

M-Learning: Revisión y análisis comparativo de algunas aplicaciones o apps de matemáticas

Paredes, Gilberto / Gámez, Blanca
Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET)
gilbpar@unet.edu.ve / bgamez@unet.edu.ve

Finalizado: San Cristóbal, 2018-02-17 / Revisado: 2018-04-09 / Aceptado: 2018-06-23

Resumen

En este trabajo se realiza una revisión documental y análisis de algunas aplicaciones o apps de matemática de carácter gratuito seleccionadas de Google Play Store de acuerdo con criterios como: capacidad de graficación y resolución tanto numérica como algebraica de los principales tópicos enseñados en los primeros cursos de matemática universitaria. Las apps examinadas incluyeron las versiones gratuitas para Smartphone de: Calculator N+, Malmath, Mathematics, Geogebra, Calculus, Symbolab, Cymath, Photomath, Yhomework, matemática paso a paso, limit step by step y calculadora grafica. La revisión incluyó una breve descripción de cada una de las aplicaciones con énfasis en el contenido, teclado matemático personalizado, procedimiento en los cálculos realizados y archivo de salida. Finalmente, se considera como referencia ciertos criterios comparativos que pueden ser de utilidad en la elección de la aplicación por parte del profesor o estudiante para su posterior incorporación dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática.

Palabras clave: M-learning, apps, revisión documental, análisis comparativo, aprendizaje colaborativo.

Abstract

M-LEARNING: REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF SOME APPLICATIONS OR APPS OF MATHEMATICS

This paper looks at a documentary review and analysis on some applications or free math apps taken from Google Play Store regarding criteria as graph ability and both numerical and algebraic resolution addressed to as the main topics taught in first courses of university mathematics. The apps examined included free versions for Smartphone, Calculator N+, Malmath, Mathematics, Geogebra, Calculus, Symbolab, Cymath, Photomath, Yhomework, Matematica paso a paso, Limit step by step and Calculadora grafica. The review comprised a brief description of each application giving emphasis to the content, the personalized mathematical keyboard, the procedures in the calculations solved and the output files. Finally, certain comparative criteria are considered as a reference which may be useful in the choice of any application by the teacher or the student and their further incorporation into the teaching and learning process of mathematics.

Key words: M-learning, math apps, documentary review, comparative analysis, collaborative learning.

Résumé

M-LEARNING: RÉVISION ET ANALYSE COMPARÉE D'APPLICATIONS ET D'APPLICATIONS DE MATEMATIQUES

En savoir plus sur la réalisation de la revue documentaire et de l'analyse des applications gratuites sur Google Play Store de Google Play Store avec les critères suivants: capacité de graficación et résolution simultanés avec les algorithmes algébriques mathématique universitaire. Applications gratuites pour smartphone: Calculatrice N +, Malmath, Mathématiques, Geogebra, Calcul, Symbolab, Cymath, Photomath, Yhomework, matemática paso a paso, limite pas à pas y calculadora grafica. La revue inclue une description abrégée de la cada una de las aplicaciones avec le contenu, le dessin personnalisé, la procédure dans les dossiers et l'archivage de salida. Finalmente, se considera como referencia ciertos criterios comparativos que pueden ser de utilidad en elección de aplicación por parte del profesor o estudiante pour postérieur incorporación dentro del proceso de enseñanza et aprendizaje de la matemática.

Mots-clés: M-learning, apps, revisión documental, análisis comparativo, aprendizaje colaborativo.

Introducción

Los primeros dispositivos electrónicos portátiles usados en el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas a nivel superior sin lugar a dudas fueron las calculadoras gráficas, las cuales en esencia podrían considerarse las predecesoras de la tecnología móvil para fines educativos. La primera calculadora grafica para estos propósitos fue desarrollada por *Casio Computer Co* en la década de los ochenta, creando una revolución en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. (Del puerto y Minnaard, 2003)

Una de las principales ventajas de las calculadoras graficas es que estas contribuyen a crear ambientes de aprendizajes en cooperación, transformando la matemática en un tema apasionante, promoviendo la experimentación, la investigación y la reflexión de los estudiantes (Del puerto y Minnaard, 2003). Es importante destacar que la calculadora grafica desde su aparición, además de ser un dispositivo capaz de realizar operaciones y cálculos de matemática ha sido una influencia positiva en el rendimiento estudiantil (Ruthven, 1990; Quesada y Maxwell, 1994; Gómez, 1997).

La aparición de nuevos dispositivos electrónicos, Smartphone, tablet, minilaptop, entre otros, han dado un nuevo impulso a las Tecnologías de la Información y Comunicación, permitiendo explorar nuevas metodologías de enseñanza como el E-Learning y el M-Learning, las cuales entre otros fines buscan reducir las limitaciones de espacio y tiempo en la formación académica de los estudiantes, contribuyendo a mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje (Pedraza y Mendoza, 2014).

El Mobile Learning, conocido también como M-Learning, algunos autores las definen como, “la aplicación de los dispositivos electrónicos móviles para fines educativos” (Brazuelo & Cacheiro, 2010), “el uso de dispositivos electrónicos móviles y de bolsillo, tales como teléfonos móviles, portátiles, PDAs y tablet PC usados para la formación, aprendizaje y enseñanza” (Sarrab et al., 2012), o “el acceso a través de dispositivos móviles a los contenidos de un curso y todos los materiales de enseñanza respectivos” (Molnár, 2012).

Una de las principales ventajas que ofrece el Mobile Learning es la conectividad mediante dispositivos portátiles, de manera inmediata y desde cualquier sitio (Valero et al., 2012). Otro aspecto positivo de esta tecnología, es que permite la implementación de otras formas de aprendizaje, como lo es el aprendizaje colaborativo (Gikas & Grant, 2013). El M-Learning constituye en esencia, un medio para el aprendizaje entre grupos de estudiantes con diferentes niveles (Ozuorcun & Tabak, 2012), propiciando y fortaleciendo la interacción alumno-profesor.

Algunos de problemas que enfrenta esta tecnología para fines educativos es su puesta en la práctica, ya que resulta difícil medir el grado en que ha contribuido al aprendizaje (Ozuorcun y Tabak, 2012). Otro aspecto negativo del empleo del m-learning se debe al hecho de que muchos profesores se resisten a la implantación de las nuevas tecnologías al proceso de enseñanza aprendizaje (Gikas y Grant, 2013).

El siglo XXI esta caracterizado entre otros aspectos por un vertiginoso avance de la tecnología. La Educación en este siglo debe estar en sincronía con los adelantos tecnológicos, es por ello que la enseñanza debe adaptarse a los adelantos de la época, no solo para hacerla más atractiva para los estudiantes sino para lograr mejores resultados en su proceso de aprendizaje.

Las aplicaciones o *apps* (*apps*, acrónimo de la palabra *applicatio*) para dispositivos móviles constituyen un recurso que puede ser aprovechado para complementar o reforzar los contenidos desarrollados en clases, así como la realización de las actividades asignadas al final de cada contenido. En tal sentido, los docentes pueden diseñar y colocar a disposición de los alumnos materiales didácticos basados en las *apps*, contribuyendo con ello a mejorar su aprendizaje de forma ubicua y asíncrona (Zambrano, 2009).

En este trabajo se realiza una revisión documental y análisis de algunas *apps* disponibles en forma gratuita usando algunos criterios comparativos, iniciando desde una primera etapa de acceso e instalación hasta la etapa final o valoración de resultados mostrados por la aplicación. Las aplicaciones se describen mencionando sus aspectos

distintivos en función del desarrollo de los criterios comparativos. Entre las aplicaciones revisadas y analizadas se incluyen: Calculator N+, Malmath, Mathematics, Geogebra, Calculus, Symbolab, Cymath, Photomath, Yhomework, matemática paso a paso, limit step by step y calculadora grafica. No obstante, otras aplicaciones de acceso gratuito cuya capacidad de cálculo y graficación es semejante a las contempladas en esta investigación, podemos mencionar: FX Calculus Problem Solver, Mathway - Solución matemática, etc.

