

Tangible Interfaces and Serious Games to Enhance Logical-Mathematical Reasoning and Computational Thinking in Higher Education Students

Juan Carlos Sandí-Delgado¹[0000-0003-3932-3045], Mainor Alberto Cruz-Alvarado²[0000-0001-8736-0209]
and Roberto Rafael Mesén-Hidalgo³[0000-0002-9318-7569]

¹ Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica, Guápiles-Pococi, Costa Rica
JUAN.SANDIDELGADO@ucr.ac.cr

² Sede del Sur, Universidad de Costa Rica, Golfito-Puntarenas, Costa Rica
MAINOR.CRUZ@ucr.ac.cr

³ Sede del Caribe, Universidad de Costa Rica, Limón-Limón, Costa Rica
ROBERTO.MESEN@ucr.ac.cr

Abstract. This study analyzes the impact of serious games and tangible interfaces on developing logical-mathematical reasoning and computational thinking in the context of first-year higher education students. The research focused on implementing active objects and different types of feedback, visual, auditory, and tactile, in introductory courses of the Business Informatics program at the University of Costa Rica, Guápiles branch campus. Evaluation instruments were applied to measure these tools' effectiveness in acquiring key competencies. The main results revealed that visual feedback is the most effective in improving learning, while auditory feedback has provided a better educational experience. Also, tactile feedback has generated interest but presented difficulties in its interpretation. This research provides a solid basis for future research optimizing tangible interfaces in educational environments.

Keywords: Costa Rica; Higher Education, Serious Games, Tangible Interfaces, Computational Thinking, Enhance Logical-Mathematical Reasoning.

Interfaces Tangibles y Juegos Serios para Fomentar el Razonamiento Lógico-Matemático y el Pensamiento Computacional en el Estudiantado de Educación Superior

Resumen. Este estudio analiza el impacto de los juegos serios y las interfaces tangibles en el desarrollo del razonamiento lógico-matemático y el pensamiento computacional en un contexto de estudiantes de primer año de educación superior. La investigación se centró en la implementación de objetos activos y distintos tipos de retroalimentación, el visual, auditivo y táctil, en cursos introductorios de la carrera Informática Empresarial en el Recito de Guápiles de la Universidad de Costa Rica. Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir la efectividad de estas herramientas en la adquisición de competencias clave. Los principales resultados revelan que la retroalimentación visual es la más efectiva para mejorar el aprendizaje, mientras que la retroalimentación auditiva ha brindado una mejor experiencia educativa. La retroalimentación táctil ha forjado interés, pero presentó dificultades en su interpretación. No obstante, este trabajo proporciona una base sólida para continuar con futuras investigaciones y optimizar las interfaces tangibles en entornos educativos.

Palabras clave: Costa Rica, educación superior, juegos serios, interfaces tangibles, pensamiento computacional, razonamiento lógico-matemático.

1 Introducción

El desarrollo del pensamiento computacional y el razonamiento lógico-matemático es un pilar fundamental en la transformación de profesionales, especialmente en el ámbito de las tecnologías de la información (Fornari et al., 2024). En este contexto, los juegos serios y las interfaces tangibles se presentan como herramientas pedagógicas innovadoras que fomentan un aprendizaje interactivo y dinámico (Gubaro et al., 2024; Sandi-Delgado & Bazán, 2024). Sin embargo, aún persisten vacíos significativos en la investigación a nivel nacional sobre la efectividad de la implementación de la retroalimentación en el proceso de adquisición de competencias por parte del estudiantado universitario.

Diversas investigaciones (Castellano Valverde et al., 2025; Child Morante et al., 2022; Moya-Muñoz et al., 2025) han señalado que la retroalimentación constituye una de las estrategias pedagógicas más influyentes para potenciar el aprendizaje significativo. Sin embargo, en entornos educativos universitarios, persiste la falta de claridad sobre cuál tipo de retroalimentación es más eficaz según las competencias que se desean fortalecer, como el pensamiento computacional. Esta ambigüedad plantea un reto educativo que este estudio se propone abordar.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto de los objetos activos y la retroalimentación interactiva en la motivación y el rendimiento académico del estudiantado de primer ingreso en la carrera de Informática Empresarial de la Universidad de Costa Rica. Asimismo, este análisis se enfoca en analizar las fortalezas y limitaciones de estas herramientas con el propósito de optimizar su integración en los entornos educativos, maximizando así su potencial para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Ahora bien, a partir de los hallazgos realizados en la revisión de literatura, se determinó que aún persisten vacíos en términos de investigación relacionada con la eficacia de las interfaces tangibles y los juegos serios en el fortalecimiento del razonamiento lógico-matemático y el pensamiento computacional del estudiantado de primer ingreso en educación superior. Por ello, existe un área de vacancia en este sentido, la cual se aborda en este trabajo con el objetivo principal de evaluar el impacto de distintos tipos de retroalimentación (visual, auditiva y táctil) en la motivación y el rendimiento académico del estudiantado. Como aporte o contribución al área de informática y la matemática, este estudio proporciona evidencias empíricas que podrían orientar el diseño e implementación de herramientas interactivas en los procesos formativos, así como lineamientos que permiten mejorar la integración de interfaces tangibles y juegos serios en futuras actividades académicas o formativas.

