

**Artículo de investigación**

**Cómo citar:** Moreno González, O. E. (2024). Singy: un entrenador digital para optimizar el aprendizaje de las matemáticas a través del método Singapur en primero de primaria. *PRA*, 24(37), 31-48. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.24.37.2024.31-48>

**ISSN:** 0124-1494

**eISSN:** 2590-8200

**Editorial:** Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

**Recibido:** 23 octubre 2023

**Aceptado:** 14 junio 2024

**Publicado:** 30 agosto 2024

**Conflicto de intereses:** los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

**Oscar Eduardo Moreno González**

Estudiante de Doctorado en Educación d la Universidad Santo Tomás.  
Magíster en Educatrónica por la Universidad de Santander. Especialista y consultor en Matemáticas. Integrante de la editorial Scholastic, Nueva York, Estados Unidos.  
omoreno@scholastic.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5668-490>



# Singy: un entrenador digital para optimizar el aprendizaje de las matemáticas a través del método Singapur en primero de primaria<sup>1</sup>

## Singy: A digital trainer to optimize Math Learning in Elementary School Students Through Singapore’s Math in first grade

## Singy: um treinador digital para otimizar a aprendizagem de matemática na primeira etapa da educação fundamental através da Matemática de Singapura na primeira série

### Resumen

El método Singapur ha sido reconocido como una ruta auténtica para el aprendizaje de las matemáticas, fomentando habilidades en la resolución de problemas y el pensamiento matemático. No obstante, el elevado costo de los materiales manipulativos ha llevado a muchas instituciones escolares y gubernamentales a descartar su implementación. Para abordar este desafío se propone la creación de Singy, un entrenador digital de base educatrónica, que permite a estudiantes y maestros interactuar con manipulativos virtuales, reduciendo así los costos asociados y facilitando el acceso a una educación matemática de calidad y equitativa. Este artículo describe, mediante un diseño metodológico mixto, los procesos de validación de Singy por

.....  
1 Este artículo está basado en la investigación de la tesis de maestría Singy: Un entrenador digital de manipulativos virtuales para el aprendizaje de las matemáticas en primero de primaria del colegio Abraham Lincoln a través del método Singapur.

expertos y su implementación en una muestra no probabilística de dos grupos de primer grado, mostrando así las bondades del uso de una solución educatrónica en el aprendizaje de las matemáticas en primaria.

**Palabras clave:** educatrónica, entrenador digital, manipulativos virtuales, método Singapur.

### **Abstract**

Singapore's math has been considered as an authentic way to learn mathematics, because this method has contributed to the problem-solving skills and mathematical thinking development. However, the high cost of the concrete material and physical objects, has been the main reason on which educational and government institutions discard the possibility to implement it. For all this, Singy has been created. It is an educatronic-based digital trainer which allows students and teachers to interact with virtual manipulatives. In addition, it grants the cost reduction of these resources and gives the access to the quality and equitable learning of mathematics. Under a mixed methodology design, this article describes the validation and implementation processes and their results of this research.

**Keywords:** educatronics, digital trainer, virtual manipulatives, Singapore's math.

### **Resumo**

A Matemática de Singapura foi considerada uma forma autêntica para aprender Matemática, porque o método contribuiu para as habilidades de resolução de problemas e para o desenvolvimento do pensamento matemático. Porém, o alto custo do material concreto tem sido o principal motivo para que instituições públicas e privadas descartem a possibilidade de implementá-la. Por esse motivo Singy foi criado. É um treinador digital baseado em educatrônica que permite aos estudantes e aos professores interagirem com manipulativos virtuais. Além disso, ele garante a redução de custos para esses recursos e dá acesso ao aprendizado de Matemática com qualidade e com equidade. Sob um desenho metodológico misto este artigo descreve os processos de validação e implementação e seus respectivos resultados desta pesquisa.