En cuanto a las dimensiones de comparación, se analizarán los siguientes aspectos: a) Accesibilidad (programas de libre distribución), b) Interfaz de usuario, c) ambientes de edición, importación y exportación, d) nivel del contenido, e) Capacidades de graficación, f) manuales de usuario o ayudas, g) Tamaño que ocupan h) Memoria RAM utilizada, i) Versión de android, j) Cálculos y procedimientos mostrados, k) Interactividad apps-usuario y l) Cálculos u operaciones .

Este trabajo se ha desarrollado con la intención de aportar ciertos aspectos técnicos o requerimientos básicos para la instalación de los apps de matemáticas en teléfonos inteligentes o Smartphone, así como la confiabilidad y robustez de dichas aplicaciones de distribución libre disponibles en plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles para los dispositivos con sistema operativo Android.

Metodología

Muestra: Se seleccionaron algunas aplicaciones de matemática de la plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles para dispositivos con sistema operativo Android, Google Play Store, con la finalidad de instalarlas y ejecutarlas en el Smartphone para realizar pruebas sobre su funcionamiento y así establecer ciertos parámetros para su posterior caracterización.

Criterios de selección: En Google Play Store con la palabra clave “matematica” muestra 250

Tabla 1. Características de las apps de matemática revisadas en la investigación. Donde: Tamaño, T; Versión de Android requerida, Vand; Versión actual de la aplicación, Vact

APP	Nombre	Características	APP	Nombre	Características
	Calculator N+	T:18.70 Mb Vand=4.03 Va=3.9.5		Symbolab	T=12.91 Mb Vand=Variable Vact=variable
	Malmath	T=8.46 Mb Vand=4.0 Vact=3.1.0		Cymath	T=7.97 Mb Vand=4.1 Vact=00000
	calculadora grafica	T=8.62 Mb Vand=4.1 Vact=0.00		Photomath	T=20.07 Mb Vand=4.1 Vact=0000
	Mathematics	T=3.96 Mb Vand=2.2 Vact=3.3.3		Grapher free	T=3.43 Mb Vand=2.3 Vact=1.4.1
	Geogebra	T=32.08 Mb Vand=4.1 Vact=00000		Yhomework	T=40.45 Mb Vand=Variable Vact=variable
	Calculus	T=6.95 Mb Vand=2.3 Vact=1.6		Matemática paso a paso	T=4.94 Mb Vand=4.0 Vact=1.14
	Integral	T=14.13 Mb Vand=4.1 Vact=1.0.3		Limits step by step	T=9.66 Mb Vand=4.0.3 Vact=5.2.0

apps relativas a este término, de las cuales el 90% aproximadamente son de acceso gratuito. Muchas de las aplicaciones son básicas (juegos y operaciones de aritmética principalmente), otras contemplan contenidos de aritmética y álgebra básica semejantes en nivel al contenido estudiados en bachillerato. Solo cerca de 30 aplicaciones (12% del total mostrado) poseían la capacidad de resolución de ejercicios similares en nivel al contenido enseñando en los cursos de matemática universitaria. Para esta investigación se eligieron 14 aplicaciones, usando como requisitos para su selección: a) capacidad de resolución de ejercicios en una variable sobre: álgebra lineal, funciones, límites, derivadas, integrales propias e impropias y b) capacidad de graficación en coordenadas cartesianas principalmente. En la tabla 1, se muestran las aplicaciones seleccionadas que cumplieron al menos uno de los dos requisitos exigidos.

Criterios de comparación

a) Accesibilidad (programas de libre distribución)

Un aspecto importante ha considerar en la elección de software para fines científicos o educativos es que estos reúnan los requerimientos básicos necesarios para el fin que se persigue con ellos. No obstante, la accesibilidad en términos de su política de distribución, ya sea gratuito o comercial es otro aspecto a considerar. La adquisición de software cuando no se disponen de recursos económicos, es un factor que afecta la accesibilidad al producto (Ledesma, 2004). En tal sentido, la gratuidad del software es una de las características distintivas a tomar en cuenta al momento de elegir aplicaciones con fines educativos.

Algunas *apps* que pueden emplearse para fines educativos, específicamente para la enseñanza y aprendizaje de la matemática, y que son de acceso gratuito están disponibles para dispositivos móviles con sistema operativo Android o iOS desde la plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles Google Play Store.

Existen versiones de *apps* que son más completas en contenido que las versiones libres o gratuitas, sin embargo, su costo económico en la

mayoría de los casos las hacen inaccesibles.

b) Interfaz de usuario

El diseño gráfico o la interfaz de las aplicaciones móviles para cualquier fin también puede ser determinante en su elección. En general, los usuarios se verán más atraídos hacia aquellas *apps* que tengan una interfaz completamente gráfica, en la cual puedan acceder a todas sus funciones a través de menús, cuadros de diálogos, etc. (Ledesma, 2008). Las *apps* de matemáticas en sus versiones gratuitas o comerciales se caracterizan por presentar este tipo de requerimiento.

c) Ambientes de edición, importación e exportación

Las aplicaciones para fines de la enseñanza o aprendizaje de las matemáticas o las *apps* en general, serán de mayor o menor interés para el estudiante en la medida que estas ofrezcan entornos o ambientes que le permitan portar (importar/exportar) y editar la información de su interés. Por ejemplo, en algunas situaciones, son comunes ejercicios con caracteres especiales o simbología matemática que usualmente no son de acceso inmediato desde el editor de la aplicación. Existen *apps* que permiten tomar una foto al ejercicio y luego mostrar su interpretación simbólica para su procesamiento, sin la necesidad de invertir tiempo en la escritura desde el editor de la aplicación. Es importante, y forma parte de la retroalimentación, la posibilidad de compartir información con otros pares, de allí la importancia de que las *apps* tengan la opción de guardar archivos en extensiones como jpg, gif, pdf, además de la extensión propia de la aplicación.

d) Sobre el contenido

Las *apps* son como los libros, no se pueden evaluar o juzgar por la portada, sino por el contenido que hay en ellas. En Google Store existen infinidad de *apps* de acceso gratuito, pero no todas se ajustan a las necesidades de los usuarios. Es decir, existen *apps* valoradas “muy buenas” por su capacidad para resolver problemas específicos de álgebra, cálculo integral y diferencial, probabilidad, geometría, etc. Son pocas las aplicaciones que pueden catalogarse como “completas” por la cantidad de tópicos

y ejercicios capaces de resolver, y que pueden ser comparables al contenido del pensum de matemáticas a nivel universitario. Como veremos más adelante, existen aplicaciones que incluyen un amplio contenido que en algunos casos supera al enseñando en los cursos de matemática a nivel superior.

e) Capacidades de graficación

En matemática, no solo es relevante la topología de la función. Existe una gran cantidad de información que puede ser extraída y que se encuentra en la grafica de la ecuación. De allí que es muy importante que el estudiante pueda construir de manera rápida la grafica de cualquier función. En este sentido, existen *apps* que son muy versátiles y robustas en la construcción de graficas de funciones en una, dos y tres variables o dimensiones.

f) Manuales de usuario o ayudas

Al elegir una *apps* de matemática, entre otros aspectos de importancia a considerar por el usuario esta la documentación o ayuda que la misma contenga, ya que la interacción usuario-aplicación es través de lenguaje simbólico.

