

Experiencias y efectos del m-learning en el aprendizaje del polinomio de Taylor mediante la interacción con la App “Calculadora Gráfica” de GeoGebra.

Experiences and effects of the m-learning in the learning of the Taylor polynomial through the interaction with the "Graphic Calculator" App of GeoGebra.

Experiências e efeitos do m-learning na aprendizagem do polinômio de Taylor através da interação com a App "Calculadora Gráfica" do GeoGebra.

Óscar Iván Rodríguez Cardoso¹

Vladimir Alfonso Ballesteros Ballesteros²

¹ Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá, Colombia. Contacto: oirodriguez@libertadores.edu.co

² Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá, Colombia. Contacto: vladimir.ballesteros@libertadores.edu.co

Resumen:

En la actualidad, diversos estudios científicos muestran que las herramientas tecnológicas han facilitado la comprensión de los conceptos matemáticos, además de estimular la motivación y la confianza de los estudiantes en si mismos. Por ello, el uso de la tecnología en el entorno educativo se ha convertido en un tema de investigación cada vez más recurrente. En congruencia, se desarrolla este estudio que tiene como objetivo principal, documentar las experiencias y los efectos en el aprendizaje del polinomio de Taylor, su margen de error y acotación con estudiantes de ingeniería, vinculando el uso de dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas, iPads) a la metodología de clase (m-learning), mediante la interacción con la App “Calculadora Gráfica” de GeoGebra. Para tal fin, se diseñó un experimento 4G de Solomon que permitió comparar *cuantitativamente* el rendimiento académico de dos grupos experimentales a quienes se les enseñó el polinomio de Taylor con m-learning utilizando la App de GeoGebra como herramienta tecnológica mediadora, frente a dos grupos de control que solo utilizaron la calculadora CASIO fx-350MS, lápiz y papel, obteniendo resultados estadísticos favorables a los grupos experimentales. También se reunió información de tipo *cualitativo* mediante la aplicación de una encuesta de escala Likert obteniendo buena fiabilidad con coeficiente alfa de Cronbach de 0.8, para estimar la influencia del uso de dispositivos móviles en la actitud del grupo experimental hacia el aprendizaje del polinomio de Taylor. Los resultados de esta encuesta mostraron que los estudiantes en general, tuvieron buena actitud hacia el aprendizaje del polinomio de Taylor cuando se vinculó a la clase la interacción con el App de GeoGebra desde sus dispositivos móviles.

Palabras clave: Aprendizaje de las matemáticas, aprendizaje móvil o m-learning, dispositivos móviles, GeoGebra, polinomio de Taylor.

Abstract:

At present, several scientific studies show that technological tools have facilitated the understanding of mathematical concepts, as well as stimulating students' motivation and confidence in themselves. Therefore, the use of technology in the educational environment has become an increasingly recurrent research topic. In congruence, this study is developed with the main objective of documenting the experiences and effects on the learning of the Taylor polynomial, its margin of error and assessment with engineering students, linking the use of mobile devices (smartphones, tablets, iPads) to the methodology of class (m-learning), through the interaction with the App "Graphical Calculator" of GeoGebra. For this purpose, a Solomon 4G experiment was designed that quantitatively compared the academic performance of two experimental groups who were taught the Taylor polynomial with m-learning using the GeoGebra App as a mediating technology tool, compared to two groups of control that only used the CASIO fx-350MS calculator, pencil and paper, obtaining statistical results favorable to the experimental groups. Qualitative information was also gathered by applying a Likert scale survey obtaining good reliability with Cronbach's alpha coefficient of 0.8, to estimate the influence of the use of mobile devices on the attitude of the experimental group towards learning the Taylor polynomial. The results of this survey showed that the students in general had a good attitude toward learning the Taylor

polynomial when the interaction with the GeoGebra App was linked to the class from their mobile devices.

Keywords: Learning mathematics, mobile learning or m-learning, mobile devices, GeoGebra, Taylor polynomial.