**Palavras-chave:** Educatrônica, treinador digital, manipulativos virtuais, matemática de Singapura.

## Introducción

De acuerdo con el informe del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA), liderado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), los estudiantes colombianos obtuvieron un promedio mucho menor al mínimo propuesto en Lectura, Ciencias y Matemáticas (OECD, 2018). Sumado a lo anterior, el cierre prolongado de las escuelas durante el tiempo de confinamiento causado por la COVID-19 y las consecuencias que ha traído esta medida durante los últimos años, sugieren que Colombia tendría un retroceso de al menos 50 puntos en las próximas pruebas PISA en matemáticas; lo cual impactaría directamente al progreso del proceso de aprendizaje de los estudiantes colombianos (Revista Semana, 2021).

Por el contrario, los estudiantes de Singapur han liderado en los resultados de las mismas pruebas en los últimos años. Lo anterior, ha sido consecuencia de la implementación rigurosa de su propio método para el aprendizaje de las matemáticas en los niños que cursan la primaria (Juárez y Aguilar, 2018). De forma general, el método tiene como objetivo ver el aprendizaje más allá de la memorización, la enseñanza de procedimientos o aplicación de fórmulas sin sentido (Delgado *et al.*, 2018). Esto ha conllevado a la necesidad de diseñar estrategias didácticas y espacios de aprendizaje innovadores, donde se promueva el uso de material concreto, representaciones visuales y simbólicas de las matemáticas.

Sin embargo, el alto costo y difícil acceso a los manipulativos físicos, esenciales en la experiencia concreta que se considera en la implementación del método Singapur, ha obstaculizado su implementación en instituciones o países que necesitan un cambio en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (Palenzuela, 2009). Por esta razón, las instituciones colombianas que optan por su implementación han decidido comprar algunos kits de manipulativos y conformar grupos de trabajo, aun cuando el uso de manipulativos debe permitir tanto el trabajo grupal como el individual sobre las matemáticas (Marín, 2021).

Con lo anterior y teniendo en cuenta las nuevas circunstancias educativas en escenarios mediados por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), donde es necesaria la

reformulación del saber didáctico de los profesores (Jiménez-Becerra, 2020), surgió la siguiente pregunta como eje de esta investigación: ¿qué solución educatrónica puede optimizar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de primaria a través del método Singapur?

Con el fin de responder a este cuestionamiento, se planteó el objetivo descrito a continuación:

**Objetivo general:** crear un entrenador digital de base educatrónica y bajo el método Singapur, que optimice el proceso de aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de primaria de grado primero de un colegio privado.

Con este propósito, se construyó un entrenador digital con sus respectivos recursos de ejemplificación y contenido multimedia que permitieran la manipulación de material concreto virtual y el ensamble de dicho contenido en una plataforma Learning Management System (LMS), bajo un diseño de modelo hipertextual, multimedial e hipermedial. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de validación de Singy por parte de dos pares expertos, en el campo de la educación matemática y el método Singapur, lo que dio como resultado la fase de implementación respectiva en una muestra no probabilística de dos grupos de primer grado de primaria, quienes dieron evidencia estadística de las bondades de utilizar una solución educatrónica en la fase o experiencia concreta de las matemáticas a través del método.

## Antecedentes

El uso de manipulativos virtuales ha permitido el mejoramiento en los procesos de enseñanza y aprendizaje con estudiantes que tienen dificultades en matemáticas (Bouck *et al.*, 2020a). Así mismo, se ha mostrado la necesidad de capacitar y formar a los profesores en el uso de estos recursos y reflexionar sobre el acceso limitado al internet y dispositivos electrónicos, ya que estas han sido las dos razones principales para que los profesores no tengan en cuenta su uso en las clases de matemáticas (Bouck *et al.*, 2020b).

Por otro lado, ha sido fundamental la reflexión didáctica en torno al traslado de un manipulativo físico a su versión virtual, ya que esto ha generado nuevas representaciones semióticas

sobre las matemáticas; lo que ha favorecido el desarrollo de habilidades como la colaboración y la integración (De Castro *et al.*, 2017). En este sentido, los manipulativos virtuales han puesto en evidencia el nivel de profundización al que se puede llegar sobre los conceptos abstractos de las matemáticas que alcanzan los estudiantes en la clase (Matus y Miranda, 2010).