En muchos casos, los usuarios no logran completar la ejecución de un ejercicio en particular debido a problemas de sintaxis, por ejemplo, existen aplicaciones donde el símbolo para la operación de división es el slash (/), en otros casos es el operador aritmético \div ; existen *apps* que usan los símbolos: \int , $\frac{d}{dx}$ para integral y derivada, otras reemplazan estos símbolos por la cadena, int y der para denotar integral y derivada, respectivamente. Algunas de las *apps* de distribución libre disponibles, cuentan con manuales o ayudas donde el usuario puede recurrir para solventar cualquier dificultad referente a simbología o sintaxis, en otros casos, es nula o deficiente la ayuda para el uso de las mismas.

g) Tamaño o espacio ocupado

La cantidad de megas que una aplicación pueda ocupar en un dispositivo móvil sería una limitante para su uso. No obstante, en promedio la mayoría de los Smartphone disponen de espacio de tarjeta o disco del orden de los 8 Gybabytes (GB=1000megas). Existen Aplicaciones de

matemática que ocupan solo unos pocos megas (aproximadamente entre 1 a 100 megas).

h) Memoria RAM utilizada

La memoria RAM o de acceso aleatorio (Random Access Memory), es la que utilizan los dispositivos móviles como memoria de trabajo para ejecutar software, como las *apps* por ejemplo. Un Smartphone como el Samsung S2 que salió a la venta en el año 2011, tenía una memoria RAM de 1 Gygabytes (GB). Actualmente la empresa Samsung ha lanzado el S8, cuya memoria RAM oscila entre los 4 a 6 GB. Cabe destacar que las aplicaciones de acceso gratuito o pagas han sido desarrolladas para consumir la menor cantidad de memoria RAM posible. En este trabajo las aplicaciones fueron ejecutadas en un Samsung Galaxy mini III de 1 GB de RAM.

i) Versión android en los Smartphone

Cualquier Aplicación para sistemas operativo Android requiere una versión mínima de dicho sistema operativo. En la Tabla 1 se muestra la versión de Android para cada una de las *apps* analizadas en este trabajo. Cuando alguna aplicación demande una versión superior de Android a la existente en el dispositivo, solo se debe actualizar a una versión superior soportada por el dispositivo.

j) Resultados y procedimientos mostrados

Algunas de las aplicaciones disponibles de forma gratuita tienen limitaciones en cuanto a la posibilidad de mostrar el procedimiento en las operaciones realizadas. Dichas limitaciones son en realidad estrategias comerciales para ofrecer la versión completa por un costo económico, estas versiones son conocidas como versiones *pro*.

k) interactividad apps-usuario

Existe varias maneras para interactuar con el dispositivo móvil, siendo la más común a través de del teclado o la voz. Muchas aplicaciones disponen de mecanismos adicionales como es el reconocimiento de patrones por medio de la cámara del dispositivo.

l) Amplitud de cálculos realizados

Las aplicaciones de matemática de acceso gratuito disponibles en Google Play Store, pueden

diferenciarse además del nivel del contenido por la cantidad o diversidad de cálculos que las mismas puedan realizar. Por ejemplo, existen *apps* que solo resuelven las operaciones básicas con números reales, otras por ejemplo son capaces de resolver ejercicios de cualquier complejidad sobre aritmética, algebra básica y avanzada, calculo integral y diferencial, estadística, probabilidad, etc.

Resultados y discusión

1.- Breve descripción de las aplicaciones o *apps* de matemática

Grapher Free

Es una calculadora grafica desarrollada por, Basile Van Hoorick ideal para construir la grafica de funciones en coordenadas cartesianas de la forma $f(x, y, z)$, **Polares:** $r(\theta)$; **Paramétricas:** $x(t); y(t)$; **Implícita:** $x^a + y^b = c$; **Funciones en 3D:** $z(x, y)$; **Curvas en 3D:** $x(t); y(t); z(t)$; **superficies en 3D:** $x(u, v); y(u, v); z(u, v)$.

Adicionalmente resuelve ecuaciones de primer grado de la forma $(ax + b + cx + \dots + q = p)$ y de segundo grado de la forma $ax^2 + bx + c = 0$, con $a, b, c \neq 0$, mostrando la solución numérica en cada caso. Al graficar cualquier función en coordenadas cartesianas, muestra sobre la grafica las raíces y valores extremos de la función.

La interactividad entre el usuario y la aplicación es a través del teclado del Smartphone. Puede graficar simultáneamente hasta 24 graficas, permitiendo ver las intersecciones de las mismas y sus puntos de cortes. Es un graficador muy robusto, ideal para los cursos iniciales y avanzados de algebra y calculo a nivel universitario.

Es importante destacar que la versión libre puede resolver cualquier ecuación de primer y segundo grado, además de mostrar su grafica. Grapher free es una aplicación muy ligera que ocupa unos 3.43 MB de espacio de disco en el celular, es compatible para versiones de Android superiores a 4.1, adicionalmente contiene un manual de ayuda con una breve descripción de los contenidos del menú, incluyendo ejemplos para cada caso, lo cual representa una ventaja para su uso. Las graficas generadas pueden grabarse en el disco interno del móvil, el archivo resultante es

una imagen con extensión *PNG* (Portable Network Graphics).

Grapher tiene una versión comercial o Pro como suele denominarse que incluye además del contenido de la aplicación gratuita un menú adicional para la resolución de ejercicios sobre diferenciación, variable compleja, cálculo infinitesimal y funciones hiperbólicas.

Grapher free no tiene teclado matemático personalizado, está limitado al teclado básico del Smartphone, reconociendo las simbologías de potenciación (^), operadores lógicos (>, <), signos de agrupación ([, (, {), funciones trigonométricas e hiperbólicas.

Calculator N+

Calculator N+ es un aplicación de código abierto disponible solo en idioma inglés ofrecida por N Studio - Trần Lê Duy. Esta *apps* tiene un teclado matemático personalizado, sin embargo la aplicación permite usar el teclado propio del dispositivo para ingresar simbología adicional como por ejemplo las funciones trigonométricas hiperbólicas. La principal limitación de la aplicación es que no tiene la opción de guardar los archivos generados, sin embargo, un capture de pantalla puede ayudar para compartir los resultados generados en cualquier caso. Esta *apps* dispone de manual de ayuda que puede ser visualizado en GITHUB (Plataforma de desarrollo colaborativo para alojar proyectos), siendo necesario la conexión a internet.

Es una aplicación ideal para resolver ejercicios de Algebra, Calculo, Trigonometría y Estadística. En **Algebra** puede determinar la solución de ecuaciones lineales y sistemas de ecuaciones, simplificar expresiones algebraicas, realizar conversiones de unidades, factorizar polinomios, realizar expansiones binomiales y operaciones con matrices. Su contenido sobre **Cálculo** incluye la resolución de límites, derivadas e integrales definidas. En **Trigonometría** su contenido se limita expansión trigonométrica y simplificación trigonométrica. En **Estadística**, solo incluye operaciones elementales sobre Combinatoria y permutaciones. No obstante, es una aplicación completa sobre los principales tópicos estudiados en los cursos iniciales de matemática a nivel universitario.

La versión gratuita, su principal limitación o desventaja es que no muestra los procedimientos o pasos en la resolución de los problemas.

Malmath

Es un aplicación desarrollada por MALMATH 2015 INC para Windows y Smartphone. Su Teclado matemático personalizado hace que sea una aplicación muy sencilla de usar. La versión gratuita permite resolver cualquier ejercicio de cálculo y algebra. El contenido de **cálculo** incluye: Límites, derivadas, integrales definidas e indefinidas y el de **Algebra**: ecuaciones e inecuaciones de primer y segundo grado. En una ecuación implícita, es capaz de despejar cualquiera de las variables, sin importar la complejidad de la ecuación. Su principal característica es que muestra los resultados de los ejercicios paso a paso.