Resumo:

Atualmente, vários estudos científicos mostram que as ferramentas tecnológicas facilitaram a compreensão de conceitos matemáticos, bem como estimularam a motivação e a confiança dos alunos em si mesmos. Portanto, o uso da tecnologia no ambiente educacional tornou-se um tópico de pesquisa cada vez mais recorrente. Consistente, este estudo cujo objetivo principal é desenvolvido, documentando as experiências e os efeitos sobre a aprendizagem Taylor polinomial, margem de erro e preso com estudantes de engenharia, ligando o uso de dispositivos móveis (smartphones, tablets, iPads) à metodologia de aula (m-learning), através da interação com a App "Graphical Calculator" do GeoGebra. Para esse fim, um experimento 4G Solomon permitindo quantitativamente comparar o desempenho acadêmico de dois grupos experimentais que foram ensinados a Taylor polinômio com m-aprendizagem usando App GeoGebra como uma ferramenta tecnológica mediador contra dois grupos foi concebido controle que utilizou apenas a calculadora CASIO fx-350MS, lápis e papel, obtendo resultados estatísticos favoráveis aos grupos experimentais. informações qualitativas também se reuniu pela aplicação de uma pesquisa de escala de Likert obtendo boa confiabilidade com o coeficiente alfa de Cronbach de 0,8, para estimar a influência do

uso de dispositivos móveis na atitude do grupo experimental para a aprendizagem de Taylor polinomial. Os resultados desta pesquisa mostraram que os estudantes em geral tinham uma boa atitude em relação ao aprendizado do polinômio de Taylor quando a interação com o aplicativo GeoGebra foi vinculada à classe de seus dispositivos móveis.

Palavras-chaves: Aprendizagem matemática, mobile learning ou m-learning, dispositivos móveis, GeoGebra, polinômio de Taylor

Introducción

En la actualidad, los métodos de enseñanza están mediados por la existencia y el uso de tecnologías interactivas (Irina, Roman & Olga, 2018) (Nelson, Voithofer & Cheng, 2019), en consecuencia, esta realidad tecnológica permea el ejercicio de la enseñanza y sus dispositivos se convierten en nuevos socios del contrato didáctico (Andrà, 2016) (Dagdilelis, 2018). Desde esta perspectiva se podría vincular la tecnología a la labor docente, ya que juega un papel importante en el desarrollo del proceso educativo (Gürsul & Keser, 2009) siendo su uso oportuno en espacios académicos, no solo por el hecho que las tecnologías digitales han transformado y están transformando las relaciones humanas y los poderes cognitivos humanos (Friedman, 2007) sino también por el hecho que la tecnología sirve de mediador en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, tal como académicos y profesionales han podido evidenciar (Voogt, 2008). Estudios de caso en todo el mundo han demostrado que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) pueden permitir prácticas innovadoras en el aprendizaje de las ciencias (Kozma, 2003).

Sarrab, Elgamel, & Aldabbas (2012) definen el término aprendizaje móvil o m-learning como el uso de dispositivos de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) móviles y de mano, como teléfonos móviles, computadoras portátiles, PDA y tecnologías de tableta en procesos de capacitación, aprendizaje y enseñanza, plantea que la interacción con dispositivos móviles aumenta la motivación de los estudiantes hacia las matemáticas (Taleb, Ahmadi & Musavi, 2015) en la medida en que imprime a la matemática la visualización y, a partir de allí, la construcción de representaciones distintas (Clinton & Walkington, 2019). Este último

factor ha sido estudiado de igual manera por Shin & Mills (2007), Duru, Peker, Akcakin (2010), Pollara (2011), Skiada, Soroniati, Gardeli & Zissis (2013), Pullen (2015) confirmando una reacción positiva en la motivación y percepción de los estudiantes en la relación con su aprendizaje, además de provocar un avance favorable en la superación del miedo a las matemáticas (Novelo, Herrera, Díaz, & Salinas, 2015).

Con base en las citas anteriores, se percibe el m-learning como una herramienta didáctica interesante para el aprendizaje de las matemáticas y se intuye que el uso de la aplicación “Calculadora Gráfica” de GeoGebra para dispositivos móviles podría llegar a tener incidencias positivas en el aprendizaje del polinomio de Taylor.

Metodología

Con ánimo de documentar las experiencias y los efectos del m-learning en el aprendizaje del polinomio de Taylor, su margen de error y acotación, se decidió adoptar una metodología de investigación de tipo mixto recogiendo datos cuantitativos mediante un diseño experimental 4G de Solomon y datos cualitativos mediante una encuesta de escala tipo Likert que permite establecer las implicaciones de vincular al proceso de aprendizaje la App “Calculadora Gráfica” de GeoGebra en la actitud de los estudiantes frente a la clase de matemáticas.

Diseño experimental 4G de Solomon

El diseño experimental de cuatro grupos de Solomon tiene un alto prestigio y representa el primer acercamiento riguroso frente al problema de la validez externa (Campbell & Stanley, 1963) debido a que elimina la incertidumbre derivada de la exposición de la muestra al pre test ya que este afecta la sensibilidad de los sujetos al tratamiento, aumentando o disminuyendo los efectos estimados de este, lo que resulta decisivo a la hora de poder generalizar los resultados, inconveniente que afecta tanto al diseño pre test/pos test con grupo de control como al diseño con grupo de control y sólo pos test pero que se resuelve en el diseño de cuatro grupos de Solomon al añadir dos nuevos grupos que al no pasar por la condición de pre test permiten contrarrestar el posible efecto de sensibilización previa al tratamiento (García Pérez, Frías Navarro, & Pascual Llobell, 1999).