Igualmente, el uso de los manipulativos a través de un medio virtual y base web ha favorecido la comprensión de las matemáticas en estudiantes con discapacidades, además, les ha permitido la comprensión de diferentes estrategias de solución a problemas en la clase de matemáticas. También, han jugado un papel importante en el crecimiento y desarrollo profesional de los profesores que los utilizan, en las diferentes dimensiones de su conocimiento didáctico del contenido (Johnson *et al.*, 2012).

## Marco teórico o conceptual

### Educatrónica

La educatrónica es una disciplina que aporta al desarrollo de una nueva cultura tecnológica, que permite el entendimiento, mejoramiento y desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos aprendizajes (Ruiz-Velasco, 2013). En este sentido, el uso de la tecnología en la educación se vuelve generadora de nuevos cuestionamientos y reflexiones, lo cual permite reconocer la complejidad de los objetos que se estudian o se investigan (Morin, 1990). Así, la educatrónica es vista como un nuevo paradigma educativo que fortalece el pensamiento científico y tecnológico de los estudiantes, favoreciendo la integración de áreas y el desarrollo del pensamiento sistémico, lógico, estructurado y formal (Agudelo-Marín *et al.*, 2019).

### Entrenador digital

Un entrenador digital es una solución de base infotrónica, es decir que utiliza medios electrónicos y de comunicación para brindar información, que es utilizado para lograr aprendizajes efectivos y dinámicos en los estudiantes (Londoño y Valderrama, 2013). Además, lo trasciende a una solución educatrónica, que tiene como característica ser un facilitador del desarrollo

de habilidades como la colaboración y el aprendizaje activo en cibersociedades; así son los propios usuarios quienes lo emplean según sus necesidades y aplicaciones (Bataller, 2011).

## **Método Singapur**

De acuerdo con Rodríguez (2011), el método Singapur se define como “[...] una forma de aprender matemáticas que no se centra en la memorización, ni en procedimientos o fórmulas sin sentido. Al contrario, es llevar a los estudiantes a resolver problemas desarrollando pensamiento lógico a través del enfoque CPA” (p. 2). Las representaciones matemáticas: Concreta, Pictórica y Abstracta, el enfoque CPA utilizado en el método, son el enfoque clave y diferenciador de otras formas de aprender matemáticas, ya que están definidas a través de las fases cognitivas enactiva, icónica y simbólica (Bruner, 1996).

Además, se incluyen en su implementación elementos pedagógicos propios como el uso de números conectados, preguntas con propósito para guiar el aprendizaje y el modelo de barras. Este último, es considerado como un efectivo método heurístico para la solución de problemas, que habilita a los estudiantes a visualizar, representar la información y hallar la solución de una forma más simple, mejorando su capacidad para resolver problemas (Mei y Li, 2016).

## **Metodología**

Para la validación e implementación de Singy, el estudio se enmarcó en un enfoque mixto: lo cual implica la recolección de datos cualitativos y cuantitativos, su discusión y análisis conjunto para lograr una mayor comprensión del fenómeno en estudio (Sampieri *et al.*, 2014). De esta forma, el propósito fue medir e interpretar la pertinencia y eficacia del entrenador digital, en la optimización del aprendizaje de las matemáticas sobre un grupo de estudiantes de primero de primaria.

De acuerdo con el objetivo mencionado sobre la construcción de Singy y el propósito de exponer a la comunidad académica los procesos de validación e implementación del entrenador digital, se listan los objetivos relacionados a los dos procesos y la metodología llevada a cabo para cada uno de ellos:

- Validar la pertinencia del entrenador digital de manipulativos virtuales en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en primero de primaria a través del método Singapur, mediante pares académicos expertos.
- Implementar el entrenador digital con estudiantes de grado primero de primaria de un colegio privado.

## **Lugar de estudio y población**

El proceso de implementación se llevó a cabo en el Colegio Abraham Lincoln, una institución de carácter privado con más de 60 años de trabajo, ubicada en la ciudad de Bogotá (Colombia); responsable en la contribución de la formación de personas competentes, productivas y comprometidas con su entorno. En el 2022, el colegio contaba con un total de 1 346 estudiantes, los cuales 297 se encontraban en preescolar, 430 en básica primaria y 619 en básica secundaria y media vocacional. Dentro de su visión, se encuentra el incremento del uso de las TIC para apoyar los procesos pedagógicos y formativos, con docentes competentes e infraestructura adecuada que soporte el desarrollo eficiente de estos procesos.

