

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ciencias Naturales y Exactas

**Nombre del proyecto:**

Diseño y validación de experiencias de aprendizaje no formal de temas  
STEM en ambientes virtuales y físicos.

**Código:** 0000-2160-1005

**Periodo:** 01/01/2023 al 31/12/2024  
Ampliado del 01/01/2025 al 03/07/2025

**Fecha de entrega del informe final:** 27/02/2026

**Autores:**

M.Sc. Esteban José Ballesteros Alfaro Escuela de Ciencias Naturales y Exactas  
MBA. Dylana Freer Paniagua. Escuela de Ciencias Naturales y Exactas  
Ph.D. Yoselyn Walsh Zúñiga. Escuela de Diseño Industrial  
M.Sc. Rogelio González Quirós. Unidad Desconcentrada en Computación San Carlos  
M.Sc. Marlen Treviño Villalobos. Unidad Desconcentrada en Computación San Carlos  
M.Sc. Diego Rojas Vega. Unidad Desconcentrada en Computación San Carlos



# INFORME FINAL DE PROYECTO DE EXTENSIÓN

Diseño y validación de experiencias de aprendizaje no formal de temas  
STEM en ambientes virtuales y físicos

## Autores

Esteban Ballesterero Alfaro  
Dylana Freer Paniagua  
Rogelio González Quirós  
Diego Rojas Vega  
Marlen Treviño Villalobos  
Yoselyn Walsh Zúñiga

Diciembre 2025

## 1. Tabla de contenido

### Contenido

1.	Tabla de contenido .....	1
2.	Código, título del proyecto y periodo de ejecución.....	2
3.	Autoría .....	2
4.	Resumen.....	3
5.	Abstract .....	4
6.	Palabras clave y key words.....	5
7.	Contextualización del proyecto.....	5
8.	Estrategia de abordaje.....	5
9.	Valoración general de los resultados obtenidos .....	15
10.	Logro del propósito y los componentes .....	24
11.	Logros no contemplados en el proyecto.....	27
12.	Detalle de evidencias.....	30
13.	Integración con la academia.....	31
14.	Cumplimiento del plan de socialización y publicación.....	33
15.	Ejecución Presupuestaria .....	36
16.	Limitaciones y problemas encontrados.....	36
17.	Lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones .....	37
18.	Agradecimientos (opcional) .....	39
19.	Referencias .....	39
20.	Apéndices y anexos.....	39

## 2. Código, título del proyecto y periodo de ejecución

Título: Diseño y validación de experiencias de aprendizaje no formal de temas STEM en ambientes virtuales y físicos

Código: 2161005

Período de ejecución: Del 1 de enero 2023 al 30 de junio de 2025

## 3. Autoría

Nombre	Participación	Instancia académica o dependencia	Aportes específicos
M.Sc. Esteban José Ballesteros Alfaro	Coordinación	ECNE	Labores de coordinación Diseño de la App, pruebas de usuario, evaluación de experto Organización de giras Estudio comparativo Fichas técnicas
MBA. Dylana Freer Paniagua	Extensionista	ECNE	Diseño de la App, pruebas de usuario, evaluación de experto Organización de giras Estudio comparativo Fichas técnicas

Ph.D. Yoselyn Walsh Zúñiga	Extensionista	EDI	Pruebas de usabilidad Diseños 3D y 3D de la App
M.Sc. Rogelio González Quirós	Extensionista	UDC	Programación de las actividades de la App Pruebas de funcionalidad
M.Sc. Marlen Treviño Villalobos	Extensionista	UDC	Pruebas unitarias y de sistema
M.Sc. Diego Rojas Vega	Extensionista	UDC	Programación de las actividades de la App Pruebas de funcionalidad

#### 4. Resumen

El propósito principal del proyecto fue contribuir al mejoramiento de las habilidades STEM de la ciudadanía a través de la interacción con actividades de construcción, visualización y razonamiento, diseñadas tanto en material concreto como con tecnología de realidad aumentada (RA). El alcance se definió en cinco componentes, logrando el 100% en cuatro de ellos: el diseño y realización de pruebas de la App Mucym Digital con 12 actividades, la documentación didáctica (fichas técnicas), la realización de un estudio comparativo de percepción, y la divulgación del Museo Viajante (Mucym). En cuanto a la implantación de la app se realizó parcialmente ya que se requiere más difusión de la aplicación.