En este experimento se tomó una muestra de cien estudiantes de ingeniería que se dividió aleatoriamente en cuatro grupos de Solomon con la intención de contrastar el desempeño académico de los grupos experimentales (G1 y G2) a quienes se les explicó el polinomio de Taylor, su margen de error y acotación con m-learning, utilizando la App “Calculadora Gráfica” de GeoGebra como herramienta tecnológica mediadora, frente al rendimiento de dos grupos de control (G3 y G4) a quienes se les enseñó el mismo tema sin más materiales que lápiz, papel y una calculadora de bolsillo CASIO fx-350MS.

Unidad Didáctica

Como propuesta para el aprendizaje del polinomio de Taylor, se diseñaron e implementaron dos unidades didácticas, una

para los grupos experimentales con m-learning y la otra para los grupos de control sin m-learning. Estas unidades didácticas se diseñaron bajo el modelo que propone Gómez Mendoza (2003) que se estructura teniendo en cuenta criterios en cuanto al diseño de objetivos, contenidos, secuencia de contenidos, actividades, actividades de evaluación, organización y gestión del aula. Como lo indica Gómez Mendoza esta estructura no es lineal permitiendo la posibilidad a la adaptación constante en función de la idiosincrasia de los autores ya que cualquier material iba siendo readaptado y complementado para poder dar respuesta a las necesidades manifestadas en el aula durante el proceso.

Encuesta en escala de tipo Likert

El escalamiento de tipo Likert consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, ante los cuales se pide la reacción de los participantes. Es decir, se presenta cada afirmación y se solicita al sujeto que exprese su reacción eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala. A cada punto se le asigna un valor numérico, así, el participante obtiene una puntuación respecto de la afirmación y al final su puntuación total, sumando las puntuaciones obtenidas en relación con todas las afirmaciones (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

La encuesta de tipo Likert se aplica después de la intervención únicamente a los grupos de Solomon G1 y G2 que abordaron el polinomio de Taylor con m-learning y el App de GeoGebra para conocer el resultado de la experiencia en cuanto a la actitud de los estudiantes frente al aprendizaje de este

concepto matemático. En la tabla 1 se sintetizan el proceso de pre test/pos test presentado por cada grupo, así como cada paso seguido durante la intervención.

	Grupos	Realizó Pre test	Vinculó m-learning y el App de GeoGebra en el proceso de aprendizaje	Realizó Pos test	Contestó test de actitud en escala Likert
Grupos experimentales	G1	Sí	Sí	Sí	Sí
	G2	No	Sí	Sí	Sí
Grupos de control	G3	Sí	No	Sí	No
	G4	No	No	Sí	No

Tabla 1. Etapas y proceso para la implementación de la estrategia.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Instrumentos

Pruebas pre test y pos test

El pre test y el pos test aplicados, son pruebas estandarizadas de veinte preguntas de opción múltiple con única respuesta. Cada pregunta tiene cuatro opciones de respuesta de las cuales una es verdadera y las otras tres son distractores. Estos test fueron diseñados bajo el modelo de competencias basado en evidencias (Icfes, 2019) que busca asegurar la validez mediante la alineación de los procesos y productos de las pruebas con sus objetivos.

El desarrollo de esta metodología inició con la identificación de lo que se pretendía evaluar, en este caso, los conocimientos previos (con el pre test) o posteriores (con el pos test) de los estudiantes en cuanto al polinomio de Taylor su margen de error y acotación. Este tema está definido en el Syllabus del espacio académico Métodos

Numéricos de la Fundación Universitaria Los Libertadores para las carreras de Ingeniería Aeronáutica, de Sistemas, y Mecánica. En esta fase, participaron docentes de dicho espacio académico en ejercicio y expertos en evaluación. Una vez identificados los conocimientos a evaluar (ver tabla 2), el siguiente paso fue formular las afirmaciones, que traducen el estándar en desempeños y permitieron dar cuenta del significado y alcance de los puntajes obtenidos por los estudiantes. A partir de cada afirmación se construyeron las evidencias, esto es, las acciones o productos observables que hicieron posible verificar los desempeños a los que se refieren las afirmaciones. Según este modelo las evidencias responden a qué deben hacer los estudiantes en las pruebas que permita inferir que tienen determinadas competencias, conocimientos o habilidades. Las evidencias fueron la base para la construcción de las preguntas de las pruebas. El siguiente paso fue la elaboración de tareas, entendidas estas como enunciados que dan pautas para la construcción de las preguntas o ítems de una prueba, a través de estas se hizo

posible caracterizar la dificultad o complejidad de las preguntas.