De lo anterior, se evidencia la importancia del uso de las TIC como facilitadoras del aprendizaje significativo en los estudiantes del colegio, además, la institución ha implementado el método Singapur en preescolar y básica primaria por más de ocho años. Por estas razones, se justificó y propuso la implementación del entrenador digital Singy de manipulativos virtuales en el colegio y, así, estudiar el alcance de los objetivos de este estudio.

## **Muestra**

Para el proceso de implementación se tomó una muestra no probabilística de dos grupos de grado primero conformados por 19 y 21 estudiantes, respectivamente. De este modo, el grupo de 19 estudiantes asumió el rol de grupo experimental y el de 21 estudiantes el rol de grupo control. En el grupo experimental, se implementó parcialmente el contenido del entrenador digital Singy, para desarrollar la estructura multiplicativa con una serie de problemas que la maestra iba proponiendo para la clase; y el grupo control usó el material manipulativo físico de forma habitual, con los mismos problemas propuestos por la profesora.

## Validación del contenido del entrenador digital

El proceso de validación del entrenador digital se llevó a cabo por parte de dos pares académicos expertos, quienes están estrechamente relacionados con el campo de la educación, el método Singapur y el uso de la tecnología en la clase de matemáticas. Por medio de la entrevista estructurada, que sirve para procesar mejor los datos e información proporcionada (Ñaupás *et al.*, 2014), se procedió a la recolección de datos de las dos expertas. Lo anterior, con el propósito de identificar la pertinencia del uso de manipulativos virtuales de Singy en la clase de matemáticas, a través de las categorías y criterios que se observan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Categorías y criterios de validación.

Categorías	Criterios
Interna	Uso de manipulativos virtuales. Costo y acceso a manipulativos.
Externa	DBA en Matemáticas para primaria. Aprendizaje a través del método Singapur.
Externa	Enfoque CPA. Experiencia concreta – fase enactiva.
Disciplinar	Matemáticas para primaria. Desarrollo de competencias.

Nota. Esta tabla muestra los criterios específicos para tener en cuenta en cada categoría de validación.

Fuente: tomado de Moreno-González (2023, p. 52).

En los formularios respectivos se construyeron cuatro secciones de preguntas correspondientes a la asignación de criterios para cada experta. Por ejemplo, las preguntas sobre el uso de manipulativos virtuales y su relación con los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA, de ahora en adelante) fueron asignadas al formulario de la experta a nivel nacional (Colombia) y las preguntas sobre el uso de manipulativos virtuales en el método Singapur, fueron asignadas al formulario de la experta internacional (Singapur). Una vez obtenidas las autorizaciones

de manejo de datos y participación en la investigación por parte de las dos expertas, se realizaron las entrevistas a través de la plataforma Zoom, lo cual permitió su grabación y posterior transcripción con ayuda de la herramienta Pinpoint de Google.

### Técnica de análisis e interpretación de la información

Con el propósito de analizar e interpretar los datos recolectados en las dos entrevistas, se realizó un análisis de contenido. Este permite validar los mensajes e ideas contenidas en las comunicaciones (Ñaupas *et al.*, 2014). Las unidades de análisis fueron identificadas a través del proceso de codificación, que incluyó la lectura de las dos transcripciones, sombreado con diferentes colores a la información proporcionada y relacionada con las categorías y criterios asignados a cada experta y la interpretación de dichas unidades a través del marco teórico de este estudio. La codificación realizada para el análisis e interpretación de la información se puede ver en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Codificación de las unidades de análisis.