2 Antecedentes

Este apartado se ha organizado en 4 secciones con el propósito de facilitar la comprensión y relevancia de cada trabajo previo analizado.

a) Interacción Persona-Ordenador y evolución hacia las Interfaces Tangibles

En la actualidad, la Interacción Persona-Ordenador (IPO) o bien, Human-Computer Interaction (HCI), constituye un área destacada en el ámbito de las Ciencias de la Computación. En los últimos años, se ha incrementado la transición del modelo tradicional de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), vinculante significativamente a las computadoras de escritorio, hacia otros modelos novedosos de interacción. Por ejemplo, el caso de las Interfaces de Usuario Tangible (TUIs, Tangible User Interface), la cual tiene como propósito generar en la persona una experiencia de interacción más natural e intuitiva (Cruz-Alvarado et al., 2019; Sanz et al., 2019).

Las TUIs presentan una mayor relación con el mundo físico al acoplar información digital a los objetos físicos. La manipulación de estos objetos es esencial para el desarrollo de los sistemas de interfaces tangibles (Ullmer & Ishii, 1997). Para este estudio, se investigará la

interacción basada en objetos activos como parte fundamental de las TUIs en actividades educativas basadas en este paradigma ya que los objetos activos contienen actuadores y sistemas de control, y permiten conceder las acciones y proporcionar retroalimentación tangible (Marshall et al., 2012)

Las tabletops se consideran superficies interactivas, digitales, horizontales y aumentadas computacionalmente. Su tamaño equivale al de una mesa. Estas superficies proporcionan un espacio compartido y permiten a los usuarios participar en diversas tareas de forma individual y grupal. Se utilizan para generar, manipular y mostrar objetos que transmiten información, es decir, se enfoca en elaboración e interacción en lugar de la simple difusión. De esta forma los tabletops son el medio para el uso de objetos activos tangibles. La esencia de las tabletops radica en la apropiada combinación del uso del entorno físico junto con el virtual, donde se potencian actividades colaborativas, construcción de conocimiento, el aprendizaje basado en la investigación, el juego interactivo y la resolución de problemas (Cruz-Alvarado et al., 2019). Hacer una combinación de tabletops y objetos tangibles puede mejorar la presentación y manipulación de datos, además ofrece nuevas experiencias de juego y aprendizaje (Valdes et al., 2014).

a) Retroalimentación y su relevancia en los procesos formativos

La retroalimentación es un componente crítico en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y su efectividad aumenta cuando se adapta a las necesidades del estudiantado (Brookhart, 2017). Existen diferentes tipos de retroalimentación, como sobre la tarea, de procesamiento de tareas, de autorregulación y afectivo (van Seters et al., 2012).

Específicamente, en las actividades educativas basadas en TUIs, la retroalimentación puede fortalecerse al combinar canales sensoriales (visual, auditivo y táctil) con actuadores que brinden señales claras y oportunas (luces y vibradores) (Cruz-Alvarado et al., 2019). Esta variedad de modalidades podría contribuir a potenciar la atención de las personas estudiantes, a facilitar la comprensión de los contenidos y a estimular su participación activa.

b) Juegos Serios como herramientas pedagógicas

Los juegos serios (serious games), los cuales han sido diseñados para fines educativos, entrenamiento y entretenimiento, pueden fomentar la adquisición de competencias tecnológicas y el pensamiento crítico (Michael & Chen, 2006). En este sentido, específicamente en el área de las ciencias informáticas y de las matemáticas, han sido utilizados para potenciar la formación de competencias tecnológicas, el pensamiento crítico y la motivación. Por ejemplo, en Argentina, se han utilizado juegos serios como "El Conquistador" y "AstroCódigo" para integrar temas educativos y desarrollar competencias digitales tanto en estudiantes como en docentes (Sanz et al., 2019).

En otros contextos internacionales se han identificado también diversas experiencias exitosas en el ámbito educativo: En Estados Unidos, los proyectos Eugenie y SynFlo han sido utilizados para apoyar actividades de biodiseño colaborativo (Grote et al., 2015; Valdes et al., 2014). Asimismo, en Suiza, Knight's Castle ha enriquecido juegos de simulación para niños y niñas (Lampe & Hinske, 2007), mientras que, en TAOs en Alemania ha permitido evidenciar las potencialidades de los objetos activos para favorecer entornos interactivos e inclusivos, principalmente, a personas con capacidades distintas (Riedenklau et al., 2010). Por otra parte, en España, el grupo AffectiveLab de la Universidad de Zaragoza ha diseñado el tabletop NI-KVision, que se utiliza en aplicaciones educativas para niños y niñas con diferentes condiciones cognitivas (Marco et al., 2013).

c) Área de vacancia de investigación en Costa Rica

A pesar de los avances a nivel internacional, en Costa Rica no se han identificado, estudios concluyentes relacionados con la integración de diferentes tipos de retroalimentación en objetos activos dentro de juegos serios aplicados en actividades educativas en educación superior. Persisten vacíos vinculados a cómo esta combinación de retroalimentación visual, auditiva y táctil podría impactar el desarrollo de competencias tecnológicas (pensamiento computacional) y lógico-matemáticas en la población estudiantil universitaria.

Este trabajo busca atender esta brecha a través del uso de juegos serios basados en TUIs con objetos activos en procesos formativos, evaluando el impacto de distintos tipos de retroalimentación en la motivación y el rendimiento del estudiantado de primer ingreso de la carrera de Informática Empresarial de la Universidad de Costa Rica. Con ello, se espera aportar evidencia empírica y lineamientos metodológicos para el diseño de futuras herramientas pedagógicas basadas en interfaces tangibles.