Conocimiento a evaluar	Número de Pregunta
1. Reconoce el valor x_0 como un valor en torno al cual se aproxima localmente el polinomio de Taylor a la función $f(x)$.	1,6,11,16.
2. Encuentra la ecuación algebraica del polinomio de Taylor correspondiente a la función $f(x)$ en torno a x_0 .	2, 7,12, 17.
3. Calcula el margen de error absoluto para un valor x en una aproximación numérica por polinomios de Taylor.	3, 8, 13, 18.
4. Determina el término de error de truncamiento correspondiente a un polinomio de Taylor de orden n .	4,9,14,19.
5. Acota el margen de error de truncamiento.	5,10,15,20.

Tabla 2. Conocimientos a evaluar y número de pregunta.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Encuesta actitudinal

Para el desarrollo de esta investigación, se adaptó de un test de escala de tipo Likert, diseñado originalmente en Perú por Díaz Dumont (2015), debido a que en aplicaciones hechas en ese país presentó una buena confiabilidad ya que considerando el total de los ítems se cuenta con un coeficiente alfa de Cronbach mayor a 0.80 . Otra razón para elegir adaptar este test, es el ámbito propio de aplicación que originalmente es el alumnado de escuela secundaria diseñado para edades entre doce a dieciséis años, sin embargo, como lo señala Díaz Dumont (2015) puede ser ampliado a edades superiores incluidas las universitarias.

El test consta de veinte preguntas en total, las primeras trece indagan a cerca de factores actitudinales intrínsecos hacia las matemáticas y las siete restantes a cerca de factores extrínsecos (ver anexo A). Con este test actitudinal se recopiló información cualitativa a cerca de la actitud de los individuos del grupo experimental frente a la experiencia de haber abordado el tema del polinomio de Taylor su margen de error y acotación, mediado por la incorporación de sus dispositivos móviles a la clase de Métodos Numéricos a través de la interacción con la App “Calculadora Gráfica” de GeoGebra. La figura 1, muestra la distribución porcentual del test en factores actitudinales intrínsecos y extrínsecos.

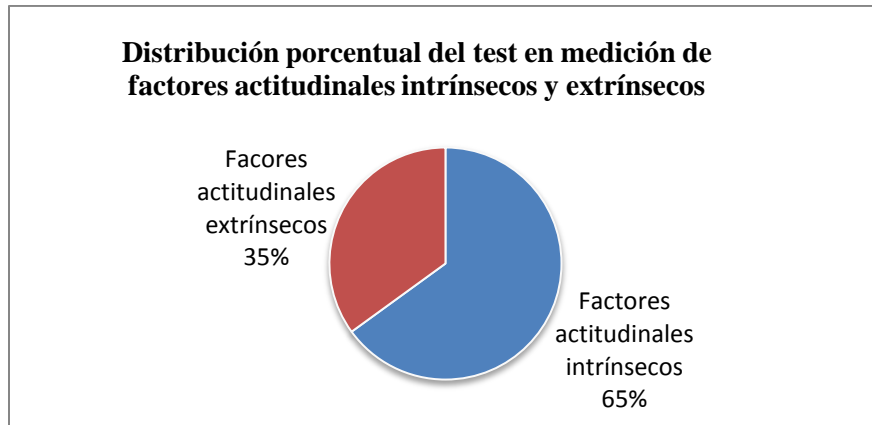


Figura 1. Distribución porcentual del test en medición de factores actitudinales intrínsecos y extrínsecos.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Población y muestra

El estudio se realizó sobre la población de estudiantes de la Fundación Universitaria Los Libertadores ubicada en Bogotá, Colombia. En específico, se eligió aleatoriamente una muestra de noventa y un estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas que cursaron el espacio académico Métodos Numéricos durante el segundo semestre de 2018. En la tabla 3 se sintetiza la información respectiva al tamaño de la muestra y su distribución en cada grupo del diseño experimental 4G de Solomon .

Grupo	Número de Integrantes
G1	21
G2	23
G3	22
G4	25
Total	91

Tabla 3. Distribución de la muestra en el diseño experimental 4G de Solomon.

Fuente: elaboración de los autores.

Es importante decir que el ciento por ciento de los estudiantes de la muestra contaba con

un dispositivo móvil ya fuera un teléfono inteligente, una tableta o un iPads con acceso a internet vía Wi-fi que brinda la institución.