Objeto	Ítem	Caracteres
Validadora experta	Paola Balda	P
	Kelly Lim	K
Externa	Entrevista a Paola Balda	E <sub>1</sub>
	Entrevista a Kelly Lim	E <sub>2</sub>
Externa	Interna	I
	Externa	E
	Didáctica	Dd
	Disciplinar	Ds

Nota. Así, por ejemplo, el código PE<sub>1</sub>I significa una Unidad de Análisis identificada en la transcripción de la entrevista de la EdD Paola Balda (PE<sub>1</sub>), relacionada a la categoría de validación Interna (I).

Fuente: tomado de Moreno-González (2023, p. 54).

## Implementación del contenido del entrenador digital

El proceso de implementación del entrenador digital se llevó a cabo en cinco fases: 1) presentación del proyecto y autorización de coordinación académica y rectoría del colegio Abraham Lincoln, 2) notificación a padres de familia, 3) aplicación del *pre-test*, 4) implementación del entrenador digital en la clase de matemáticas y 5) aplicación del *post-test*. Para la primera fase, se realizó una reunión con las partes interesadas, con el propósito de exponer los objetivos y alcances académicos del estudio. Posteriormente, los padres de familia fueron informados a través de una comunicación escrita, en la que se les preguntaba sobre la autorización de la participación de sus hijos.

Para la construcción del *pre-test* y el *post-test*, se tomó en cuenta una secuencia didáctica propuesta por el programa de matemáticas que sigue el colegio en sus clases. Así, el cuestionario estaba compuesto por cinco situaciones problema relacionadas al desarrollo de la estructura multiplicativa de los estudiantes, este cuestionario se utilizó tanto para el *pre-test* como para el *post-test*. Para la implementación del entrenador digital, se tuvo en cuenta la misma secuencia didáctica y la profesora planeó su clase de forma normal. La diferencia estuvo en que el grupo control usó el material concreto físico y el grupo experimental, el material manipulativo virtual dispuesto en Singy (figura 1).

**Figura 1.** Uso del material concreto virtual y físico en el grupo experimental y grupo control.



Nota. Grupo experimental (izquierda) y grupo control (derecha).

Fuente: tomado de Moreno-González (2023, p. 63).

## Resultados y análisis

### Validación del entrenador digital

En el marco del proceso de validación y el respectivo análisis de contenido de las dos entrevistas realizadas a las dos expertas, se reconocieron los manipulativos virtuales de Singy como “un buen sustituto” de los manipulativos físicos; especialmente después del aprendizaje que dejó la educación en tiempos de pandemia. Además, consideraron efectivos sus recursos en términos del buen manejo de materiales para la clase; ya que no se necesitan repartir y recoger. Esto quiere decir, según las expertas, que la instrucción y el propósito pedagógico del uso de material concreto es más directo y claro para los profesores y los estudiantes. En este sentido, se optimiza el costo del uso de manipulativos no solo en términos económicos, sino también en el manejo de clase y alcance de los objetivos de aprendizaje.

Por otro lado, el uso de los manipulativos de Singy contribuye a la construcción del conocimiento matemático de los estudiantes a través de procesos como la generalización, conjeturación y razonamiento. En este sentido, una de las expertas mencionó “[...] es ahí donde entrarían los manipulativos de Singy, sean virtuales o físicos, ya que permite a los estudiantes hacer procesos de generalización”. De esta forma, los manipulativos virtuales, en general, son los recursos con los que los estudiantes comienzan a desarrollar y consolidar experiencias para el mundo abstracto, es decir, para la representación simbólica. Por lo anterior, Singy podría ser el puente pictórico dinámico entre lo concreto y lo abstracto de las matemáticas en primaria.

Finalmente, las expertas resaltan dos características de Singy como diferenciadoras con respecto a otras herramientas tecnológicas similares. En primer lugar, los recursos de ejemplificación que muestran a los profesores y estudiantes el uso adecuado de cada manipulativo virtual con un propósito pedagógico; y, en segundo lugar, las rúbricas de evaluación incorporadas en Singy que permiten a los profesores hacer un seguimiento más detallado y brindar retroalimentación acorde al desarrollo de competencias, cuando los estudiantes están manipulando virtualmente el material concreto.