Malmath permite guardar las soluciones algebraicas y graficas en el disco duro del celular, los cuales pueden ser visualizados en un archivo JPG en el directorio mis archivos/pictures/Malmath. En su sitio web <http://www.malmath.com/>, contiene ayuda adicional con instrucciones para el uso para la versión de Android.

Integral

Es una aplicación de Matematica que contiene una lista de aproximadamente 223 integrales, agrupadas en: Racionales, Exponenciales, Logarítmicas, Trigonométricas, Trigonométricas inversas, Hiperbólicas, Hiperbólicas inversas, Derivadas segundas, Valor absoluto, Integrales especiales, Integrales definidas. Esta aplicación contiene aproximadamente el 40% de la lista de integrales del *Mathematical Handbook de la serie Schaum (Murray et al, 1999)*.

Yhomework

APPS muy sencilla, ofrecida por *Math Underground*, es útil para la resolución de ejercicios elementales de aritmética y algebra. Su contenido sobre **Aritmética** incluye: operaciones fundamentales con números enteros y racionales; en **Algebra**: ecuaciones e inecuaciones de primer y segundo grado (resolución paso a paso con comentarios en idioma inglés). En algunos casos presenta su grafica. Su versión gratuita o de prueba, solo permite usarla para resolver una cantidad limitada de ejercicios suministrados por el usuario. Sin embargo, la aplicación permite desinstalarla e instalarla nuevamente para seguir usándose. Esta

aplicación tiene teclado matemático personalizado, permitiendo además guardar los resultados o cálculos en el dispositivo móvil (Smartphone) en un archivo de extensión PNG. En su sitio web, <http://www.yhomework.com/> dispone de amplia documentación sobre la aplicación.

Photomath

Photmah es una aplicación desarrollada por *Photmath Inc* que emplea tecnología de visión artificial para el reconocimiento de patrones. En esta aplicación, la interactividad del software y usuario es a través de la cámara del Smartphone. Es decir, al ejecutarse la *apps*, el Smartphone está listo para colocarlo de manera perpendicular sobre el ejercicio en cuestión, automáticamente la aplicación hace un escaneo del mismo y lo traduce de la forma escrita como es presentado y lo resuelve.

Photomath reconoce los patrones o símbolos básicos de; **Aritmética**: +,-*, /. **Signos de agrupación**: Llaves ({ }, corchetes ([]) y paréntesis. **Símbolos especiales**: Integrales (\int), derivadas ($\frac{d}{dx}$), funciones trigonométricas: Seno, coseno, tangente, etc.

Esta aplicación puede resolver paso a paso ecuaciones e inecuaciones de primer y segundo grado, mostrando su grafica, así como sus valores extremos, raíces, etc. También resuelve cualquier derivada, así como integrales definidas e indefinidas.

En su sitio web, <https://photomath.net/en/> (disponible en varios idiomas, entre ellos, inglés, español, francés, italiano, portugués) contiene un menú que incluye: Descargar la aplicación para android e I05, Ayuda, Dossier de prensa, Ejemplos Jobs (Zagreb).

Debido a que emplea la cámara del dispositivo, esta podría ser una desventaja, ya que depende del poder de resolución de la cámara para el reconocimiento de patrones. No obstante, esta aplicación funciona muy bien en teléfonos de gama media compatibles con la versión gratuita.

Symbolab

Es una aplicación de matemática disponible para sistemas operativos Android y iOS. Disponibles para Windows y Smartphone. También tiene

una versión online que puede consultarse en su website <https://es.symbolab.com/>. Disponible en varios idiomas, además del español.

Fue desarrollada por Michal Avny para la enseñanza de la Matemática, esta herramienta resuelve ejercicios mostrando los pasos en la solución de problemas de; **Algebra**, cuyo contenido incluye: ecuaciones, desigualdades, ecuación con valor absoluto, sistema de ecuaciones, simplificación de expresiones, factorización y desarrollo de expresiones algebraicas, y solución de funciones en fracciones parciales. Su contenido de **Calculo** incluye: derivadas, límites, Integrales, integrales definidas, Integral múltiple, derivada Implícita, series, línea tangente, Línea Normal, Puntos extremos, derivadas parciales, ecuaciones diferenciales, transformada de Laplace, transformada Inversa de Laplace, series de Taylor y McLaurin. En **Geometría**, permite determinar la ecuación de la recta, pendiente, distancia y Punto medio. También contiene operaciones sobre **Matrices y vectores**, específicamente, suma y resta de matrices, multiplicaciones, potencia de matrices, Traza de matrices, transpuesta de matrices, determinantes de matrices, inversa de matrices, rango de matrices, etc.

La versión para android ocupa un espacio de disco de aproximadamente 12 Megabytes (La séptima parte de lo que ocupa la aplicación de facebook). Tiene un teclado matemático personalizado ajustado a la simbología Matemática moderna. La versión gratis disponible para Smartphone solo muestra los resultados, los pasos o procedimiento en la resolución de los ejercicios solo están disponibles en la versión pro y online. La versión online está disponible en sitio web, <https://es.symbolab.com/> desde la cual permite guardar los archivos en formato pdf.

Cymath

Cymath es una APPS muy versátil para resolver ejercicios de algebra y calculo, es ofrecida por Cymath LLC. Su contenido incluye algunos tópicos sobre cálculo y algebra. Entre los tópicos de cálculo están: derivadas e integrales indefinidas (solo resuelve ejercicios de complejidad matemática básica e intermedia). En lo referente a su contenido de **Algebra**, este incluye: simplificación de

expresiones algebraicas y numéricas, resolución paso a paso de ecuaciones e inecuaciones de primer grado y solución numérica ecuaciones de segundo grado, mostrando solo el resultado. Posee un teclado matemático básico que solo incluye algunas funciones para su uso.

Cymath es semejante a Photomath, es decir, tiene la opción de cámara que permite tomar una imagen al ejercicio y resolverlo.

Es una aplicación sencilla desde el punto de vista de su poder de resolución de ejercicios de álgebra y cálculo, en algunos casos no logró mostrar la solución del ejercicio introducido tanto por el teclado como a través de la digitalización o escaneo del mismo. No obstante, la versión Pro resuelve las limitaciones de la versión gratuita.

Cymath tiene una versión online (<https://www.cymath.com>), en ella a diferencia de la apps para Smartphone (sistema operativo Android) muestra los resultados del ejercicio incluyendo el procedimiento, el cual puede ser compartido a través de correo electrónico o redes sociales facebook, whatsApps, entre otros. .

Mathematics

Es una aplicación que puede resolver cualquier ejercicio sobre derivadas, límites (laterales: infinito y cero) e integrales definidas, capaz de graficar, tanto la función original como la que resulte de la integración o derivación. Esta apps dispone de un teclado matemático personalizado, en el que puedes escribir la función, desplegándose en la parte inferior un menú donde permite elegir el tipo cálculo a realizar sobre ella, como derivar, integrar, graficar.

Matematics es una apps muy útil en para ciencias sociales, su contenido en esta área comprende: Tablas de contingencia, distribución normal, binomial, Gauss, T de Student (Prueba de hipótesis, de una y dos colas, ambas. Mostrando la zona de aceptación y rechazo), Prueba de independencia (Nivel de significancia 10, 5 y 1%, e debe elegir la tabla de contingencia y muestra la zona de aceptación de la prueba), regresión lineal. También combinatoria, permutaciones, repetición.

La versión gratuita no ofrece la opción para guardar los resultados, los mismos pueden visualizarse luego realizando previamente un capture de pantalla.

Matemática paso a paso

Es una aplicación que contiene un amplio contenido teórico y ejercicios resueltos sobre aritmética, álgebra, geometría y estadística.