Análisis de resultados

Análisis de resultados pruebas pre test y pos test

Para el análisis de resultados, se tomó como variable dependiente de análisis el porcentaje de respuestas correctas. Se observó que en el grupo de control con pre test (G3) el porcentaje de respuestas correctas en el pre test estuvo alrededor del 28% con una desviación del 11,3% y en el pos test se encontró un aumento al 57% con una desviación mayor cercana al 20%. Aunque desde lo descriptivo se observa un aumento en el promedio, también aumentó la desviación del porcentaje de respuestas correctas y se debe tener en cuenta otros posibles factores que podrían influir en los estudiantes. Se observó que en el grupo

experimental con pre test (G1) el porcentaje de respuestas correctas en el pre test estuvo alrededor del 31% con una desviación del 10,2% y en el pos test se encontró un aumento al 71% con una desviación mayor cercana al 18%. Aunque desde lo descriptivo se observa un aumento en el promedio, también aumento la desviación del porcentaje de respuestas correctas y se deben tener en cuenta otros posibles factores que podrían influir en los estudiantes.

Además se observa que al comparar los grupos pre test, los resultados obtenidos son

muy similares tanto en promedio como en desviación. Así mismo, en el pos test se observa que ambos grupos aumentaron el porcentaje de respuestas correctas, sin embargo, aumentó en mayor medida en el grupo que recibió el tratamiento vinculando dispositivos móviles o m-learning, lo cual puede ir de la mano con el aprendizaje obtenido durante el proceso académico de los estudiantes y la interacción con la App de GeoGebra. La tabla 4 muestra los estadísticos descriptivos.

Estadísticos descriptivos				
Variable dependiente:	Porcentaje respuestas correctas			
Experimental/control		Media	Desviación estándar	N
Control	Pre	,28	,113	20
	Pos	,57	,208	47
	Total	,48	,229	67
Experimental	Pre	,31	,102	20
	Pos	,71	,180	44
	Total	,59	,248	64
Total	Pre	,29	,107	40
	Pos	,64	,207	91
	Total	,53	,243	131

Tabla 4. Estadísticos descriptivos pre test/pos test.

Fuente: elaboración de los autores.

Con base en el análisis de medias marginales estimadas y de acuerdo con el modelo obtenido mediante el diseño del experimento, se puede inferir que en aplicaciones similares del experimento con sujetos similares y con condiciones de control similares a las que se

plantearon, se podría esperar que en los grupos control se alcance un porcentaje de respuestas correctas cercanas al 40% y en los grupos experimentales alrededor del 51%. En la tabla 5 se muestran los resultados estadísticos obtenidos.

Experimental/control	
Variable dependiente:	Porcentaje respuestas correctas

EXPERIMENTAL/CONTROL	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
CONTROL	,423	,023	,377	,469
EXPERIMENTAL	,511	,023	,465	,557

Tabla 5. Resultados esperados en aplicaciones similares del experimento.

Fuente: elaboración de los autores.

Ahora, del modelo obtenido mediante el diseño experimental 4G de Solomon se puede inferir que en aplicaciones similares del experimento con sujetos similares y con condiciones de control similares a las que se definieron, se podría esperar que la interacción del grupo control con pre test (G3) tenga una variación en los porcentajes de respuestas correctas cercanas al 27% en el

pre test y cercanas al 57% en el pos test. Por otra parte, los grupos experimentales a los que se les mide el pre test y el pos test varían alrededor del 31% para el pre test y cerca al 71% para el pos test, lo que evidencia que el tratamiento aplicado mejora los resultados en los estudiantes. Ver resultados estadísticos en la tabla 6.

Experimental/control * pre/pos test					
Variable dependiente:	Porcentaje respuestas correctas				
Experimental/control		Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Control	Pre	,275	,039	,198	,352
	Pos	,571	,025	,521	,621
Experimental	Pre	,308	,039	,231	,384
	Pos	,715	,026	,663	,767

Tabla 6. Resultados esperados en aplicaciones similares del experimento.

Fuente: elaboración de los autores.