La estrategia de abordaje se basó en reuniones periódicas de seguimiento del equipo extensionista. Para el diseño de la App, se adoptó la metodología Scrum, un marco de trabajo ágil, definiendo roles como *Product Owner*, *Scrum Master* (encargado del monitoreo) y *Equipo de Desarrollo*. Se utilizaron *software* como Unity 3D y Blender para modelar las 12 actividades en RA. Para la calidad, se realizaron pruebas técnicas (unitarias y de sistema), evaluaciones de experto (estudiantes de Diseño Industrial), y pruebas de usuario meta. Estas últimas se aplicaron a una muestra de 39 estudiantes de noveno año de colegios rurales, quienes evaluaron ambas modalidades (físico y virtual) mediante formularios estandarizados.

Entre los resultados y logros alcanzados, se destaca la creación y prueba de la App Mucym Digital con 12 actividades y sus fichas didácticas, cumpliendo el 100% en estos rubros. Se

completó el estudio comparativo con 39 participantes y se logró la aceptación de una ponencia en el VII Congreso de Extensión de AUGM. Aunque la implementación de la App solo alcanzó el 80% de las descargas meta, el estudio de percepción mostró una alta facilidad de uso de la App (más del 92% de respuesta positiva) y una fuerte anuencia de los participantes a descargarla y recomendarla. La actividad en físico fue preferida por la facilidad de manipulación y concentración (69.2% de los participantes). Sin embargo, la App sobresalió en la estética y en la facilidad para compartir la actividad con familiares lejanos. El estudio sugiere que la Realidad Aumentada tiene un alto potencial como herramienta educativa y motivadora en matemáticas, siempre que se aborden las oportunidades de mejora identificadas. Además, las metas de divulgación del Mucym se cumplieron al 100% gracias a que la visitación superó las métricas esperadas.

## 5. Abstract

The project's primary purpose was to contribute to the improvement of citizen STEM skills through interaction with construction, visualization, and reasoning activities, designed using both concrete materials and augmented reality (AR) technology. The scope was defined across five components, achieving 100% completion in four: the design and testing of the Mucym Digital App with 12 activities, the didactic documentation (technical sheets), the comparative perception study, and the dissemination of the Traveling Museum (Mucym).

The overall approach strategy relied on regular follow-up meetings of the extension team. For App design, the Scrum methodology, an agile framework, was adopted, defining roles such as *Product Owner*, *Scrum Master* (responsible for monitoring), and the *Development Team*. Software like Unity 3D and Blender were used to model the 12 selected AR activities. Quality assurance included Technical Tests (unit and system), Expert Evaluation (by Industrial Design students), and Target User Tests. The latter involved a sample of 39 ninth-grade students from rural high schools, who evaluated both modalities (physical and virtual) using standardized questionnaires.

Key results and achievements include the creation and testing of the Mucym Digital App with 12 activities and their didactic sheets, achieving 100% in these components. The comparative perception study was completed with 39 participants, and a paper was accepted for presentation at the VII AUGM Extension Congress. Although App implementation only reached 80% of the download goal, the perception study showed high ease of use for the App (over 92% positive response) and strong willingness among participants to download and recommend it. The physical activity was preferred for manipulation and concentration (69.2% of participants). However, the App excelled in aesthetics and the ease of sharing the activity with distant family and friends. The study suggests that Augmented Reality has high potential as a valuable and motivating educational tool in mathematics, provided identified usability and design improvements are addressed. Furthermore, Mucym's dissemination goals were 100% met with successful tours that exceeded annual visitation targets.