## Implementación del entrenador digital

Un primer análisis a los resultados del pre-test y el post-test, tanto del grupo experimental como del grupo control, se hizo a través de un estudio estadístico descriptivo para observar el comportamiento de la media y la desviación estándar. En la tabla 3, se muestran los resultados.

**Tabla 3.** Estadística descriptiva grupo control y el grupo experimental.

	Pre-test Grupo experimental	Pre-test Grupo control	Post-test Grupo experimental	Post-test Grupo control
Media	3.842105263	3.49047619	4.5	3.857142857
Error estandar	0.313097689	0.381766244	0.125364964	0.308882119
Desviación estandar	1.364761188	1.74947271	0.54645321	1.41547569
Muestra	19	21	19	21

Nota. Se observa un aumento significativo en la media y disminución de la desviación estándar en el post-test del grupo experimental.

Fuente: tomado de Moreno-González (2023, p. 69).

El grupo experimental logró un aumento significativo en el promedio de los resultados del post-test, este estuvo 0.66 puntos por encima del promedio alcanzado en el pre-test. Así mismo, se observa un promedio mayor comparado con los obtenidos por el grupo control, tanto en el pre-test como el post-test. Además, el grupo experimental obtuvo una disminución significativa en la desviación estándar de los resultados del post-test, lo que significa una mayor homogeneidad en el desarrollo de la estructura multiplicativa en el grupo experimental una vez utilizaron el entrenador digital Singy.

Sin embargo, para validar la hipótesis sobre la optimización del aprendizaje de las matemáticas en primaria, a través del entrenador digital Singy, se llevó a cabo una prueba estadística de hipótesis sobre los resultados del grupo experimental. La hipótesis que se deseaba verificar verdadera (Hipótesis alterna) fue:

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** los resultados de la prueba post-test en el grupo experimental no son significativamente mayores a los de la prueba pre-test.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** los resultados de la prueba post-test en el grupo experimental son significativamente mayores a los de la prueba pre-test.

### **Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk**

La prueba Shapiro – Wilk se emplea para contrastar normalidad en una muestra inferior a 50 observaciones (Flores y Flores, 2021), como el grupo experimental estaba conformado por 19 estudiantes, se formularon las siguientes hipótesis:

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** los resultados del pre-test y el post-test del grupo experimental se aproximan a una distribución normal.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** los resultados del pre-test y el post del grupo experimental no se aproximan a una distribución normal.

Utilizando el programa Excel se corrió la prueba y se encontró suficiente evidencia estadística para rechazar que los resultados del pre-test y el post-test se aproximaban a una distribución normal, ya que el valor crítico  $SW_c = 0.812$  fue menor al valor de la prueba  $SW_t = 0.901$ , para 19 observaciones con una significancia del 0.05; encontrado en el cuadro de niveles de significación para el contraste Shapiro – Wilk.

### **Prueba Wilcoxon para prueba de hipótesis**

Se llevó entonces a cabo una prueba Wilcoxon sobre las hipótesis formuladas, que funciona en el contraste de hipótesis donde no se tiene información sobre la distribución de los datos (Mercado y Custodio, 2004). De esta forma, hubo suficiente evidencia para no rechazar que los resultados del post-test fueron significativamente mayores a los resultados del pre-test, ya que el valor de prueba  $W = 13$  fue menor al valor crítico igual a 46, para una muestra de 19 observaciones encontrado en el cuadro de valores críticos para la prueba Wilcoxon.

Una vez llevados a cabo los procesos de validación e implementación del entrenador digital, hubo suficiente evidencia para afirmar que Singy optimiza el proceso de aprendizaje de las matemáticas en primero de primaria. En este caso particular,

se mostró la pertinencia del uso del entrenador digital a partir de las unidades de análisis identificadas en las entrevistas realizadas a las expertas; además, se logró probar el progreso de los estudiantes del grupo experimental, quienes mostraron un aumento significativo en las valoraciones del post-test con respecto al pre-test.