En la figura 2 se muestran los gráficos de perfiles para analizar los resultados de los grupos experimentales y control en el diseño planteado. Se puede decir que al comparar los resultados del pre test y pos test se observa

que hay diferencias entre los grupos, lo cual es usual en contextos educativos, por lo tanto, se puede creer que no hay interacción en los resultados lo cual concuerda con la propuesta de experimento al eliminar dicho efecto

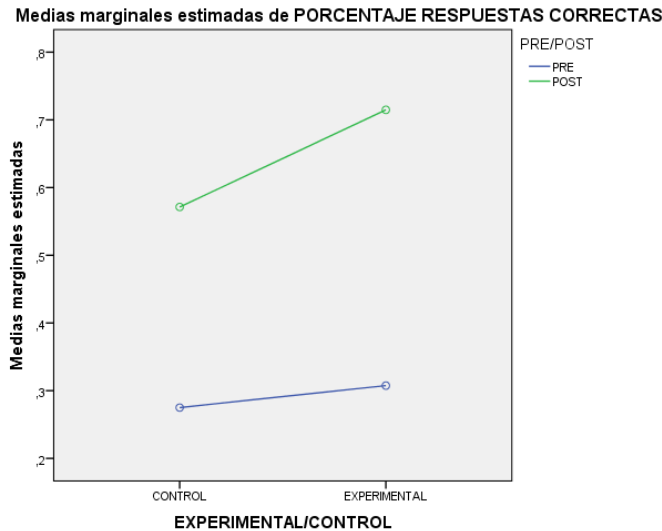


Figura 2: gráficos de perfiles.

Fuente: elaboración de los autores

Análisis de resultados del test de actitud

Para el análisis de confiabilidad se verifica el alfa de Cronbach para el instrumento en cada una de las dos dimensiones actitudinales, intrínseca y extrínseca de forma individual, y en conjunto en donde se observaron los

siguientes resultados. Ver la tabla 7 para consultar estadísticas de fiabilidad del instrumento.

	Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos (Cantidad de preguntas)
Fiabilidad escala dimensión actitudinal intrínseca.	,767	,808	13
Fiabilidad escala dimensión actitudinal extrínseca.	,553	,553	7
Fiabilidad escala dimensión actitudinal total.	,806	,831	20

Tabla7. Fiabilidad del test de actitud en escala Likert.

Fuente: elaboración de los autores.

Frente a la dimensión intrínseca se encontró un coeficiente de 0,77, que se considera aceptable. En cuanto a la dimensión extrínseca se encontró un coeficiente de 0,55,

lo cual se considera moderado. Sin embargo, para la dimensión total del instrumento se encontró un coeficiente de 0,80, lo cual se considera bueno. En la tabla 8 se muestran los

estadísticos descriptivos del resultado de la aplicación.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
P1	37	4	5	4,68	,475
P2	37	2	5	3,84	,688
P3	37	3	5	4,68	,530
P4	37	3	5	4,30	,661
P5	37	1	5	4,22	1,004
P6	37	2	5	3,46	,900
P7	37	1	5	4,05	1,332
P8	37	2	5	3,86	,976
P9	37	3	5	4,51	,651
P10	37	2	5	4,54	,730
P11	37	3	5	4,62	,639
P12	37	2	5	4,46	,691
P13	37	4	5	4,81	,397
P14	37	4	5	4,65	,484
P15	37	2	5	4,57	,647
P16	37	3	5	4,49	,607
P17	37	3	5	4,68	,530
P18	37	3	5	4,65	,538
P19	37	3	5	4,59	,551
P20	37	4	5	4,84	,374
N válido (por lista)	37				

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de resultados del test de actitud en escala Likert.

Fuente: elaboración de los autores.

Conclusiones

Se realizó un experimento 4G de Solomon para comparar los resultados de un pre test contra los de un post test y de esta manera se pudo evidenciar cuantitativamente el efecto que tuvo la intervención en el logro académico de los estudiantes en el aprendizaje del polinomio de Taylor, su margen de error y acotación. Los grupos que utilizaron la App de

GeoGebra por medio de la interacción con su dispositivo móvil, obtuvieron mejores resultados en el post test, lo cual es evidencia de un efecto positivo de la vinculación del m-learning y la App “Calculadora Gráfica” de GeoGebra en el aprendizaje del polinomio de Taylor su margen de error y acotación.

Se adaptó un test con escala de tipo Likert para conocer la actitud de los estudiantes con respecto a la vinculación del m-learning y la App de GeoGebra a la clase de matemáticas y obtuvo una confiabilidad buena con un coeficiente alfa de Cronbach superior a 0,8, mostrando la viabilidad del test para ser aplicado en estudios futuros en Colombia.

Según la información recogida del test de actitud en escala Likert se puede afirmar que los estudiantes sienten gusto de aprender el concepto del polinomio de Taylor, su margen de error y acotación cuando se interactúa con el App de GeoGebra desde su dispositivo móvil en el aula de clase, debido a que tiene ventajas como la parte visual de los objetos matemáticos y la posibilidad de generar construcciones geométricas dinámicas que les permite explorar, sin embargo, advierten que se debe tener precaución y hacer un uso responsable del dispositivo y asegurarse que sirva a fines educativos, de lo contrario puede ser contraproducente.