3 Metodología

a) Participantes y muestreo

La investigación se desarrolló utilizando un enfoque cuantitativo y cualitativo, en dos fases a lo largo de dos años. La población en estudio fue el estudiantado de primer año de la Carrera Informática Empresarial del Recinto de Guápiles, - Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica. Todas las personas estudiantes participantes tenían matrícula en los cursos de IF-1300 “Introducción a la computación e informática” e IF-1400 “Lógica para informáticos” durante el I ciclo del 2023. Estos dos cursos son correquisitos, por tanto, la misma cohorte (30 estudiantes en total) cursaban ambas materias. Dado que existía vinculación directa con la población estudiantil participante (primer año de carrera) y por ser un proyecto de carácter exploratorio, se trabajó con el total de la población matriculada (30 estudiantes). El relación con el rango etario, el mismo osciló entre los 17 y 20 años aproximadamente, sin distinguir por género ni otros criterios de inclusión o exclusión. Por tanto, la muestra es considerada de tipo intensional, ya que estuvo determinada por la disponibilidad del estudiantado y la pertinencia de las asignaturas en relación con el objetivo de investigación.

Es importante indicar que el curso Lógica para Informáticos tiene un componente matemático muy alto. Además, es un curso antecesor de MA-0320 Estructuras de Matemáticas Discretas, MA-0321 Cálculo Diferencial e Integral, MA-0322 Álgebra lineal y MA-0323 Métodos Numéricos. Por lo tanto, es de suma importancia el trabajar desde las bases.

b) Instrumentos de medición

Con el propósito de recopilar la información en relación con la percepción del estudiantado, se utilizaron cuestionarios tipo escala Likert diseñados específicamente para esta investigación. Los cuales fueron aplicados durante la segunda fase del estudio, es decir, seguido de la implementación de las actividades prácticas con juegos serios y los objetos activos.

1) Estructura de los cuestionarios

Cada cuestionario incluyó preguntas o interrogantes que buscaban medir a) la aceptación de los objetos activos, b) efectividad percibida, c) utilidad percibida en relación con los diferentes tipos de retroalimentación (visual, auditivo y táctil).

La escala del cuestionario fue diseñada de 1 a 5, donde 1 significaba “totalmente en desacuerdo” y 5 “totalmente de acuerdo”. Por ejemplo, algunos ítems fueron; “La claridad en

el propósito de los objetos fue adecuada.”, “Los objetos activos facilitaron la realización de las tareas.” y “El feedback visual fue claro y útil.”

2) Validez y confiabilidad

Los ítems del cuestionario fueron diseñados con base en la literatura analizada relacionada con el uso e integración de interfaces tangibles y juegos serios en educación superior (Cruz-Alvarado et al., 2019; Gubaró et al., 2024; Michael & Chen, 2006). Previo a la aplicación del instrumento se realizó una validación de este con un grupo reducido de estudiantes (no se incluye en el análisis final) para validar la pertinencia de este, acorde con lo indicado por (Sandí-Delgado, 2019, 2023; Sandí Delgado, 2018), quienes indican que se debe evaluar tanto la aceptación como la efectividad de los objetos activos y los distintos tipos de retroalimentación en el aprendizaje. Asimismo, se verificó la fiabilidad del instrumento a través del Coeficiente Alpha Cronbach (Bellatti & Sabido-Codina, 2021; Cronbach, 1951) en cada sección del cuestionario. Se obtuvo una fiabilidad del 0.86, la cual es aceptable por ser un estudio exploratorio.

Además, el cuestionario a parte de las preguntas tipo escala Likert, incluyó preguntas abiertas y observaciones de campo, las cuales permitieron complementar el análisis, permitió identificar las opiniones, dificultades presentadas y experiencias en general del estudiantado durante el uso de los objetos activos y el juego serio AstroCódigo.

Durante las sesiones prácticas, el juego AstroCódigo se utilizó para trabajar conceptos fundamentales como estructuras de control, algoritmos básicos y condicionales. El rol del estudiantado consistía en manipular objetos activos que representaban instrucciones o condiciones lógicas, debiendo interpretar retroalimentaciones visuales, auditivas y táctiles para resolver desafíos progresivos. Este enfoque permitió vincular lo concreto con lo abstracto, favoreciendo una construcción activa del conocimiento.

c) Análisis de datos

Los datos e información fueron analizados a través de la combinación de técnicas tanto cuantitativas como cualitativas:

1) Análisis cuantitativo

Se realizó análisis estadístico descriptivo (promedio y desviación estándar) para cada uno de los ítems del cuestionario. Lo cual permitió identificar la valoración del estudiantado en relación con la efectividad y aceptación de los objetos activos, así como la preferencia por los distintos tipos de retroalimentación (visual, auditivo y táctil).

Luego, determinar la preferencia de cada modalidad de retroalimentación, se contabilizó cada frecuencia de elección de cada uno de los tipos (visual, auditivo y táctil), lo cual permitió identificar la modalidad preferida por el estudiantado.

A pesar de que al inicio se había considerado la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales (ANOVA o t-Test) las cuales permitían comparar grupos, se decidió realizar mejor un análisis descriptivo, ya que la población en estudio fue de 30 estudiantes y no se contó o establecieron grupos de control.

2) Análisis cualitativo

En relación con las respuestas abiertas, se agruparon las observaciones en categorías de análisis; facilidad de uso, dificultades técnicas, motivación, aprendizaje y razonamiento lógico, entre otras. Lo cual permitió abordar aspectos tales como la curiosidad generada por la retroalimentación táctil, las dificultades con la lateralidad al utilizar AstroCódigo o la percepción de sentirse acompañados e instruidos por parte del profesorado.

3) Triangulación de resultados

Se compararon los principales hallazgos cuantitativos (promedios de las escalas) con las percepciones cualitativas obtenidas a través de las preguntas abiertas y las observaciones participante.