## 6. Palabras clave y key words

Realidad Aumentada, Habilidades STEAM, Museo de Ciencia, Estudio Comparativo

## 7. Contextualización del proyecto

La población a la que iba dirigida este proyecto eran estudiantes y profesores de los colegios de las zonas de influencia que se encuentran dentro del grupo con bajo índice desarrollo del país, en particular CTP Los Chiles, Liceo el Pavón, CTP de Guatuso y Liceo de Katira. Era importante que este grupo contara con el acceso a al menos un dispositivo electrónico como Tablet o smartphone con sistema operativo Android y que tenga algunos conocimientos básicos de aritmética y geometría.

Este grupo cumplió un rol muy importante durante las pruebas de usuario porque, aunque la App que se pretendía desarrollar en este proyecto podría ser utilizada por cualquier usuario, si era de interés de este proyecto dirigirla con especial atención a la población estudiantil. El producto generado ya queda a disposición de ser utilizado por este grupo población e incorpora las observaciones y mejoras de preferencias de usuarias que ellos mismos aportaron.

Por otra parte, el proyecto siguió atendiendo a través del Mucym a grupos de personas de todas las edades, en varias de las giras se dio especial atención a los escolares, con quienes se trabajó tanto en las actividades que ofrece el Mucym en sus diferentes espacios internos, como a nivel exterior (se pueden ver las fotos y videos en los anexos).

## 8. Estrategia de abordaje

La estrategia de abordaje en general consistió en reuniones de seguimiento del equipo de extensionistas, al menos dos al mes (con algunas excepciones por alguna situación especial se realizó solo una o más de dos). En cada una de estas reuniones de entregaban informes parciales de las tareas que se estaban realizando y se definían acciones y responsabilidad a gestionar a partir de los acuerdos de dichas reuniones. Las minutas se encuentran disponibles en el Anexo 5.

De manera estratégica, se definieron sectores de trabajo según las tareas requeridas, con el fin de avanzar hacia el logro de los objetivos desde distintas perspectivas. Los sectores definidos fueron los siguientes:

1. Diseño de la App
2. Pruebas técnicas de la App
3. Exhibiciones del Mucym

### Diseño de la App

El trabajo se desarrolló utilizando Scrum, un marco de trabajo ágil que organiza y guía el desarrollo de proyectos mediante ciclos de trabajo cortos y colaborativos. Este

enfoque se emplea para gestionar proyectos complejos en contextos donde los requerimientos pueden cambiar durante el proceso, razón por la cual es ampliamente utilizado en proyectos tecnológicos, especialmente en el ámbito de la computación.

Según European Scrum (2024), Scrum no es una metodología rígida con pasos fijos, sino un conjunto de principios, roles definidos, actividades periódicas y productos de trabajo que facilitan la planificación, la ejecución y la evaluación continua del proyecto.

Su propósito principal es generar avances funcionales de manera temprana y progresiva, promoviendo la retroalimentación constante y la mejora continua, con el fin de asegurar que los resultados respondan de forma efectiva a las necesidades del usuario.

Para la gestión del proyecto se definieron roles de trabajo inspirados en el marco Scrum, adaptados a un proyecto de extensión con participación de personal académico, extensionistas y estudiantes, cuyo objetivo fue el desarrollo de una aplicación educativa con componentes de Realidad Aumentada (AR) dirigida a la población meta del proyecto.

Los roles definidos fueron los siguientes:

**Product Owner:** asumido por el equipo responsable del proyecto, encargado de definir el *producto esperado*, entendido como la aplicación educativa en AR y sus funcionalidades principales. Este equipo estableció los objetivos del producto, los contenidos a desarrollar y los criterios generales que debían cumplirse para que la aplicación respondiera a las necesidades de la población beneficiaria y del público interesado.

**Scrum Master:** rol desempeñado por el profesor Diego Rojas, quien trabajó de forma directa con el equipo de asistentes de la carrera de Computación. Su función principal fue acompañar y dar seguimiento a las tareas técnicas relacionadas con el desarrollo de la aplicación en AR, entendidas como las actividades de programación, integración y funcionamiento de los elementos de realidad aumentada. Asimismo, se encargó de monitorear el avance del trabajo y facilitar que las actividades se desarrollaran dentro de los tiempos previstos.