Para obtener resultados similares a los de este estudio, se aconseja contar con una población similar en condiciones similares tanto en acceso a internet como a dispositivos móviles acordes al diseño metodológico. Cabe resaltar que el App de GeoGebra solo necesita de internet para la descarga y actualizaciones, de resto funciona correctamente sin necesidad de conexión.

Para estudios futuros, se habla del m-learning como una herramienta que sirve a la democratización del conocimiento en el sentido que una persona puede aprender en cualquier momento y desde cualquier lugar, eliminando barreras temporales y espaciales. Esta investigación se desarrolló en el horario de la clase y en el aula, sin embargo, queda abierta la posibilidad de indagar la experiencia del m-learning con una población conformada por individuos ubicados en diversos lugares, horarios y condiciones particulares, para poner

a prueba si los estudiantes pueden acceder al conocimiento matemático atravesando barreras de tiempo y espacio mediante la interacción con la App de GeoGebra desde su dispositivo móvil.

Referencias

- Andrà, C. (2016). Book Review: Narrating Technology in the Classroom. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 2(1), 87-92.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and cuasiexperimental design for research*. Chicago: Rand McNally.
- Clinton, V., & Walkington, C. (2019). Interest-enhancing approaches to mathematics curriculum design: Illustrations and personalization. *The Journal of Educational Research*, 1-17.
- Dagdilelis, V. (2018). Preparing teachers for the use of digital technologies in their teaching practice. *Research in Social Sciences and Technology*, 3(1), 109-121.
- Diaz Dumont, J. R. (2015). Cuestionario sobre Motivación (Hacia la Matemática). Lima, Perú.
- Duru, A., Peker, M., Akcakin, v.(2010).Liseogren cilerinin Bilgisayar Destekli Matematik öğrenmeyeYonelikTutumları. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 1 (3), 264-284.
- Friedman, T. L. (2007). *The world is flat. A brief history of the twenty-first century (updated and expanded edition.)*. (Picador/Farrar, Ed.). New York: Straus and Giroux.

- Garcia Perez, J. F., Frías Navarro, D., & Pascual Llobell, J. (1999). Potencia Estadística del Diseño de Solomon. *Psicothema*, 11(0214-9915), 431–436.
- Gómez Mendoza, M. A. (2003). *Didáctica de la disertación en la enseñanza de la filosofía : métodos y procedimientos*.
- Gürsul, F., & Keser, H. (2009). The effects of online and face to face problem based learning environments in mathematics education on student's academic achievement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2817–2824.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (S. A. D. C. V. Interamericana Editores, Ed.) (6th ed.). Mexico D.F.: Mc Graw Hill.
- Icfes (2019). Diseño de las pruebas saber a partir del modelo de evidencias. Recuperado el 28 de 04 de 2019 de <http://www.icfes.gov.co/index.php/instituciones-educativas/acerca-de-las-evaluaciones/como-se-elaboran-las-pruebas>.
- Irina, K., Roman, M., & Olga, M. (2018, October). The Use of Interactive Methods and Computer Technologies for Increasing the Motivation for In-Depth Study and Obtaining Long-Term Knowledge in the Course Theoretical Foundations of Electrical Engineering. In *2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)* (pp. 1-5). IEEE.
- Kozma, R. B. (2003). Technology, innovation, and educational change—A global perspective. *Eugene, OR: International Society for Educational Technology*.
- Nelson, M. J., Voithofer, R., & Cheng, S. L. (2019). Mediating factors that influence the technology integration practices of teacher educators. *Computers & Education*, 128, 330-344.
- Pollara, P. (2011). Mobile learning in higher education: A glimpse and a comparison of student and faculty readiness, attitudes, and perceptions. Unpublished doctoral dissertation, Louisiana State University, US.
- Pullen, D., Swabey, S., Abadoot, M., & Sing, T. (2015). Pre-service teachers' acceptance and use of mobile learning in Malaysia. *Australian Educational Computing*, 30(1). Retrieved from: <file:///C:/Users/fawzi.ishtaiwa/Downloads/55-249-1-PB.pdf>.
- Sarrab, M., Elgamel, L., & Aldabbas, H. (2012). Mobile Learning (M-Learning) And Educational Environments. *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)*, 3(4), 31–36.
- Shin, Y. E., Mills, D. (2007). Setting the New Standard with Mobile Computing in Online Learning, *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, Vol 8, No 2.
- Skiada, R., Soroniati, E., Gardeli, A., & Zisis, D. (2013). A Mobile Application for Children with Learning Difficulties. 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Infoexclusion. Available online at www.sciencedirect.com.
- Taleb, Z. Amine A, Musavi, M.(2015).The Effect of M-learning on Mathematics

Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 171.10.1016/j.sbspro.2015.01.092.