Al integrar estos métodos, favorecieron un entendimiento más completo sobre cómo y por qué los objetos activos y las distintas modalidades de retroalimentación influyeron en la motivación y aceptación del estudiando de los juegos serios, objetos activos y los distintos tipos de retroalimentación.

4 Resultados

Este apartado reúne los principales resultados obtenidos y se compone de dos subapartados clasificados en efectividad y la aceptación de los objetos activos. La evaluación fue realizada a 30 participantes matriculados en los cursos IF-1400 Lógica para Informáticos e IF-1300 Introducción a la Computación e Informática.

a) Efectividad de los objetos activos

En la Tabla 1, se observa que los promedios de las respuestas para la mayoría de las afirmaciones son bastante positivos. Esto indica una percepción favorable por parte del estudiantado hacia estos objetos.

Tabla 1. Presenta los resultados de la efectividad de los objetos activos

Afirmaciones sobre la efectividad de los objetos activos	Promedio	Desviación Estándar
1. La claridad en el propósito de los objetos fue adecuada.	4.2	0.8
2. Los objetos facilitaron la realización de las tareas.	4.5	0.7
3. El uso de los objetos activos fueron útiles para alcanzar los objetivos de aprendizaje.	4.3	0.6
7. Experimenté dificultades al utilizar los objetos activos.	2.5	1.0
9. La interacción me motivó a participar más.	4.4	0.5

Específicamente, los resultados de la Tabla 1 indican que en cada afirmación se obtuvo:

- Claridad y utilidad de los objetos - En relación con la claridad en el propósito de los objetos activos se obtuvo un promedio de 4.2 con una desviación estándar de 0.8, lo que indica que el estudiantado percibe un propósito claro en el uso de estos recursos. Asimismo, la afirmación respecto a la utilidad para alcanzar los objetivos de aprendizaje (promedio 4.3, desviación estándar 0.6) refuerza esta percepción positiva. La coherencia en los valores altos y baja variabilidad sugiere un consenso entre las personas estudiantes sobre la efectividad de los objetos en estos aspectos.
- Facilidad para completar tareas y motivación - Con un promedio de 4.5 y desviación estándar de 0.7, el estudiantado indicó que los objetos activos facilitaron la realización de las tareas asignadas. Además, la motivación para participar (promedio 4.4, desviación estándar 0.5) refleja que la interacción con los objetos activos generó un mayor interés en la participación. Este hallazgo resulta relevante en entornos de aprendizaje donde la motivación sea crucial para el éxito del proceso formativo.

- Dificultades en el uso de los objetos activos - Aunque la mayoría de las afirmaciones reflejan una valoración positiva, la afirmación sobre las dificultades experimentadas al utilizar los objetos obtuvo un promedio de 2.5 y una desviación estándar de 1.0. Esto indica que, si bien algunas personas estudiantes encontraron desafíos, la alta variabilidad sugiere experiencias diversas. Esta disparidad podría deberse a factores individuales, como la familiaridad con la tecnología o el estilo de aprendizaje, lo cual sería valioso de explorar en estudios futuros.

Estos resultados podrían reflejar una aceptación generalizada de los objetos activos como herramientas útiles y motivadoras para el aprendizaje. Sin embargo, se recomienda considerar las dificultades experimentadas por algunos estudiantes para optimizar su implementación.

b) Aceptación de los objetos activos

En la Tabla 2, se observan respuestas que reflejan una alta satisfacción del estudiantado con respecto al diseño, la facilidad de uso e interacción que proporcionan estos objetos.

Tabla 2. Presenta los resultados de la aceptación de los objetos activos

Afirmaciones sobre la aceptación de los objetos activos	Promedio	Desviación estándar
4. Me sentí satisfecho/a con los objetos activos utilizados, eran fáciles de utilizar .	4.3	0.6
5. Los objetos activos presentaron una interacción fácil y fluida .	4.4	0.4
6. El diseño de los objetos activos fue atractivo visualmente para las actividades desarrolladas.	4.5	0.5
8. Los objetos activos me motivaron a participar.	4.6	0.5
10. Me gustaría utilizar objetos activos similares en actividades educativas futuras .	4.5	0.6

Específicamente, los resultados de la Tabla 2 muestran que en cada afirmación se obtuvo:

- Satisfacción general y facilidad de uso - La afirmación sobre la satisfacción del estudiantado con los objetos activos resalta su facilidad de uso, donde se obtuvo un promedio de 4.3 y una desviación estándar de 0.6. Este valor indica que los objetos activos son percibidos como accesibles y convenientes, lo que podría fomentar su integración en futuras actividades educativas en el aprendizaje. La baja variabilidad en las respuestas es positiva en términos de la adopción de estos recursos.
- Interacción fluida y diseño atractivo - La afirmación sobre la facilidad y fluidez de la interacción, con un promedio de 4.4 y desviación estándar de 0.4, muestra que el estudiantado experimentó una interacción fácil de comprender o bien, un uso sencillo y comprensible. Además, el diseño visual de los objetos activos fue valorado con un promedio de 4.5 y una desviación estándar de 0.5, lo que indica que el atractivo visual contribuyó a la experiencia positiva de las personas estudiantes. Estos resultados son coherentes con la literatura que subraya la importancia de un diseño visual atractivo y una interfaz amigable para facilitar la aceptación y el uso efectivo de tecnologías educativas.
- Motivación y proyección hacia el futuro - La afirmación sobre la motivación inducida por los objetos activos (promedio de 4.6, desviación estándar de 0.5) refleja que estos objetos facilitaron la realización de tareas y fomentaron una participación activa, lo cual es de suma importancia para el aprendizaje significativo. Finalmente, el interés en utilizar objetos similares en el futuro (promedio de 4.5, desviación estándar de 0.6) sugiere que las personas estudiantes están abiertas a continuar interactuando con estos recursos. Este aspecto es relevante para los desarrolladores de contenidos educativos interactivos y las

instituciones que buscan implementar herramientas innovadoras en sus prácticas pedagógicas.