De manera complementaria, la extensionista Yoselyn Walsh estuvo a cargo del equipo de Diseño Industrial, responsable del diseño de los objetos tridimensionales (modelos 3D) utilizados en las distintas actividades de la aplicación. Este equipo también tuvo a su cargo la realización de *pruebas técnicas de usuario*, entendidas como evaluaciones prácticas del funcionamiento de los modelos y de la interacción de los usuarios con la aplicación, con el fin de identificar mejoras antes de su implementación final.

**Equipo de Desarrollo (Developers):** conformado por extensionistas y estudiantes, quienes tuvieron la responsabilidad de ejecutar las tareas técnicas y de diseño necesarias para la construcción del producto esperado. Su labor incluyó la generación de contenidos, la implementación de funcionalidades y la documentación de información relevante para el desarrollo y mejora de la aplicación.

El seguimiento del trabajo con el equipo encargado del diseño y desarrollo de la aplicación en AR se realizó mediante las siguientes estrategias:

- Reuniones presenciales semanales, con una duración aproximada de entre una y cuatro horas, entre el Scrum Master y el Equipo de Desarrollo, orientadas a revisar avances, resolver dificultades técnicas y planificar las siguientes tareas.
- Dos reuniones por semestre con el equipo de extensionistas, cuyo propósito fue analizar el progreso general del proyecto, identificar cambios necesarios, definir listas de mejoras y recopilar información adicional relevante para la etapa de diseño en curso.
- Reuniones adicionales, convocadas a solicitud del equipo de extensionistas o del Equipo de Desarrollo, con subgrupos específicos, según los temas o necesidades particulares que surgieran durante el proceso.

En el siguiente recuadro se resumen algunos detalles técnicos del software que fue utilizado para el diseño de cada una de las actividades interactivas de la App:

Software	Descripción
Unity 3D 2021.3.19f1	Software utilizado para generar las actividades con tecnología de Realidad Aumentada
Blender	Software utilizado para la modelación de objeto 3D que requiere Unity para generar cada actividad.
Ilustrator y Figma	Diseño de imágenes en 2D
Android 8.1	Versión mínima del sistema operativo de los dispositivos electrónicos donde puede correr la aplicación

Para el diseño de la App se seleccionaron 12 actividades previamente analizadas y que fueran modelables en tecnología de Realidad Aumentada (AR) dentro de los tiempos del proyecto. Seguidamente se detalla la lista de dicha escogencia:

Nombre de la actividad	Imagen representativa
Triángulo de 10 discos	

Torre de Hanoi



Salto de la rana



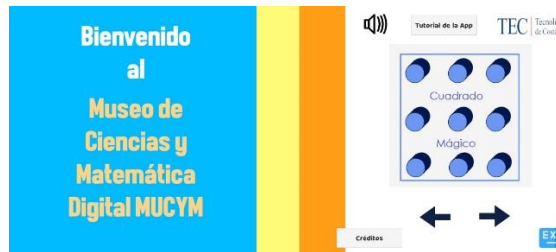
Cuatro ecuaciones



Haga una T



Cuadrado mágico



Deslice el cuadrado



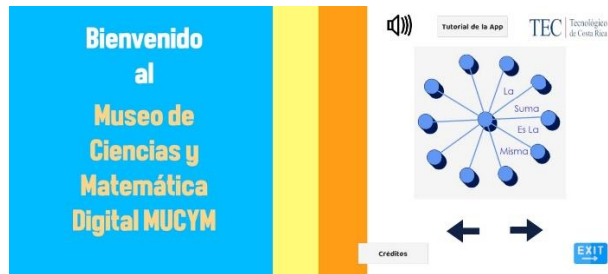
Rectángulo de puntos



Juego de rectángulo con bolinchas



La suma es la misma



Colocar 4 T en el marco



Deslizar las piezas



Para cada una de las actividades se debió generar una ficha técnica con su fundamentación pedagógica que contempla los siguientes aspectos:

- Nombre de la actividad
- Especificaciones
- Descripción
- Indicaciones de uso
- Foco de la actividad
- Público meta
- Área disciplinar
- Estado en la App
- Requerimientos de montaje y materiales
- Ilustración portada

La ficha técnica es el instrumento usado para priorizar las 12 actividades sobre las cuáles se adquirió el compromiso de modelar en este proyecto mediante Realidad Aumentada,

### **Pruebas técnicas de la App**

La App tuvo diferentes valoraciones en función de los tipos de pruebas técnicas realizadas. Seguidamente se resumen estas pruebas:

1. Pruebas unitarias y de sistema
2. Evaluación de experto
3. Pruebas de usuario
4. Fichas técnicas

### **Pruebas Unitarias y de Sistema**

Según Pressman & Maxim (2020) las pruebas unitarias se centran más de verificar las partes más pequeñas de código de forma aislada para garantizar que funcionan correctamente mediante simulacros (stubs) y su objetivo es validar que una unidad de código individual (como una función, módulo, clase o método) funciona para lo que fue creado. El trabajo se enfoca en probar estructuras tales como lógica interna, interfases internas, estados temporales y manejo de datos locales,

Por su parte, las pruebas de sistema se realizan cuando el software completamente integrado y su función es evaluar si todas las partes del sistema (incluyendo software, hardware, base de datos, redes y otros componentes) funcionan correctamente como un todo con coherencia. Estas pruebas se ejecutan después de las pruebas unitarias y buscan detectar error que emergen cuando el sistema funciona en conjunto. Los errores para detectar pueden ser de varios tipos tales como asociados al rendimiento, seguridad, estrés, usabilidad, recuperación o configuración. En el Anexo 5 se encuentran los resultados de dichas pruebas.

### **Evaluación de experto**

Estas son realizadas por un experto que en este caso fueron estudiante del plan de Licenciatura en Diseño Industrial que se imparte en nuestra institución en el Campus Central Cartago, esto como trabajo final del curso ID5512 Teoría de Interfases e Interactividad, bajo la supervisión de la extensionista Ph.D. Yoselyn Walhs

El objetivo de las pruebas fue comprender como los usuarios interactúan con la aplicación de realidad aumentada MUCYM con el fin de identificar áreas de mejora para hacer estas experiencias más accesibles y satisfactorias. Este análisis resultó útil tanto para desarrolladores de aplicaciones interactivas como para investigadores en el diseño de interfaces en entornos de realidad extendida.

#### *Valoración de expertos.*

Los estudiantes del curso de Teoría de Interfaces e Interactividad analizaron doce actividades de MUCYM aplicando principios de diseño y buenas prácticas de usabilidad y experiencia de usuario. Este tipo de evaluación, conocida como valoración de expertos, permitió identificar aspectos de la aplicación que podían resultar problemáticos para los usuarios en términos de interacción y calidad de la experiencia.

#### *Pruebas de usuario experto*

Mediante pruebas heurísticas, los usuarios resolvieron los ejercicios de la aplicación MUCYM y evaluaron tanto la usabilidad como la experiencia de usuario. Las tareas realizadas fueron:

1. Encuentre e inicie la aplicación MUCYM.
2. Busque las instrucciones sobre cómo usar la realidad aumentada.
3. Regrese al menú principal e inicie el juego Salto de la rana (Herradura). Intente ganarlo; si se queda sin movimientos disponibles, reinicie el juego.

4. Una vez que haya ganado o se haya rendido, vuelva a la pantalla de inicio y busque el juego Dominó.
5. Inicie Dominó e intente ganarlo. Si llega a un punto muerto, reinicie el juego o regrese a la pantalla inicial.
6. Desde la pantalla principal, localice el juego Ecuaciones y ejecútelo. Intente ganarlo; si siente que cometió un error, reinicie o vuelva a la pantalla de inicio.
7. Finalmente, busque el botón de salida y cierre la aplicación.

