," in *Proc. CONISOFT*, Puebla, Mexico, 2016, pp. 59-64, doi: 10.1109/CONISOFT.2016.18.
- [7] L. F. Castro-Rojas, S. Montaña-Lince and E. Espitia-Peña, "Goal Oriented Requirements Engineering supported by the SEMAT kernel," in *Proc. CONISOFT*, Puebla, Mexico, 2016, pp. 65-70, doi: 10.1109/CONISOFT.2016.19.
- [8] I. Jacobson, P. Ng, P. E. McMahon, I. Spence and S. Lidman, *The Essence of Software Engineering—Applying the SEMAT Kernel*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2013.
- [9] M. E. Morales-Trujillo, H. Oktaba and M. J. Orozco, "Using ESSENCE ALPHAS in a CMMI level 5 software development organization," in *Proc. FedCSIS*, Gdansk, Poland, 2016, pp. 1531-1538.
- [10] M. Claes, M. Mäntylä, M. Kuuttila and B. Adams, "Abnormal Working Hours: Effect of Rapid Releases and Implications to Work Content," in *Proc. MSR*, Buenos Aires, Argentina, 2017, pp. 243-247, 10.1109/MSR.2017.3.
- [11] K. Bedi, "The Significance of Face-to-Face Instruction in Hybrid Executive Education," in *Proc. ICHL*, Guangzhou, China, 2012, pp. 144-154, https://doi.org/10.1007/978-3-642-32018-7_14.
- [12] J. Ivar, "Progress Poker Flyer", 2020. [Online]. Available: <https://essence.ivarjacobson.com/publications/brochures/progress-poker-flyer>
- [13] C. M. Zapata, G. Maturana and L. Castro, "Tutorial sobre la iniciativa SEMAT y el juego MetricC", in *Proc. I4CCC*, Armenia, Colombia, 2013, pp. 1-3.
- [14] J. Pieper, "Discovering the essence of Software Engineering an integrated game-based approach based on the SEMAT Essence specification," in *Proc. EDUCON*, Tallinn, Estonia, 2015, pp. 939-947, doi: 10.1109/EDUCON.2015.7096086.
- [15] E. M. Jiménez-Hernández, H. Oktaba, M. Piattini, F. Díaz-Barriga, A. M. Revillagigedo-Tulais and S. V. Flores-Zarco, "Methodology to construct educational video games in software engineering," in *Proc. CONISOFT*, Puebla, Mexico, 2016, pp. 110-114, doi: 10.1109/CONISOFT.2016.25.
- [16] J. Pieper, "A case study of software engineering methods education supported by digital game-based learning: Applying the SEMAT Essence kernel in games and course projects," in *Proc. EDUCON*, Athens, Greece, 2017, pp. 1689-1699, doi: 10.1109/EDUCON.2017.7943076.
- [17] I. A. Alshalabi and K. Elleithy, "Effective M-learning design Strategies for computer science and Engineering courses," in *Intern J Mob Net Comm & Telem*, vol. 2, no.1, pp.1-11, 2012.
- [18] T. Rekkedal and A. Dye, "Mobile distance learning with PDAs: Development and testing of pedagogical and system solutions supporting mobile distance learners," *Int. Rev. of Res. in Open Distance Learn.*, vol. 8, no. 2, pp. 1-21, Jun. 2007. doi:10.19173/irrodl.v8i2.34.
- [19] Directrices de la UNESCO para las políticas de aprendizaje móvil, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura: 6. 2013.
- [20] L. G. Martínez, S. Marrufo, G. Licea, J. Reyes-Juárez and L. Aguilar, "Using a Mobile Platform for Teaching and Learning Object Oriented Programming," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 16, no. 6, pp. 1825-1830, June 2018, doi: 10.1109/TLA.2018.8444405.
- [21] F. Hawk and A. Shah, "Using Learning Style Instruments to Enhance Student Learning," in *Decis Scienc J Innovat Educ*, vol.5, no.1, pp. 1-19, Jan. 2007, <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2007.00125.x>.
- [22] S. Drudi, F. Litvack, E. Chesini, A. Castro, R. Pisetta and L. Becerra, "A Motivating Experience for Learning Alternating Current," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 11, no. 1, pp. 579-584, Feb. 2013, doi: 10.1109/TLA.2013.6502864.
- [23] L. S. Vygotsky, *Educational Psychology*. Boca Raton, FL, USA: St. Lucid Press, 1997.
- [24] D. P. Ausubel, *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York, NY, USA: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- [25] M. Fleming, "Displays and communication," in *Instructional technology foundations*, R. M. Gagne, Ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1987, pp. 233-260.
- [26] J. Albadan Romero, P. A. Garcia Gaona and C. Montenegro Marin, "Assessment model in a selection process based in gamification," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 6, pp. 2789-2794, June 2016, doi: 10.1109/TLA.2016.7555256.
- [27] G. C. Chalco, D. A. Moreira, I. I. Bittencourt, R. Mizoguchi and S. Isotani, "Personalization of Gamification in Collaborative Learning

Contexts using Ontologies," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 6, pp. 1995-2002, June 2015, doi: 10.1109/TLA.2015.7164227.