Los resultados presentados en la Tabla 2 evidencian una alta aceptación de los objetos activos en términos de usabilidad, diseño y motivación. Estos hallazgos respaldan la continuidad y expansión del uso de objetos activos en entornos educativos, ya que facilitan la interacción. Además, promueven la participación sostenida en el aprendizaje.

c) Tipos de retroalimentación implementados

En la Tabla 3 se muestra que la retroalimentación visual, auditivo y táctil ha sido recibido con una variedad de niveles de aceptación entre el estudiantado. Esto permite evaluar la efectividad de cada tipo de retroalimentación para mejorar el compromiso y la comprensión de los contenidos en entornos educativos interactivos.

Tabla 3. Resultados sobre diferentes tipos de retroalimentación implementados

Afirmaciones sobre los tipos de feedback implementados	Promedio	Desviación Estándar
1. La retroalimentación visual fue claro y útil .	4.6	0.4
2. La retroalimentación auditiva ayudó a mantener la atención .	4.3	0.6
3. La retroalimentación táctil fue fácil de interpretar .	3.9	0.8
4. Me sentí más motivado/a con el feedback.	4.5	0.5
5. La retroalimentación incrementó mi interés .	4.4	0.6

Específicamente, en la Tabla 3, se observa que en cada afirmación se obtuvo que:

- Retroalimentación Visual - La afirmación sobre la claridad y utilidad del feedback visual alcanzó un promedio de 4.6 con una desviación estándar de 0.4. Esto indica una aceptación alta y homogénea. Esto sugiere que la retroalimentación visual fue clara y efectiva para el entendimiento de las tareas, lo cual concuerda con la literatura mencionada en la justificación del proyecto en la cual se resalta la relevancia de los estímulos visuales en la retención de información.
- Retroalimentación Auditivo - Con un promedio de 4.3 y una desviación estándar de 0.6, la retroalimentación auditiva fue bien valorada por las personas estudiantes en cuanto a su capacidad para mantener la atención. Además, la variabilidad sugiere opiniones mixtas, posiblemente debido a factores como las preferencias de aprendizaje o la necesidad de ajustes en aspectos técnicos (por ejemplo, en cuanto a volumen o claridad). Este tipo de retroalimentación podría complementarse con otros estímulos para maximizar su efectividad en un público diverso.
- Retroalimentación Táctil – La retroalimentación táctil obtuvo un promedio más moderado de 3.9 con una desviación estándar de 0.8, lo que indica una valoración menos uniforme y algo más baja que los otros tipos de retroalimentación. Aunque generó curiosidad entre algunos estudiantes, la variabilidad sugiere que otros encontraron dificultades en su interpretación. Para mejorar la aceptación, sería útil optimizar la intensidad y claridad de las señales táctiles, de modo que ofrezcan una experiencia más intuitiva y accesible.
- Motivación e Interés Aumentados por la retroalimentación - La afirmación "me sentí más motivado/a con la retroalimentación" obtuvo un promedio de 4.5 (desviación estándar de 0.5), mientras que la afirmación sobre el incremento en el interés alcanzó un promedio de 4.4 (desviación estándar de 0.6). Esto demuestra que el retroalimentación, en general, tuvo un impacto positivo en la motivación y el interés del estudiantado, resaltando el papel de la retroalimentación bien diseñada en el fortalecimiento de la participación y disposición para el aprendizaje activo.

Los resultados de la Tabla 3 indican que la retroalimentación visual es la más efectiva y ampliamente aceptada, seguido por la auditiva. En cambio, que la retroalimentación táctil requiere ajustes para mejorar su funcionalidad y accesibilidad. Por tanto, la retroalimentación visual y auditiva podrían implementarse como herramientas clave para fomentar el aprendizaje interactivo, con potencial para incorporar la retroalimentación táctil de manera optimizada en futuros diseños de objetos activos.

En la Tabla 4 se indica que el estudiantado mostró una clara preferencia por la retroalimentación visual, seguida de la auditiva y, en menor medida, la táctil. Estos resultados reflejan tendencias en la elección de modalidades de retroalimentación en entornos educativos interactivos, destacando la relevancia de la modalidad visual en el proceso de aprendizaje.

Tabla 4. Preferencias de Retroalimentación Favorito

Tipo de Retroalimentación	Cantidad de Preferencias
Visual	20
Auditivo	8
Táctil	2

Específicamente, en la Tabla 4, se observa que en cada afirmación se obtuvo que:

- Preferencia por la Retroalimentación Visual - El mayor número de estudiantes (20) seleccionó la retroalimentación visual como su favorita. Esta preferencia puede deberse a la claridad y accesibilidad de la retroalimentación visual, que facilita la comprensión rápida de la información y apoya el aprendizaje visual, una modalidad predominante en contextos educativos.
- Retroalimentación Auditiva - Ocho (8) estudiantes prefirieron la retroalimentación auditiva. Aunque esta preferencia es menor en comparación con la retroalimentación visual, esta elección sugiere que la retroalimentación auditiva es efectiva para captar la atención y puede ser valioso en combinación con otros tipos de retroalimentación, especialmente para estudiantes con estilos de aprendizaje auditivo.
- Retroalimentación Táctil - La retroalimentación táctil obtuvo solo dos (2) preferencias, lo que indica una menor aceptación de la modalidad. Esta baja aceptación podría estar relacionada con la novedad de la retroalimentación táctil en contextos educativos o con dificultades en su interpretación, como se mencionó anteriormente.