Matemática paso a paso introduce cada tema enunciando el objetivo del mismo y los respectivos prerrequisitos para abordar el contenido del mismo, los cuales pueden ser consultados por el usuario haciendo clic en el link que se muestra. En cada uno de los casos se puede visualizar contenido, los cuales están en la propia *apps* sin necesidad de conexión a internet.

Matemática paso a paso adicionalmente del contenido anterior posee la opción de **calculadora**, capaz de resolver ecuaciones de primer y segundo grado, derivadas (primera, segunda, hasta el orden 10), integrales indefinidas (con diferentes opciones para su computo), límites, determinantes 3×3 , matriz inversa 3×3 , producto de matrices 3×3 y calculadora de hipotecas.

Los resultados se pueden guardar en un archivo en el dispositivo, también se pueden enviar por correo electrónico y redes sociales. Es importante señalar que la aplicación en su versión gratuita no muestra los pasos o procedimientos de los ejercicios resueltos, sin embargo, la aplicación permite compartir el archivo resultante. Por ejemplo, cuando se envía por email, el programa inserta un link, que al hacer clic sobre este se despliega una ventana en el navegador donde se muestra en detalle el procedimiento del ejercicio resuelto en la aplicación.

Esta *apps* no tiene teclado matemático personalizado para ingresar o escribir el ejercicio, para ello utiliza el teclado del celular. Esta aplicación de manera implícita emplea para sus cálculos que involucran derivadas e integrales la aplicación de *WolframAlpha*, la que la hace robusta y confiable en los resultados o procedimientos mostrados.

Calculus

Es una aplicación ofrecida por *Rohit Singh & Sweta Suman*, esta aplicación contiene descripción teórica sobre funciones, límites, continuidad y diferenciabilidad (en el idioma inglés). Esta *apps* posee un menú que permite al usuario acceder a

cada uno de los contenidos de manera sencilla, el cual se detalla a continuación:

Funciones: Definición, tipos, funciones pares e impares, funciones periódicas, modulo, dominio, rango, etc. **Límites:** Definición, teoremas, asíntotas verticales y horizontales, regla de L'Hopital, algunas expansiones y límites misceláneos. **Continuidad de Funciones:** Definición y teorema del valor medio. **Diferenciabilidad:** Definición: Teorema de Rolles, Teorema del valor medio) **Diferenciación:** Definición, reglas fundamentales para diferenciación, etc. **Aplicaciones de la derivada;** máximos y mínimos, tangente y normal.

El menú **Tools** contiene una calculadora interactiva con teclado personalizado para: a) graficación de funciones: realiza la grafica funciones algebraicas elementales e igualmente las funciones trigonométricas, b) Convertidor de bases: decimal, binario, ternario, cuaternario, octal, hexadecimal, c) Integración definida: halla la solución numérica de cualquier integral y d) Descomponer: se puede descomponer en factores primos cualquier números natural.

La versión gratuita no ofrece la opción para guardar los resultados, los mismos pueden visualizarse luego realizando previamente un capture de pantalla.

Calculadora grafica

Es una aplicación desarrollada por *Philip Stephens* que puede graficar *varias* funciones de manera simultánea sin importar su complejidad matemática, diferenciándose las mismas por el color elegido por el usuario. Esta *apps* grafica cualquier función en coordenada rectangulares en dos y tres dimensiones, así como en otras coordenadas incluyendo esféricas y polares. Esta aplicación cuenta con un menú para Estadística, permitiendo ingresar tabla de datos de doble entrada (x, y) , calculando los principales parámetros descriptivos (mediana, varianza, desviación estándar, etc.) de dichos datos, realizar regresiones: lineales, cuadráticas, exponenciales, cubicas, potenciales y logarítmicas, mostrando la ecuación respectiva y sus coeficientes. La versión gratuita contiene también un menú para *Probabilidad* que incluye las distribuciones Normal, binomial, Poisson, T de Student, factorial, chi-cuadrado, exponencial y

geométrica, permitiendo modificar los parámetros característicos de cada distribución.

Su teclado matemático interactivo se ajusta o cambia de acuerdo al tipo de coordenada elegido, por ejemplo para coordenada polar y esférica agrega al teclado las variables theta (θ) y phi (ϕ), respectivamente, desapareciendo las coordenadas x, y, z , si estuviese en modo rectangular o cartesiano. Entre sus principales desventajas se pueden mencionar: a) no permite guardar los archivos creados, los mismos solo a pueden visualizarse través de capture de pantalla por propio dispositivo y b) no dispone de manual de ayuda.

Limites paso a paso

Es una aplicación desarrollada por *Ivan Petuhov* y resuelve cualquier ejercicio sobre límites, integrales, derivadas paso a paso, mostrando la grafica de la función que resulte de la derivación o integración. Resuelve las integrales de manera indefinida usando el método algebraico y numérico. Esta aplicación puede calcular la primera, segunda y tercera derivada de cualquier función en coordenadas cartesianas indicando el procedimiento y su grafica. También, resuelve ecuaciones diferenciales de primer orden.

Limites paso a paso resuelve, ecuaciones e inecuaciones de primer y segundo grado, suma de series (Grafica la solución e indica su convergencia o convergencia), operaciones elementales (suma, resta, multiplicación y división) de números complejos. Esta aplicación puede realizar el análisis de una función indicando; máximos, mínimos, asíntotas, cortes con los ejes.

Limites paso a paso puede realizar gráfico de funciones explícitas en coordenadas cartesianas y polares, incluyendo gráficos de funciones paramétricas.

Esta aplicación tiene una versión online en <http://srexamen.com/> donde el usuario puede usar la aplicación sin necesidad de descargarlo en el dispositivo.

Limites paso a paso contiene un *menú de ayuda* con ejemplos de los contenidos anteriormente referidos, sin necesidad de conexión a internet. La versión gratuita no ofrece la opción para guardar los resultados, los mismos pueden visualizarse luego realizando previamente un capture de pantalla.

Geogebra

Geogebra es un software de código abierto ofrecido por *International GeoGebra Institute*. Su aplicación para sistema operativo Android incluye: Geometría, algebra, cálculo integral y diferencial, estadística, y graficación. Esta aplicación posee un enlace en su menú principal (<https://www.geogebra.org/>) donde el usuario puede acceder a manuales, tutoriales, foros etc.

Geogebra dispone de un teclado matemático muy versátil, el cual incluye las sintaxis para acceder a todo el contenido o cálculos diferentes capaces de realizar. Esta aplicación tiene la opción de guardar los archivos finales de sus cálculos en el disco del dispositivo, para este caso la *apps* crea un directorio llamado Geogebra, donde los archivos son almacenados con la extensión propia de la aplicación (archivo.ggb). Este archivo solo puede ser visualizado por otro usuario si tiene instalada la aplicación de Geogebra bien sea en su dispositivo móvil (table, min laptop, etc.) o computador personal.

Esta aplicación en comparación de las otras analizadas es la más completa en cuanto a Contenido o Cálculos Diferentes, solo el submenú *Algebra* contiene 29 CoCD. Esta *apps* ofrece al usuario una gran diversidad de contenidos de aproximadamente 300 CoCD.