Algunas recomendaciones y sugerencias que sobresalieron en el proceso de construcción, validación e implementación de Singy fueron: estudiar el impacto de Singy en otros grados de la primaria y el uso de otros manipulativos incluidos; proponer nuevos recursos relacionados al contexto real de los estudiantes y que permitan un seguimiento al aprendizaje en tiempo real; desarrollar nuevos manipulativos que permitan el mejoramiento del entrenador digital como solución educatrónica e invitar a las instituciones escolares y gubernamentales a la revisión y reflexión en torno al uso de manipulativos virtuales, ya que son un buen sustituto de los manipulativos físicos y, así, disminuir el costo de implementación de materiales concretos y no descartar la implementación del método Singapur.

## Conclusiones

El entrenador digital Singy cumple con las características propias de una solución de base infotrónica, pues permite la manipulación del material concreto de forma virtual y ha sido construido y ensamblado en una plataforma LMS para dar acceso a la cibernsiedad. Los recursos temáticos son representaciones visuales interactivas de base web como objeto dinámico, que permiten la representación de conceptos matemáticos complejos de una manera más eficiente que los manipulativos físicos. Además, los recursos de ejemplificación contribuyen a la formación y desarrollo profesional de los profesores en el uso de material concreto virtual para la clase de matemáticas.

La segmentación hipertextual en tres tipos de recursos: temáticos, de ejemplificación e interactivos; facilitan el ensamble del entrenador digital en la plataforma LMS Chamilo, bajo un esquema hipermedial de los paquetes de manipulativos correspondientes. De esta manera, se puede visualizar una ruta de navegación clara para el usuario (estudiantes, profesores y padres de familia), facilitando su uso en la clase de matemáticas

a través del método Singapur. Además, el entrenador digital Singy provee rúbricas de evaluación que facilitan el desarrollo del proceso de evaluación formativa cuando los estudiantes manipulan los objetos virtuales y estos contribuyen al desarrollo de las competencias matemáticas: resolución de problemas, razonamiento y prueba, conexiones significativas y comunicación, y representación matemática.

En el proceso de validación por medio de pares académicos expertos, se reconoció en Singy el uso de recursos de ejemplificación para los maestros y estudiantes, pues son un recurso que no está disponible en herramientas similares, además, contribuye a la formación de maestros en el uso de estos recursos, algo indispensable en el uso del entrenador digital como solución educatrónica. Asimismo, se identificaron las representaciones interactivas de objetos matemáticos en Singy, como detonantes de nuevas representaciones semióticas por parte de los estudiantes, esto puede llevar al desarrollo de competencias y habilidades del siglo XXI. De igual forma, se destacó la adaptación de las rúbricas de evaluación como instrumento del proceso de evaluación formativa en el uso de material concreto virtual.

En el proceso de implementación, se evidenció que el uso del entrenador digital Singy contribuyó a la homogeneidad de aprendizajes por parte de los estudiantes, los llevó a la profundización de los conceptos matemáticos y al mejoramiento en los procesos de gestión de clase y desempeño en la clase de matemáticas. Igualmente, se mostró que los manipulativos virtuales pueden ser un buen sustituto de los manipulativos físicos, inclusive con características que le permite a los profesores y estudiantes tener de una forma más clara y directa el objetivo de aprendizaje para la clase y facilitan actividades como las de repartir y recoger los materiales, ya que los recursos se encuentran de forma virtual en el entrenador.

Finalmente, se puede concluir que Singy es un entrenador digital de base educatrónica que optimiza el proceso de aprendizaje de las matemáticas en primaria a través del método Singapur. Lo anterior, debido a que contribuye al desarrollo de competencias matemáticas de los estudiantes, permitiéndoles evidenciar su progreso en la clase y, además, es un recurso que brinda la oportunidad, a las instituciones escolares y gubernamentales, para reflexionar de forma profunda sobre la implementación del método Singapur y no descartar su implementación por razones económicas o financieras.