Por último, la Tabla 4 evidencia una preferencia marcada hacia la retroalimentación visual, lo que indica que esta modalidad debería priorizarse en el diseño de herramientas de retroalimentación en entornos educativos. La retroalimentación auditiva, aunque menos popular, puede servir como complemento. Por otro lado, que la retroalimentación táctil, si bien tiene potencial, requiere ajustes para aumentar su efectividad y aceptación.

d) Apreciaciones y Mejoras Necesarias

En la Tabla 5, se muestran los aspectos específicos valorados por las personas participantes en cada tipo de feedback (visual, auditivo y táctil), así como las áreas de mejora. Esto permitiría optimizar cada modalidad de retroalimentación y mejorar la experiencia de aprendizaje.

Tabla 5. Análisis de las Apreciaciones y Mejoras Necesarias

Aspecto Evaluado	Apreciaciones	Mejoras Necesarias
Retroalimentación Visual	Alta claridad y apoyo en tareas.	Variar la presentación para hacerla más dinámica.

Retroalimentación Auditivo	Eficaz para captar la atención.	Ajustar el volumen para mayor claridad.
Retroalimentación Táctil	Generó curiosidad entre algunos estudiantes.	Mejorar la intensidad y diferenciación de señales.

1) Retroalimentación Visual

- Aspectos Apreciados – Las personas participantes destacaron la claridad y el soporte de la retroalimentación visual en la realización de las tareas, lo cual refuerza su función como una herramienta accesible y directa en el proceso formativo.
- Mejoras Necesarias - Se recomienda variar la presentación de la retroalimentación visual para hacerlo más dinámico. Esto podría implicar el uso de diferentes estilos visuales, colores y formatos que mantengan el interés del estudiantado y eviten la monotonía.

2) Retroalimentación Auditiva

- Aspectos Apreciados – La retroalimentación auditiva fue valorado por su eficacia en captar la atención de las personas estudiantes. Esto coincide con la tendencia de que los estímulos auditivos pueden ser efectivos para dirigir la atención a información relevante.
- Mejoras Necesarias - Ajustar el volumen de la retroalimentación auditiva se identificó como una necesidad para garantizar una claridad óptima. Esto podría implicar personalizar el nivel de volumen según el entorno de aprendizaje o la preferencia del estudiantado para mejorar su experiencia auditiva.

3) Retroalimentación Táctil

- Aspectos Apreciados - Aunque fue menos preferido, la retroalimentación táctil generó curiosidad entre algunas personas estudiantes, lo que indica un potencial para despertar interés y explorar nuevas formas de interacción en entornos de aprendizaje.
- Mejoras Necesarias - Se recomienda optimizar la intensidad y la diferenciación de las señales táctiles, de modo que estas sean más intuitivas y fáciles de interpretar. Esto podría implicar el uso de vibraciones de diferentes intensidades o patrones, que ayuden a comunicar información de forma más clara.

Por tanto, la Tabla 5 destaca los elementos efectivos de cada tipo de feedback, así como las áreas específicas que requieren optimización. Estos ajustes pueden contribuir a que el estudiantado aprovecha mejor las distintas modalidades de retroalimentación y refuerzan su participación y comprensión en sus actividades educativas.

5 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos y presentados en las Tablas 1, 2, 3 y 4 indican una alta aceptación por parte del estudiantado hacia con las interfaces tangibles y los juegos serios para potenciar el pensamiento computacional y las competencias lógico-matemáticas.

a) Comparación con la literatura en relación con las Interfaces Tangibles (TUIs)

Acorde con la literatura analizada, las TUIs mejoran la interacción al permitir manipular físicamente los objetos (Sanz et al., 2019; Ullmer & Ishii, 1997). Los resultados obtenidos, muestran una valoración positiva (superior a 4 en promedio) respecto a la facilidad de uso y utilidad de los objetos activos, lo cual confirman dichas observaciones. Ahora bien, la alta motivación por parte de las personas estudiantes concuerda con lo manifestado por Sanz et al.

(2019), quienes destacan la relevancia de la interacción tangible para mantener y potenciar el interés en actividades educativas.

b) Retroalimentación y efectividad en el aprendizaje

Según los hallazgos identificados en la revisión de literatura, diferentes estudios previos recalcan la importancia de ofrecer una retroalimentación clara y adaptada (Brookhart, 2017; van Seters et al., 2012). En este sentido, los resultados obtenidos evidencian que el feedback visual resulta el más claro y aceptado, lo que coincide con la relevancia de las pistas visuales mencionadas en la investigación realizada por Brookhart (2017). Sin embargo, la retroalimentación auditiva y táctil reciben menor aprobación, donde se evidencian algunas dificultades técnicas o interpretativas. Esto concuerda con lo indicado en la literatura, donde se señala que la efectividad del feedback puede variar en función de la modalidad y las preferencias de las personas usuarias (van Seters et al., 2012).