Además, los usuarios llenaron el cuestionario SUS (System Usability Scale). El objetivo de este cuestionario es evaluar el nivel de satisfacción y usabilidad de la aplicación MUCYM. Se presentó una serie de afirmaciones y la persona usuaria deberá indicar qué tan de acuerdo o en desacuerdo está con cada una de ellas, utilizando una escala tipo Likert del 1 al 5, donde 1 era totalmente en desacuerdo y 5 significaba totalmente de acuerdo.

El proceso fue ejecutado por un equipo de trabajo con roles claramente diferenciados, tal como se detalla en la página 2 del documento: una moderadora guiaba la sesión y explicaba la dinámica, una camarógrafa registraba video y audio previa confirmación del consentimiento, dos observadoras documentaban tiempos, errores, gestos y comentarios, y una analista revisaba las grabaciones para contrastar y validar la información obtenida.

Durante las pruebas los participantes realizaron una serie de tareas estructuradas asociadas a dos juegos: *Acuarela* y *Azul/Rojo*, seleccionados por ser representativos de los problemas observados en el análisis de expertos (Apéndice 6). Cada tarea fue registrada en una tabla que incluía el grado de cumplimiento (no lograda, incompleta o lograda con éxito), el tiempo empleado, los gestos utilizados (tap, deslizar, rotar) y el tipo de errores cometidos: informativos, de jerarquía, de gesto o de razonamiento (Apéndice 6). Además, cada sesión incluyó la aplicación del cuestionario SUS (System Usability Scale), cuyos resultados se procesaron según la metodología estándar para determinar la percepción general de usabilidad del sistema (Apéndice 6).

El proceso fue grabado con autorización de los usuarios, lo que permitió realizar un análisis cualitativo detallado del lenguaje verbal y no verbal, identificando patrones de comportamiento asociados a dificultades de interacción. La estrategia metodológica combinó así observación directa, registro sistemático y medición cuantitativa, logrando un análisis comprensivo de la experiencia de uso de la aplicación.

### **Pruebas de usuario meta**

Se realizó una pre-gira a los colegios de CTP Guatuso,, Liceo Katira, CTP Los Chiles y Liceo el Pavón con la finalidad de solicitar los permisos del estudio, explicar la metodología a seguir y ver la disponibilidad de disponer de una muestra de estudiantes.

Seguidamente se detallan los aspectos más relevantes de la metodología implementada:

**Requerimientos solicitados al colegio:** un espacio con mesas para trabajo para trabajar con la muestra de estudiantes.

**Duración aproximada del taller:** 1 hora y 30 minutos.

**Muestra:** 15 estudiantes de noveno año por cada institución. Esta condición fue a solicitud de las direcciones, porque los otros estudiantes se encontraban con una agenda académica más comprometida.

**Sobre el taller:** el equipo de extensionistas junto con al menos 4 asistentes se presenta con antelación en la institución. Toda vez llegado al espacio de trabajo, se organiza este para trabajar en dos grupos: los que resolverán los retos con de forma física y los que los resolverían usando la App. La muestra se divide en dos grupos, quienes trabajarán la mitad del tiempo en cada una de las modalidades del juego, ambos grupos en diferente orden (físico-virtual y virtual-físico). Con el consentimiento de la institución y los estudiantes, se tomaron fotografías como evidencia, así como un registro de asistencia.

Al concluir la actividad, cada estudiante completaba un formulario de evaluación que estaba dividido en tres secciones:

1. Evaluación de la herramienta: se utilizó un bloque de 11 argumentos para evaluar la App mediante escala de Likert a partir de un instrumento validado por Kirakowski (1995) y que ha sido estandarizado para este tipo de productos tecnológicos.
2. Comparación de experiencias: en esta sección se les da una serie de 10 argumentos asociadas a la experiencia vivida, donde el estudiante tendrá que seleccionar su preferencia entre si el argumento es de su preferencia para la App, para el juego físico o ambos por igual.
3. Mirada a futuro: esta última sección consta de la valoración mediante escala de Likert de 8 argumentos relacionados con si conoce productos similares en el mercado, si la recomendaría a otros usuarios, si ve potencial de aprendizaje, entre otros aspectos.