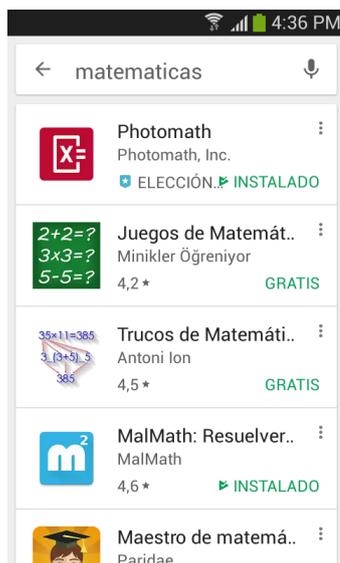
2. Análisis comparativo según las dimensiones

Accesibilidad: Versión gratuita y versión pro de las APPS

Uno de los principales inconvenientes que se puede presentar al momento de elegir software para algún fin específico es la manera de acceder a este. Uno de los aspectos a considerar esta relacionado con la política de distribución del producto, pudiendo ser gratuito o pago. Otro es el lugar o repositorio donde se encuentra. Una de las ventajas de las aplicaciones desarrolladas para telefonía móvil (Smartphone) es que las versiones gratuitas o pagas se pueden acceder desde el propio celular a través de la aplicación Google Play Store. En dicha aplicación, el usuario usando palabras claves puede acceder y descargar la aplicación en particular. En la Figura 1, se muestra por ejemplo la palabra clave

“matemática”, y en pocos segundos se despliega una cantidad de aplicaciones relacionadas con el término que el usuario introdujo.

Figura 1. Aplicaciones mostradas en un Smartphone sobre matemática



Google Play Store con la palabra matemática muestra más de de 200 aplicaciones entre gratuitas y pagas, donde aproximadamente el 90% son gratuitas.

Interfaz de usuario

Una de las principales características de los Smartphone es su pantalla táctil (inglés, touch screen), la cual permite la entrada de datos y órdenes por el usuario sin la necesidad de un periférico como el teclado, por ejemplo. Las aplicaciones desarrolladas para los distintos fines utilizan como forma de interacción entre el usuario y la apps la pantalla del dispositivo. En tal sentido, las 15 aplicaciones a que se hace referencia en este trabajo, utilizan la pantalla táctil del teléfono inteligente como medio de interacción entre el usuario y la aplicación.

Ambientes de edición, importación y exportación

Una de las ventajas de las pantallas táctiles es que permite al usuario copiar textos con solo seleccionar el contenido, pudiendo luego ser compartido por email, WhatsApp, Facebook, etc., o editarse para algún propósito específico. Es importante recalcar que, las aplicaciones de matemática, en especial las revisadas en este trabajo, en su versión gratuita

permiten seleccionar (copiar) su contenido.

Solo algunas aplicaciones tiene la opción de guardar en disco del dispositivo o exportar su contenido en algún formato de lectura o grafico. De las 15 aplicaciones sometidas a revisión solo tienen la opción de exportar los resultados de los cálculos realizados en ellas.

Sobre el nivel del Contenido

Al momento de elegir una aplicación de matemática es de importancia lo que esta sea capaz de realizar en función de la necesidad del usuario. En Google play store, existe una diversidad de apps para distintos propósitos o necesidades. Específicamente, en matemática podemos encontrar aplicaciones matemáticas que pueden ser catalogadas en básica, intermedia, o avanzada, usando como criterio el contenido que estas contienen. Es decir, una apps de matemática la catalogamos básica, si el contenido teórico o ejercicios que se puedan resolver en ella son semejantes al enseñado en educación primaria. Es de nivel intermedia si la aplicación se ajusta al contenido o nivel de los ejercicios o problemas enseñado a nivel de bachillerato. En este trabajo, hemos realizado una descripción de quince aplicaciones de matemática a nivel avanzado, ya que el contenido o ejercicios que contienen corresponden a los programas de los cursos de matemática enseñados a nivel universitario.

Capacidades gráficas

Algunas aplicaciones están restringidas a funciones específicas. Es decir, su diseño se ajusta al requerimiento del programador, como se mencionara anteriormente, estas pueden ser básicas, intermedias o avanzadas. Algunas solo contiene información teórica sobre contenidos estudiados en los diferentes niveles de la educación, otras resuelven los ejercicios introducidos por el usuario, pudiendo en algunos casos, mostrar la grafica del ejercicio en cuestión. Grapher free, en su versión gratuita es solo un graficador, capaz de mostrar graficas en 1D, 2D y 3D, específicamente en coordenadas cartesianas y polares. No obstante, aplicaciones como; Malmath, Mathematics, Cymath, además de resolver ejercicios de matemática avanzada como se especificara

anteriormente, también son capaces de construir la grafica de la función. *Yhomework* y *Symbolab* son las únicas apps en versión gratis que no muestra graficas en ninguna coordenada, sin embargo la versión pro si tiene dicha opción.

Manuales de usuario o ayudas

La mayoría de las aplicaciones revisadas en este trabajo tiene documentación o manuales de ayuda al usuario. Algunas apps muestran en su menú principal ayuda (Figura 1a), otras a través de ejemplos, figura 1b (se muestra al usuario la sintaxis o comandos a emplear para la función que quiere realizar con la apps), también existen aplicaciones que además de la ayuda contenida en la propia aplicación tiene una documentación completa en su propio sitio web (fig. 1c).

Tamaño de las APPS

Una posible restricción en la instalación de una *apps* de matemática es el tamaño que esta ocuparía en el disco duro del teléfono inteligente. Aplicaciones que incluyen diferentes funciones como: resolver ejercicios paso a paso, amplio contenido teórico o capacidad de graficación, generalmente ocupan un espacio considerable. Sin embargo, la mayoría de las apps que se han revisado en este trabajo no exceden los 50 megabytes (Figura 4). Una Aplicación como *Geogebra* o *Yhomework* que son las que más espacio ocupan, alrededor de 40 Megabytes, juntas suman el tamaño que ocupa la aplicación WhatsApp, por ejemplo. Otras

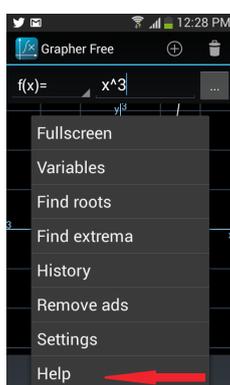
aplicaciones muy completas, respecto a contenido y su capacidad de cálculo y graficación como *Malmath*, *Photomath*, *Symbolab*, cada una en promedio no superan el 10% del tamaño de las aplicaciones de uso común y que por lo general son instaladas en los Smartphone como, *Twitter*, *Youtube*, *Chrome*, entre otras. El hecho de que aplicaciones de matemática sean “livianas”, están relacionadas con la optimización del software en si (referencia).

Memoria RAM

La mayoría de los teléfonos inteligentes que aparecieron en el mercado desde el 2011 en adelante, por lo general tienen una memoria RAM superior a un Gigabyte. Los Smartphone que han salido al mercado en los últimos 5 años, tienen memoria RAM superior a 2 Gigabytes. En este trabajo no se cuantificaron el consumo de memoria de las aplicaciones durante la ejecución de las mismas.

Cada una de las aplicaciones a que hacemos referencia en este trabajo, fueron ejecutadas y evaluadas en un teléfono inteligente de 1 Gigabyte de de memoria RAM. Es importante resaltar que, las 15 aplicaciones instaladas y ejecutadas, no interfirieron con el resto de funciones del dispositivo, como recibir llamadas, o mensajes de las diferentes redes sociales. Aunque el parámetro de medición para evaluar el desempeño del dispositivo en relación al consumo de memoria RAM es completamente cualitativo,

Figura 2. Manuales de usuario de las aplicaciones matemáticas: a) Ayuda en el menú principal de la aplicación, b) Ayuda a través de ejemplos, c) ayuda en el web site de la aplicación



a)