c) Juegos serios y motivación en ciencias de la computación

Michael & Chen (2006) indican que los juegos serios pueden incrementar la motivación y la participación del estudiantado. En esta línea, los resultados obtenidos y analizados en relación con los promedios de aceptación (Tabla 2) y motivación (Tabla 3 y 4) indica que la mayoría de las personas estudiantes participantes se sienten más identificados e involucrados e involucradas en actividades lúdicas con elementos de juego. Estos resultados confirman que el incluir elementos o componentes de entretenimiento potencia la aceptación de herramientas tecnológicas en los procesos formativos, tal como ha sido demostrado en otros países a través de diferentes investigaciones (Grote et al., 2015; Sanz et al., 2019)

d) Brechas o áreas de vacancia específicas en el contexto costarricense

Acorde con lo señalado en la revisión de antecedentes, no existe investigaciones o estudios previos con resultados concluyentes sobre la implementación de TUIs con retroalimentaciones múltiples en la educación superior costarricense. Por ende, los resultados empíricos de esta investigación evidencian que podrían ser la base de futuras investigaciones, máxime que se observan desafíos técnicos; de mejoras de diseño, evidenciando la necesidad de mejorar estos dispositivos para maximizar su impacto y accesibilidad en el ámbito educativo (Sanz et al., 2019; Ullmer & Ishii, 1997).

e) Concordancias y discrepancias con estudios previos

En la literatura existente, mayoritariamente se destaca la efectividad de la retroalimentación visual (Valdes et al., 2014), sin embargo, la variabilidad en la aceptación del feedback táctil coincide con lo expuesto por Valdés et al. (2014), quienes indican la existencia de reacciones diversas según la familiaridad de los usuarios con la vibración o el estímulo háptico.

El estudio no encontró contradicciones directas con investigaciones anteriores; sino que, amplía la evidencia empírica en Costa Rica y podría reforzar hallazgos internacionales sobre la importancia de la personalización de la retroalimentación en objetos activos.

Finalmente, se podría inferir que estos resultados indican que las interfaces tangibles y los juegos serios pueden incentivar la participación y mejorar el proceso formativo del estudiantado en educación superior. En esta misma línea, las modalidades de retroalimentación y la necesidad de realizar ajustes acorde con las preferencias del estudiantado aparecen como factores determinantes para la efectividad de este enfoque. Estos hallazgos presentan una oportunidad para continuar investigando, con muestras más amplias y mayor control experimental, el potencial de las TUIs y los juegos serios en diferentes contextos educativos.

6 CONCLUSIONES

Los resultados indican una aceptación favorable del uso de interfaces tangibles y juegos serios por parte del estudiantado, así como una percepción positiva sobre su utilidad para el aprendizaje. Si bien los datos muestran un incremento en la motivación y en la percepción de comprensión de tareas asociadas al razonamiento lógico-matemático y pensamiento computacional, se recomienda realizar estudios controlados adicionales que permitan validar empíricamente dicho fortalecimiento.

Se evidenció una leve curva de aprendizaje en el uso de los objetos activos y la interfaz de juego AstroCódigo. Ahora bien, dado que el estudiantado sugiere un proceso introductorio para conceptualizar y comprender el alcance de los objetos activos y los tipos de la retroalimentación. Es importante dar prioridad a la personalización de los objetos activos de acuerdo con las necesidades del estudiantado, esto con el fin de mejorar la usabilidad y accesibilidad.

En relación con las limitaciones del estudio, se incluye el tamaño de la muestra (30 estudiantes) y la focalización en un único recinto universitario de la Universidad de Costa Rica (Recinto de Guápiles). Sin embargo, permitió obtener datos empíricos útiles, la representatividad podría ser aumentada al incluir otras sedes de la misma universidad e incluso otras instituciones educativas a nivel de educación superior. Además, no se establecieron grupos de control, lo que limita la capacidad de inferir causalidad estricta.

Por otra parte, en relación con las propuestas de trabajos futuros, se propone ampliar la muestra a otras sedes universitarias y asignaturas vinculadas con la lógica-matemática y el pensamiento computacional, con el propósito de validar la efectividad de estos recursos en distintos ambientes de aprendizaje. Luego, ajustar los parámetros de la retroalimentación táctil y auditiva (intensidad, volumen, patrones de vibración) para aumentar su claridad y potenciar su aceptación. Además, diseñar estudios experimentales o cuasiexperimentales con grupos de control, para que sea posible comparar directamente los resultados del uso de interfaces tangibles frente a metodologías de enseñanza tradicionales.

La investigación permite evidenciar que el uso e integración de interfaces tangibles y juegos serios constituye una estrategia pedagógica que potencia un aprendizaje motivador y enfocado en el desarrollo de competencias lógico-matemáticas y del pensamiento computacional. Si bien, los hallazgos son preliminares, podrían servir de base para futuras investigaciones y mejorar el diseño de objetos activos en el ámbito de la educación superior Costarricense e internacionalmente.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Los autores confirman su contribución al artículo de la siguiente manera:

- **J.C.S.D.:** Conceptualización, Metodología, Investigación, Validación, Redacción (manuscrito original), Redacción (revisión y edición) y Supervisión.
- **M.A.C.A.:** Conceptualización, Metodología, Investigación, Validación, Redacción (manuscrito original) y Redacción (revisión y edición).
- **R.R.M.H.:** Conceptualización, Metodología, Investigación, Validación, Redacción (manuscrito original) y Redacción (revisión y edición).

Todos los autores han leído y aprobado la versión final del documento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen intereses en conflicto

FINANCIAMIENTO

Este trabajo de investigación ha sido financiado completamente por parte de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica, a través del Proyecto: 510-C2-321 “Juegos Serios Basados en Interfaces Tangibles con Objetos Activos”.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica. Específicamente al Proyecto de investigación: 510-C2-321 “Juegos Serios Basados en Interfaces Tangibles con Objetos Activos”. Igualmente, se agradece a la población estudiantil y docente del Recinto de Guápiles de la Sede del Atlántico por el apoyo y colaboración brindada para el desarrollo de la investigación. A la Coordinación de Investigación de la Sede del Atlántico por todo el apoyo con materiales e instrumentos requeridos para la confección de las mesas tangibles e impresión de los objetos activos en 3D.