El instrumento aplicado se encuentra disponible en el Anexo 6 y el análisis de los resultados se detallan en el artículo enviado a la revista Educare (actualmente en revisión) disponible en el Anexo 2 y en la sección de resultados de este informe.

### **Exhibiciones del Mucym**

Para las exhibiciones del Mucym se trabajó a partir de invitaciones especiales que nos hicieron llegar, entre ellas visitar la comunidad del cantón central de Upala durante el 2023, invitaciones a finales de ferias científicas regionales organizadas por el MEP,

colaboraciones con otros proyectos como Campamento de la Niña, la Ciencia y la Tecnología y Niñas Supercientíficas.

El siguiente cuadro resume las giras realizadas, se pueden encontrar las fotografías y otras evidencias en el Anexo 4:

<b>Lugar</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
CTEC	31-3-2023	Atención especial a grupo de estudiantes del colegio Mundo Unido, Santa Ana, San José
Gimnasio comunal Upala	Del 8, 9 y 10 de noviembre, 2023	Atención de escolares, estudiantes de secundaria y universitarios
Villa Andrea, Alajuela	1-3-2024	Atención especial a grupo de estudiantes del colegio Mundo Unido, Santa Ana, San José
CTEC	9-3-2024	Día le la Niña Supercientífica, TEC San Carlos
Nicoya	8-3-2024	Campamento de la Niña, Ciencia y Tecnología
El Campo, Ciudad Quesada	28-9-2024	Feria Científica Regional DRESAC y visita de estudiantes de la Escuela El Campo de niveles de tercero a sexto grado.

A lo interno del MUCYM se desarrolla un trabajo planificado en conjunto con el equipo de asistentes, el cual contempla tanto la creación de nuevas actividades como el mantenimiento y la reparación de actividades existentes que presentan un deterioro progresivo como resultado de su uso continuo y del paso del tiempo. Este proceso requiere una planificación anticipada para la adquisición de materiales y materia prima, indispensable para garantizar la reposición, reparación o mejora de los recursos utilizados en las actividades que se ofrecen al público.

Durante la realización del proyecto, se elaboró una propuesta de diseño de actividades de construcción mediante el uso de impresión 3D. Estas actividades corresponden a retos de construcción tipo rompecabezas, en los que las piezas deben ensamblarse

entre sí para dar forma a una figura específica, tales como el cubo soma, triángulo–hexágono, triángulo de discos, construye una “T” o construye una pirámide. La finalidad de esta propuesta es ofrecer, en el corto plazo, la posibilidad de que el público adquiriera algunos de los juegos que se exhiben durante las presentaciones del museo, para utilizarlos en el hogar como espacios de aprendizaje y convivencia familiar, así como piezas que cumplan con criterios de calidad, seguridad y diseño estético.

## 9. Valoración general de los resultados obtenidos

[

Contar con actividades diseñadas en realidad aumentada que se incorporan al Mucym, es un aporte valioso para llegar a más personas sin que medien condiciones físicas. Desde utilizar la App del Mucym en un viaje en bus, compartir con amigos un reto en el teléfono y hasta contar con un recurso didáctico atractivo para los estudiantes, es una ventaja que el museo en físico carece. De ahí que se considera de gran ayuda el haber alcanzado el diseño de 12 actividades del museo que se agrupan en una app que puede llegar a usarse sin requerir internet, creando facilidades de alcanzar a más personas y motivarlos a cumplir desafíos de ciencias y matemáticas.

Para cada una de las actividades se diseñó una ficha técnica que representa un apoyo para quienes deseen conocer más a fondo el foco de las actividades, los contenidos que estas abarcan, así como características generales de cada actividad en la aplicación. Estas fichas técnicas van a servir de referencia a docentes y asesores de instituciones educativas. Incluso para las familias o la población en general que deseen utilizar la App.