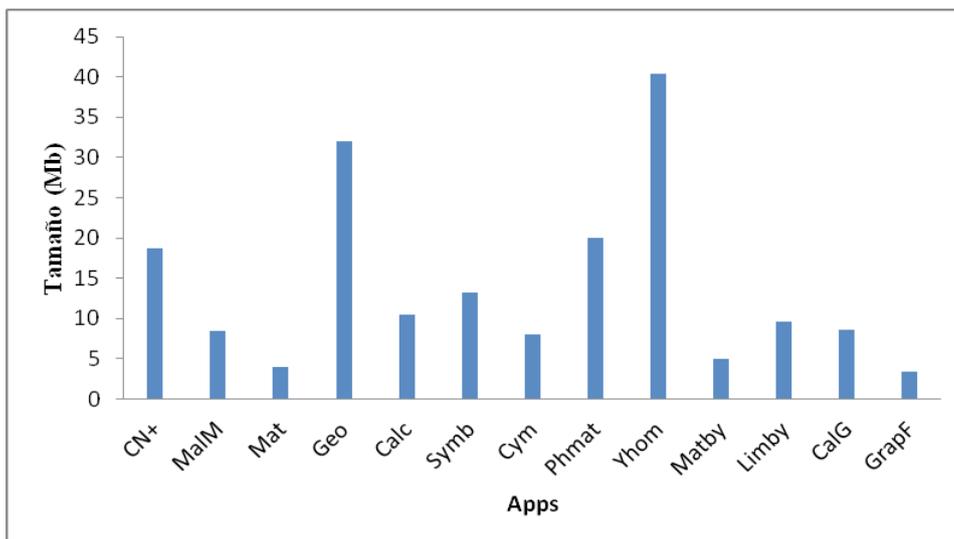


b)



c)

Figura 4. Tamaño o espacio promedio de disco ocupadas por las Apps. La ordenada, tamaño en megas de la aplicación, las abscisas la aplicación: Calculator N+ (CN+), Malmath (MalM), matematica (Mat), Geogebra (Geo), calculus (Calc), Symbolab (Symb), Cymath (Cym), Photomath (Phmat), Yhomework (Yhom), matemática paso a paso (Matby), Limits step bay step (Limby9, Calculadora grafica (CalG), Grapher free (GrapF)



aporta información sobre la estabilidad del funcionamiento del Smartphone como el de las propias aplicaciones.

Versión android

Los teléfonos inteligentes o Smartphone que aparecieron en el mercado en los años 2010 y 2011 tenían una versión de *Android* de 2.1 y 2.3, respectivamente. A partir del año 2012 en adelante las versiones pasaron de 2.3 a 4.0 (actualizado a 4.4.2). En la actualidad las versiones de *android* en teléfonos inteligentes de las principales marcas comerciales como Samsung Galaxy, LG, Alcatel, entre otros, son superiores a 4.1, la cual corresponde a la versión más alta exigida o requerida para la instalación de las aplicaciones revisadas en este trabajo.

Resultados y procedimientos mostrados

La mayoría de las APPS de acceso gratis solo muestran los resultados en la resolución de un ejercicio. No obstante, esto no significa que no tengan la capacidad de realizarlo o mostrarlo. La mayoría de las aplicaciones son desarrolladas con intensiones comerciales, es por ello que son ofrecidas en dos versiones, una gratuita con contenido limitado y otra paga o versión PRO como suele denominarse. De las aplicaciones

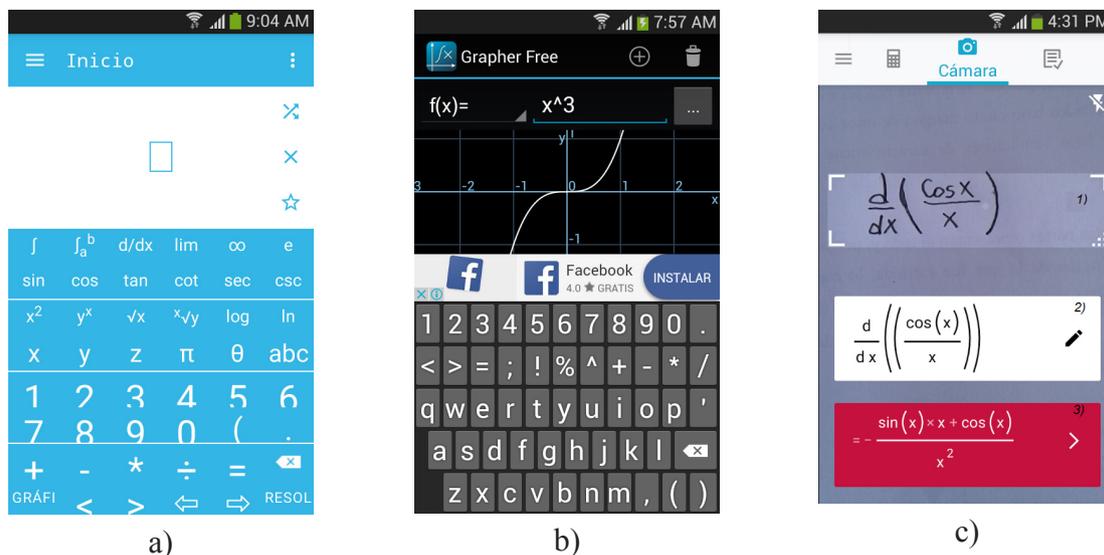
de la tabla 1, solo *limit step by step*, *Malmath*, *matematica paso a paso*, *Photomath*, *Symbolab* y *yhomework* muestran los pasos o procedimiento en la resolución del ejercicio en cuestión, las otras solo el resultado de los mismos. *Malmath*

Interactividad apps-usuario

Existen dos maneras de interacción *apps* y *Usuario*. La primera es por medio del teclado y la segunda es a través de la cámara fotográfica del dispositivo. Algunas aplicaciones tienen teclado matemático propio, otras utilizan el del dispositivo (Figura 5a, 5b). De las aplicaciones (Tabla 1), solo *Grapher free* y *limit step by step* no tienen teclado matemático personalizado.

Otras aplicaciones como *Cymath* y *Photomath*, permiten al usuario la posibilidad de utilizar la cámara del dispositivo como medio de entrada (Figura 5c). En este caso, la cámara del dispositivo debe apuntarse directamente sobre el ejercicio en cuestión. *Photomath* por ejemplo es capaz de reconocer patrones de escritura a mano alzada de símbolos matemáticos como: integrales, derivadas, operadores lógicos, signos de agrupación, argumentos, funciones trigonométricas, entre otros. *Cymath* es una aplicación mas sencilla que solo reconoce números, signos de agrupación

Figura 5. Interactividad apps-usuario. a) Teclado matemático personalizado de la aplicación Malmath, b) Teclado propio o por default del Smartphone y c) Cámara fotográfica (capture realizada con apps Photomath, 1) digitalización de la imagen, 2) interpretación del patrón de derivada, 3) Solución del ejercicio.



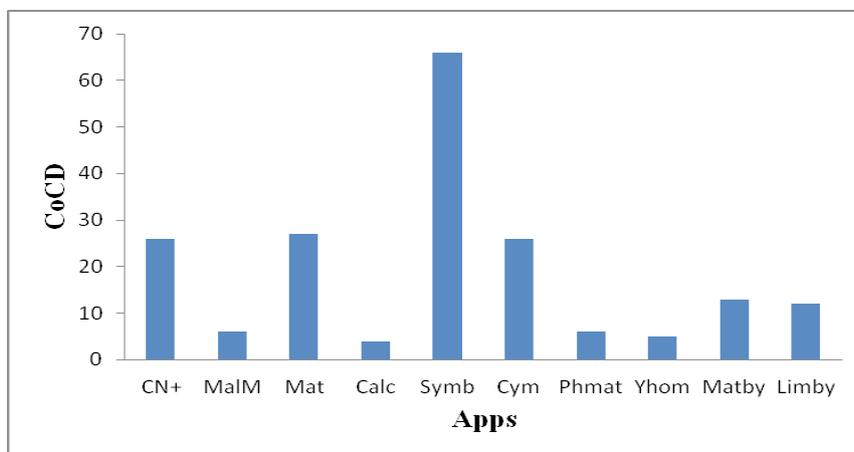
y operadores lógicos. Ambas aplicaciones son capaces de interpretar los patrones y resolver el ejercicio. En la figura 5c se muestra un ejemplo realizado con *Photomath*, 1) Imagen tomada con la cámara, 2) interpretación del patrón de derivada, 3) Solución del ejercicio.