## Referencias

- Agudelo-Marín, A., Duque-Giraldo, D. y Isaza-Marín, V. (2019). La educatrónica como elemento que fortalece el pensamiento científico y tecnológico en el área de tecnología e informática. *Revista de Investigaciones UCM*, 19(34), 23-40. <https://doi.org/10.22383/ri.v19i34.137>
- Bataller, M. (2011). Tema 2: Descripción de "Universal Trianer". *Universal Trainer: Manual de usuario*. <https://www.uv.es/mbatalle/Entrenador%20Digital>
- Bouck, E. C., Park, J., & Stenzel, K. (2020a). Virtual manipulatives as assistive technology to support students with disabilities with Mathematics. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 64(4), 281-289. <https://doi.org/10.1080/1045988X.2020.1762157>
- Bouck, E., Mathews, L., & Peltier, C. (2020b). Virtual manipulatives: A tool to support access and achievement with middle school students with disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 35(1), 51-59. <https://doi.org/10.1177/0162643419882422>
- Bruner, J. (1996). *Toward of a theory of instruction*. Harvard University Press.
- De Castro, C., Cadenas, G. y Prades, A. (2017). Aspectos didáctico-matemáticos en la virtualización de bloques de base 10. *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática* (pp. 167-175). Madrid. <https://n9.cl/ein4wp>
- Delgado, M., Mayta, E. y Alfaro, M. (2018). *Efectividad del "método Singapur" en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de tercer grado de primaria de una institución educativa privada del distrito de Villa del Salvador* (tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13286>
- Flores, C. y Flores, K. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. *Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas*, 23(2), 83-97. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>
-

- Jiménez-Becerra, I. (2020). Rasgos y tendencias de la Didáctica con TIC: retos a partir de la nueva ecología del aprendizaje. *Estudios Pedagógicos*, 46(2), 215-229. <https://www.scielo.cl/pdf/estped/v46n2/0718-0705-estped-46-02-215.pdf>
- Johnson, P., Campet, M., Gaber, K., & Zuidema, E. (2012). Virtual manipulatives to assess understanding. *Teaching Children Mathematics*, 19(3), 202-206. <https://doi.org/10.5951/teachmath.19.3.0202>
- Juárez, M. y Aguilar, M. (2018). El método Singapur, propuesta para mejorar el aprendizaje de las matemáticas en primaria. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, (98), 75-86. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6516524>
- Londoño, J. y Valderrama, C. (2013). *Diseño y construcción de un entrenador de electrónica análoga y digital para los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira* (trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira). Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/11059/4330>
- Marín, M. (2021). *Propuesta de intervención educativa para desarrollar el pensamiento lógico-matemático en Educación Infantil a través del juego y el Método Singapur* (trabajo de grado, Universidad Católica de Valencia). Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12466/2071>
- Matus, C. y Miranda, H. (2010). Lo que la investigación sabe acerca del uso de manipulativos virtuales en el aprendizaje de la matemática. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 5(6), 143-151. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6926>
- Mei, L. y Li, S. (2016). *Solución de problemas matemáticos - El método del modelo de barras*. Editorial Scholastic.
- Mercado, A. y Custodio, M. (2004). Importancia del uso de las tecnologías de la información con el test de hipótesis. *Revista SUMA*, (46), 79-82. <https://revistasuma.fespm.es/sites/revistasuma.fespm.es/IMG/pdf/46/079-082.pdf>
- Moreno-González, O. E. (2023). *Singy: Un entrenador digital de manipulativos virtuales para el aprendizaje de las matemáticas en primero de primaria del Colegio Abraham Lincoln*

*a través del método Singapur* (trabajo de grado, Universidad de Santander). Repositorio Institucional. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/8538>

Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa Editorial.

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U.

Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2018). *Programme for Internationalfor Student Assessment Results from PISA 2018*. [https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_PHL.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_PHL.pdf)

Palenzuela, A. I. (2009). *Diseño, desarrollo, fabricación y evaluación ergonómica de tableros manipulativos y otros elementos adaptados para niños con discapacidad motriz*. <http://hdl.handle.net/11162/3806>

Revista Semana. (2021, 23 de julio). Así sería el retroceso de los estudiantes colombianos en las próximas pruebas PISA. *Revista Semana*. <https://n9.cl/fv2mu>

Rodriguez, S. V. (2011). El método de enseñanza de matemática de Singapur "Pensar sin límites". *Revista Pandora Brasil*, (27).

Ruiz-Velasco, E. (2013). *Educatrónica Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. UNAM.

Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Education.