Voogt, J. (2008). *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*.

Anexos

Instrumento para caracterizar la actitud de los estudiantes en el grupo experimental frente a la vinculación del m-learning y la App Calculadora “Gráfica de GeoGebra” en el aprendizaje del polinomio de Taylor, su margen de error y acotación.

Anexo A: Test Actitudinal De Escala Tipo Likert

Instrucciones: Estimado alumno, el presente cuestionario tiene el propósito de recopilar información sobre el interés que tienes por el área de matemáticas. Te agradecería leer atentamente y marcar con una (X) la opción correspondiente a la información solicitada. Es *totalmente anónimo* y su procesamiento *es reservado*. Estos datos servirán para conocer cuál es la situación de tu motivación hacia el espacio académico métodos numéricos después de haber interactuado y experimentado con la aplicación de GeoGebra desde tu dispositivo móvil (celular, Tablet, etc.) y mejorar, si es necesario, aquellos aspectos que lo requieran. Si no has comprendido algo puedes preguntarlo ahora. Te pedimos **SINCERIDAD EN TU RESPUESTA**, en beneficio de la calidad en la educación.

DIMENSIÓN INTRÍNSECA

AFIRMACIÓN	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	MUY POCAS VECES	NUNCA
1. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil, pongo mucho interés en lo que hacemos en la clase de métodos numéricos.					
2. Cuando se incluye durante las clases la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil, deseo con frecuencia que no termine.					
3. Pongo gran atención a lo que dice el profesor en la clase de métodos numéricos, cuando se incluye en la metodología, la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil.					
4. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil, tomo parte en las discusiones o actividades que se realizan en clase, pues siento el deseo de hacerlo.					
5. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil, NO me distraigo en clase haciendo garabatos, hablando con mis compañeros/as o pasándome notas.					
6. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil, a menudo soy yo el que expongo a mis compañeros/as el trabajo realizado en clase, pues siento el deseo de hacerlo.					
7. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil en clase de métodos					

numéricos, no suelo aburrirme o quedarme dormido.					
8. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil en el espacio académico de métodos numéricos, realizo trabajos extra que me permitan seguir experimentando en el App por mi propia iniciativa.					
9. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil en clase de métodos numéricos, me siento a gusto y bien.					
10. Cuando se incluye la interacción con GeoGebra desde mi dispositivo móvil, termino satisfecho con las actividades académicas que se realizan en el salón.					
11. Estoy satisfecho con mi aprendizaje del Polinomio de Taylor y su margen de error, después de haber interactuado y experimentado en el App de GeoGebra.					
12. Mis expectativas son altas al inicio de la clase, porque pienso que el docente utilizará recursos que conozco como el App de GeoGebra y aprenderé mejor.					
13. Se colmaron mis expectativas con respecto a la forma de enseñar del profesor, cuando él incluyó la experimentación en el App de GeoGebra desde mi dispositivo móvil.					

DIMENSIÓN EXTRÍNSECA

AFIRMACIÓN	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	MUY POCAS VECES	NUNCA
14. Considero que la motivación por los estudios, es resultado de interactuar con el profesor usando diversos medios como lo es el App de GeoGebra para dispositivos móviles.					
15. Considero que el esfuerzo desplazado en el proceso de aprendizaje debe estar encauzado de forma productiva, mediante la motivación.					
16. Considero que los mismos estudiantes deben asumir la responsabilidad de auto motivarse.					
17. Considero que los docentes deben ser creativos para planear sus temas tratados, y que sean unos docentes actualizados que incluyan en sus clases herramientas					

tecnológicas como el App de GeoGebra para dispositivos móviles.					
18. Estoy satisfecho con la productividad en mis estudios.					
19. Estoy satisfecho con el logro de mis metas académicas en matemáticas.					
20. Considero que la aplicación de GeoGebra “Calculadora Gráfica”, utilizada por el profesor ayuda a entender mejor el tema Polinomios de Taylor y al entenderlo me siento con ganas de investigar más.					

Test adaptado de la versión original diseñada por Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont (PhD), (Díaz, 2015) Cuestionario sobre motivación hacia la matemática, instrumento de la variable motivación de las matemáticas, cuestionario de motivación en el área de matemática (secundaria). Instrumentos de Gestión Pública. Professional on line, Lima. Perú.