Referencias

- Bellatti, I., & Sabido-Codina, J. (2021). Materiales didácticos para la formación ciudadana en aulas de educación secundaria obligatoria: Un análisis de su uso mediante observación no participativa. *Pedagogía Social Revista Interuniversitaria*, 39, 87–102. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8237738>
- Brookhart, S. M. (2017). How to Give Effective Feedback to your Students. In *Alexandria, V USA: ASCD* (2nd ed.). ASCD. <https://lcn.loc.gov/2016045329>
- Castellano Valverde, J. J., Duta Toapanta, L. P., & Andrango Analuisa, D. P. (2025). Gamificación en el Aula Estrategias para Mejorar el Aprendizaje. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(1), 3651–3669. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i1.1074>
- Child Morante, N., Uceda Bazán, M., Fernandez Otoya, F., & Garcia González, M. (2022). Didactic strategies to promote meaningful learning aimed at university students. *MENDIVE Revista de Educación*, 20(4), 1297–1309. <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/3090>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Cruz-Alvarado, M. A., Sanz, C. V., Baldassarri, S., & Artola, V. (2019). *Diseño e implementación de juguetes interactivos para actividades educativas basadas en interacción tangible* [(Tesis de Maestría). Universidad Nacional de La Plata (UNLP)]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87674>
- Fornari, J., Deco, C., Burzacca, L., Bender, C., & Tecnologías, F. De. (2024). ¿Cuánta lógica se necesita? Una aproximación del Pensamiento Computacional en los primeros años de carreras STEM. *SAEI - Simposio Argentino de Educación En Informática*, 8(10), 1–8. <https://revistas.unlp.edu.ar/JAIIO/article/view/17757>
- Grote, C., Segreto, E., Okerlund, J., Kincaid, R., & Shaer, O. (2015). Eugenie: Multi-Touch and Tangible Interaction for Bio-Design. *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 217–224. <https://doi.org/10.1145/2677199.2680605>
- Gubaro, M., Sanz, C., Aires, B., & Aires, B. (2024). Juegos Serios Educativos Digitales Orientados a la Enseñanza de la Matemática en Educación Secundaria. Estado del Arte. *XXX Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC)*, 379–389. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/176332>
- Lampe, M., & Hinske, S. (2007). The Augmented Knight’s Castle—Integrating Mobile and Pervasive Computing Technologies into Traditional Toy Environments. In C. Magerkurth & C. Röcker (Eds.), *Concepts and technologies for Pervasive Games-A Reader for Pervasive Gaming*

- Research* (1st ed., pp. 41–66). Shaker Verlag. <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/mlampe-pg07-akc.pdf>
- Marco, J., Baldassarri, S., & Cerezo, E. (2013). NIKVision: Developing a tangible application for and with children. *Journal of Universal Computer Science*, 19(15), 2266–2291.
- Marshall, M., Carter, T., Alexander, J., & Subramanian, S. (2012). Ultra-Tangibles: Creating Movable Tangible Objects on Interactive Tables. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2185–2188. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208370>
- Michael, D., & Chen, S. (2006). Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform. In *Thomson Course Technology*. Thomson Course Technology. <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1051239>
- Moya-Muñoz, L. D., Lopez-Velez, C. R., Pérez-Marquin, J. M., & Cedeño-León, M. M. (2025). La retroalimentación formativa como estrategia para mejorar el desempeño en el aula. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 155–170. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/118>
- Riedenklaue, E., Hermann, T., & Ambient, H. R. (2010). TANGIBLE ACTIVE OBJECTS AND INTERACTIVE SONIFICATION AS A SCATTER PLOT ALTERNATIVE FOR THE VISUALLY IMPAIRED. *Proceedings of the 16th International Conference on Auditory Display*. https://www.researchgate.net/publication/216825980_Tangible_Active_Objects_and_Interactive_Sonification_as_a_Scatter_Plot_Alternative_for_the_Visually_Impaired
- Sandí-Delgado, J. C. (2019). Juegos serios para la indagación de competencias tecnológicas que puedan integrarse en la práctica pedagógica del profesorado. Una propuesta de aplicación en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica (UCR). *TE&ET. Revista Iberoamericana de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología*, 23, 103–105. <https://doi.org/10.24215/18509959.23.e13>
- Sandí-Delgado, J. C. (2023). *Propuesta metodológica y arquitectónica para el desarrollo de juegos serios orientados a la formación de competencias tecnológicas* [Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/154614>
- Sandí-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2024). INTEGRA+506: Una Metodología para el diseño y desarrollo de juegos serios. *XXIX Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC)*, 730–743. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/163107>
- Sandí Delgado, J. C. (2018). *Juegos serios para la indagación de competencias tecnológicas que puedan integrarse en la práctica pedagógica del profesorado*. Univercidad de Costa.
- Sanz, C., Cruz, M., Nordio, M., Artola, V., & Baldassarri, S. (2019). THE CONQUEROR: AN EDUCATIONAL GAME BASED ON TANGIBLE INTERACTION. *12th Annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2019)*, VIII(1), 8498–8505. <https://doi.org/10.21125/iceri.2019.2023>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces. *Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '97*, 223–232. <https://doi.org/10.1145/263407.263551>
- Valdes, C., Eastman, D., Grote, C., Thatte, S., Shaer, O., Mazalek, A., Ullmer, B., & Konkel, M. K. (2014). Exploring the design space of gestural interaction with active tokens through user-defined gestures. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4107–4116. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557373>
- van Seters, J. R., Ossevoort, M. A., Tramper, J., & Goedhart, M. J. (2012). The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material. *Computers & Education*, 58(3), 942–952. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.002>