Capacidad de cálculos

En esta investigación se seleccionaron apps de matemática cuyo contenido es comparable con

el contemplado en los dos primeros cursos de matemática a nivel universitario, específicamente, funciones, límites, derivadas, integrales definidas e indefinidas, series, etc. Con la intención de diferenciar o comparar las apps, se contabilizó en cada una de ellas el número de contenidos o cálculos diferentes (CoCD) capaces de realizar, por ejemplo, derivación, integración definida e indefinida, son considerados tres contenidos o cálculos diferentes. La figura 7 muestra el número de CoCD que cada

Figura 7 . CoCD de cada una de las aplicaciones revisadas en este trabajo. Tamaño o espacio promedio de disco ocupadas por las apps. La ordenada, CoCD, las abscisas la aplicación: Calculator N+ (CN+), Malmath (MaIM), matematica (Mat), calculus (Calc), Symbolab (Symb), Cymath (Cym), Photomath (Phmat), Yhomework (Yhom), matematica paso a paso (Matby), Limits step bay step (Limby).



aplicación puede resolver. Cabe destacar que en dicha grafica no se incluye la *apps* Geogebra por quintuplicar en CoCD a la aplicación Symbolab, ya que causaría un solapamiento sobre número de CoCD del resto de *apps* por razones de escala. Se excluyen también de la figura las aplicaciones, Calculadora grafica, Grapher free e Integrales, las dos primeras por ser solo graficadoras y la última por contener tablas estáticas sobre integración.

Conclusiones

Los teléfonos inteligentes o Smartphone constituyen un recurso valioso que puede ser aprovechado por docentes y alumnos en la enseñanza aprendizaje de la matemática. Existen gran cantidad de aplicaciones en matemática que pueden accederse gratuitamente desde Google Play Store, algunas por su contenido y rigurosidad en los cálculos realizados pueden ser clasificadas en básicas, intermedias y avanzadas.

En cuanto a la amplitud de cálculos realizados por las aplicaciones revisadas, la mayoría de ellas son capaces de resolver, ecuaciones e inecuaciones tanto lineales como cuadráticas, límites, derivadas, integrales indefinidas en una variable de funciones algebraicas y trascendentales. Aplicaciones como Geogebra, Symbolab, Cymath y Matematics resuelven otros contenidos como matrices, variable compleja, ecuaciones diferenciales, siendo la más completa la aplicación Geogebra, capaz de resolver más de 300 tópicos de matemática a nivel universitario. Respecto a la capacidad de mostrar el procedimiento en los cálculos, solo Malmath, Geogebra, límites paso a paso contemplan este aspecto en su versión gratuita.

En relación con el espacio ocupado en el disco del dispositivo, memoria RAM utilizada, versión del sistema operativo, las aplicaciones analizadas se ajustan a los requerimientos mínimos necesarios exigidos por los teléfonos inteligentes de gamma media y alta disponibles en el mercado.

Respecto a la interactividad *apps-usuario*, algunas de las aplicaciones emplean el teclado por defecto del dispositivo, otras disponen de teclado matemático personalizado, lo que permite una mejor versatilidad en su uso. Existen aplicaciones como Photomath y Cymath, que emplean la

cámara fotográfica del dispositivo como escáner para el reconocimiento de patrones o simbología matemática, la cual interpreta y resuelve según sus capacidades de cálculo.

En lo que se refiere a confiabilidad en los resultados mostrados por cada aplicación, no hubo discrepancia alguna entre la solución algebraica o numérica encontrada por las *apps* y la hallada través de la solución manual.

Entre las principales desventajas de las aplicaciones de matemática, incluyendo las no mostradas en esta investigación, es que algunas carecen de documentación o manuales de ayuda, teclado matemático personalizado y la opción de guardar los resultados en el dispositivo. Entre sus ventajas destacan a) pueden ser descargadas en el dispositivo, b) no ameritan de conexión a internet al ejecutar las operaciones o cálculos y c) poseen la capacidad de actualizarse de manera automática.

Finalmente, la elección de una *apps* de matemática por parte del usuario, dependerá de la escalas de valoración que asigne en función de las dimensiones como: Accesibilidad, Interfaz de usuario, ambientes de edición, importación y exportación, nivel del contenido, capacidades de graficación, manuales de usuario o ayudas, tamaño que ocupan, memoria RAM utilizada, versión de android, cálculos y procedimientos mostrados e interactividad *apps-usuario*, inclusive otros que le pudiesen ser relevantes y no considerados en este trabajo.



Referencias

- Brazuelo, F. y Cacheiro, M. (2010). *Diseño de páginas web educativas para teléfonos móviles*. *EduTec: Revista electrónica de tecnología educativa*, (32), 2.
- Casio Computer Co., Ltd. Empresa fabricante de dispositivos electrónicos fundada en 1946 y con sede en Tokio, Japón.
- Del Puerto, S. y Minnaard, C. El uso de la calculadora gráfica en el aprendizaje de la matemática. OEI- Revista Iberoamericana de Educación, 2003. Disponible en: <https://rieoei.org/historico/deloslectores/393Puerto>. PDF[Consulta:2018, Enero 12].
- Gikas, J. y Grant, M. (2013). *Mobile Computing Devices in Higher Education: Student Perspectives on Learning with Cellphones, Smartphones & Social Media*. *Internet and Higher Education* 19 (2013) 18–26. *and Higher Education*.
- Gómez, P. (1997). *Calculadoras gráficas y precálculo. Efectos en el rendimiento de los estudiantes*. Bogotá, Universidad de los Andes, Centro de Investigación «una empresa docente. Disponible en: <http://ued.uniandes.edu.co> [Consulta: 2018, Enero 20].
- Ledesma, R. (2004). *Sistemas estadísticos de propósitos múltiples: Una revisión de programas gratuitos*. *Metodología de Encuestas*, 6, 2, 105-117.
- Ledesma, R. (2008). *Software de análisis de correspondencias múltiples: una revisión comparativa*. *Metodología de Encuestas* 10, 2008, 59-75.
- Molnar, G. (2012). *New learning spaces? M-learning's, in particular the iPad's potentials in education*. In *Interactive Collaborative Learning (ICL), 2012 15th International Conference on* (pp. 1-5).
- Murray, S. y Jon, L. *Mathematical handbook of formulas and tables*. Segunda Edición. *Shaum's outlines series*. McGraw-Hill, 1999. Mexico.
- Ozuorcun, N. y Tabak, F. (2012). *Is M-learning Versus E-learning or are They Supporting Each Other?*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 299-305.
- Pedraza, E. y Valvueda, S. (2014). *M-Learning y realidad aumentada, tecnologías integradas para apoyar la enseñanza del calculo*. *Revista de investigaciones UNAD*, 13 (2).
- Quesada, A, y Maxwell, M (1994). The effects of using graphing calculators to enhance College students performance in precalculus. *Educational Studies in Mathematics*, 27, pp.205-215.
- Sarrab, M.; Elgamel, L. y Aldabbas, H. (2012). *Mobile learning (m-learning) and educational environments*. *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, 3(4), 31-38.
- Ruthven, K (1990). The influence of graphic calculator use on translation from graphic to symbolic forms. *Educational Studies in Mathematics*, 21, pp.431-450.
- Valero, C.; Redondo, M. y Palacín, A. (2012). *Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación*. *La Educación Digital Magazine*, 147, 1-21.
- Zambrano, J. (2009). *Aprendizaje móvil (M-Learning)*. *Inventum*, 1(7), 38-41.