- [28] C. A. Paim and J. L. V. Barbosa, "Octopus: A gamification model to aid in ubiquitous care of chronic diseases," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 4, pp. 1948-1958, April 2016, doi: 10.1109/TLA.2016.7483539.
- [29] L. Gonzalez, M. C. Gomez and J. A. Echeverri, "Motivation and Virtual Education in Computer Science: Case Universidad de Medellín-Colombia," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, no. 6, pp. 1176-1181, June 2017, doi: 10.1109/TLA.2017.7932706.
- [30] H. Ebbinghaus, *Memory: A Contribution to Experimental Psychology*. New York, NY, USA: Columbia University, 1885.
- [31] J. Block, P. Airasian, B. Bloom and J. Carroll, *Mastery Learning: Theory and Practice*. New York, NY, USA: Holt Rinehart & Winston, 1971.
- [32] E. M. Jiménez-Hernández, H. Oktaba, F. Díaz-Barriga, M. Piattini, A. M. Revillagigedo-Tulais, D. Bárcenas-Acosta, A. López-Guzmán and S. V. Flores-Zarco, "Using ISO/IEC 29110 Deployment Package to construct educational video games in software engineering," in *Software Engineering: Methods, Modeling, and Teaching*, vol. 4, C. M. Zapata-Jaramillo, C. E. Durango-Vanegas, and W. Perdomo-Charry, Ed. Bogotá, Colombia: Universidad de San Buenaventura, 2017, ch. 2, pp 27-40.
- [33] B. Settles and B. Meeder, "A Trainable Spaced Repetition Model for Language Learning," in *Proc. ACL*, Berlin, Germany, 2016, pp. 1848-1858.
- [34] J. M. Keller, *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. New York, NY, USA: Springer, 2010.
- [35] C. Coll and C. Monereo (Eds.), *Psicología de la educación virtual*. Madrid: Morata, 2008.
- [36] F. Díaz Barriga, "Principios de diseño instruccional de entornos de aprendizaje apoyados con TIC: Un marco de referencia sociocultural y situado" in *Tecnol Comun Educ*, Vol. 20, no.41, pp. 4-16, 2005.
- [37] T. M. Duffy and D. J. Cunningham, "Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction," in *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*, D. H. Jonassen, Ed. New York: Simon and Schuster, 2001, pp. 170-198.
- [38] C. Coll, "El currículo escolar en el marco de la nueva ecología del aprendizaje" in *Aula de innovación educativa*, no. 219, pp. 31-36, 2013.
- [39] C. Reigeluth, "¿En qué consiste la teoría de diseño educativo y cómo se está transformando?" in *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos*. Madrid: Aula XXI Santillana, 2000, pp. 15-40.
- [40] A. Teemant, M.E. Smith, S. Pinnegar and M.W. Egan, "Modeling sociocultural pedagogy in distance education", in *Teach Coll Rec*. Vol. 107, no. 8, pp. 1675-1698, 2005, doi:10.1111/j.1467-9620.2005.00538.x
- [41] B. Marcano, "Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital", in *Rev Elect Teor Educ Cult Soc Inform*, vol. 9, no. 3, pp. 93-107, 2008, <http://dx.doi.org/10.14201/eks.16791>.
- [42] L. Cohen, L. Manion and K. Morrison, *Research Methods in Education*. London, UK: Routledge, 2007.
- [43] T. D. Cook and D. T. Campbell, "The causal assumptions of quasi-experimental practice," in *Synthese*, vol. 68, no.1, pp.141-180, Jul. 1986, <https://doi.org/10.1007/BF00413970>.
- [44] A. Brooks, J. Daly, J. Miller, M. Roper and M. Wood, *Reporting of Experimental Results in Software Engineering*. University of Strathclyde, Dept. of Computer Science: EFoCS-17-95 [RR/95/193], 1995.
- [45] N. Loorbach, O. Peters, J. Karreman and M. Steehouder, "Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology," in *Br J Educ Technol*, vol. 46, no. 1, pp. 204-218, Jan. 2015, <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>.
- [46] J. Cohen, *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Hillsdale, 1988.
- [47] T. D. Cook and D. T. Campbell, *Quasi-experimentation – Design and Analysis Issues for Field Settings*. Boston, MA, USA: Houghton Mifflin Company, 1979.
- [48] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell and A. Wesslén A, *Experimentation in software engineering: an introduction*. New York, NY, USA: Springer, 2012.
- [49] E. M. Jiménez-Hernández, H. Oktaba, F. Díaz-Barriga and M. Piattini, "Apéndices: Using an Educational Mobile Application for Learning the Essence 1.2 Kernel Alphas," 2019. [Online]. Available: <http://erendirajimenez.mx>



Eréndira M. Jiménez-Jiménez nació en Tlaxcala, México en 1987. Estudió la Maestría en Ciencias de la Computación en el Centro de Investigación en Computación (CIC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Actualmente es estudiante del Doctorado en Ciencia e Ingeniería de la Computación en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



Hanna Oktaba nació en Varsovia, Polonia en 1951. Doctora en Ciencias de la Computación de la Universidad de Varsovia. Dirigió el proyecto MoProSoft, el cual fue publicado como la norma MNX-I-059-NYCE en el 2005. Entre 2006 y 2015 fue la representante de México en el WG 24 de la ISO JTC1/SC7 para la creación del estándar ISO/IEC 29110 para las Muy Pequeñas Entidades. Es profesora de tiempo completo en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde es líder del grupo de investigación Quali-Kaans.



Frida Díaz-Barriga nació en la Ciudad de México, México en 1955. Recibió el grado de Doctora en Pedagogía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 2005, recibió la Medalla Sor Juana Inés de la Cruz por su destacada carrera profesional. En 2009, recibió el Premio Nacional de Psicología. Es miembro nivel III del Sistema Nacional de Investigadores. Es profesora de tiempo completo en la UNAM, donde es líder del grupo de investigación GIDDET.



Mario Piattini nació Buenos Aires, Argentina en 1966. Estudió la Maestría y el Doctorado en Informática en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y estudió la Maestría en Psicología en la UNED. En 2016, recibió el Premio Aritmel, por haber realizado contribuciones científicas sobresalientes en el área de Ingeniería Informática. Es profesor de tiempo completo en la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), donde es líder del grupo de investigación Alarcos.