Las visitas del Mucym en distintas actividades permitieron la interacción de niños, jóvenes adultos, incluso adultos mayores, quienes contaron con la oportunidad de enfrentarse con actividades científicas y matemáticas poniendo a prueba su creatividad y conocimiento. Algunas de las participaciones se realizaron en coordinación con instituciones de las comunidades: municipalidad, escuelas, colegios, el Ministerio de Educación Pública, así como colaboraciones entre proyectos promovidos desde el Instituto Tecnológico como lo son: Niñas Supercientíficas y el Campamento de la Niña y la Ciencia.

El Mucym y su aplicación, tanto la versión en físico como la virtual, pretende hacer continuidad de los logros alcanzados en tonta que sigue formando parte de otro proyecto que se enmarca en la promoción de la educación STEAM siendo un apoyo para diversas instituciones y docentes, principalmente las que forman parte de la estrategia de centros educativos STEM implementada por el MEP.

Es de vital importancia mencionar que se realizó un estudio comparativo sobre la percepción de usuario al trabajar actividades del Mucym en modalidad física versus modalidad virtual a partir de la App Mucym Digital, que es uno de los productos generados. Dada la relevancia de los hallazgos para el grupo de extensionistas y la continuidad del presente proyecto, en los siguientes párrafos se hace una descripción con mayor detalle de

la muestra participante, la metodología utilizada en el estudio, así como los resultados que se derivan de la investigación.

**Detalle del estudio comparativo realizado.**


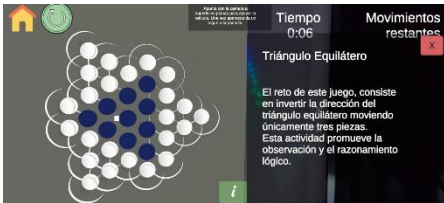
El estudio se enmarca en el enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, con corte experimental. Se desea describir la percepción de la preferencia entre el uso de tecnología de realidad aumentada y el uso de material concreto de las actividades en físico del Mucym, así como conocer las ventajas y desventajas que identifican los usuarios al interactuar con las mismas.

La muestra la conforma un grupo de 39 estudiantes de los colegios de Pavón de Los Chiles, el Liceo de Katira de Guatuso y el Colegio Técnico Profesional de los Chiles, ubicadas en zonas rurales del Norte de Costa Rica con bajo índice de desarrollo económico de Costa Rica, según MIDEPLAN. Estos alumnos, de los cuales 19 son mujeres, tienen entre 15 y 17 años, cursan el noveno año de la secundaria y se caracterizan por no haber sido expuestos con anterioridad a las actividades del Mucym. Los participantes fueron elegidos a conveniencia por profesores orientadores de cada una de las instituciones. Más detalles sobre la metodología empleada se encuentra detallada en sección de *Pruebas de usuario meta* de la *Estrategia de Abordaje* de este informe.

Por razones de tiempo de disponibilidad de los participantes en el estudio, se seleccionó una muestra de solamente 6 actividades con la finalidad de poder ajustar el estudio a los tiempos de interacción. No hubo un criterio técnico para seleccionar la muestra de actividades, pues todas, con la excepción de dos de ellas, al momento del estudio ya contaban con pruebas de usabilidad y eran funcionales para el trabajo. La tabla 1 resume las actividades seleccionadas:

**Tabla 1**

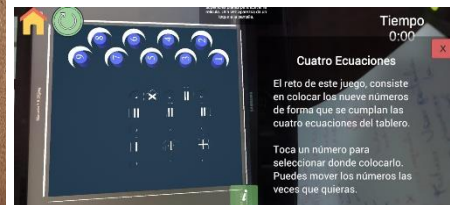
*Listas de actividades de material concreto que fueron modeladas con tecnología de Realidad Aumentada*

Actividad	Actividad en físico	Actividad Realidad Aumentada
<p><b>Triángulo de 10 discos:</b> El reto es mover cualquier vértice del triángulo a su lado opuesto, cambiando la dirección de este. Solo puede mover 3 discos.</p>		

**El salto de la rana:** Solo se permite un movimiento de bolincha a la vez, una bolincha de un color puede saltar una bolincha de otro color, no se permiten movimientos en reversa y deben llevarse todas las bolinchas de un mismo color desde un extremo al otro.



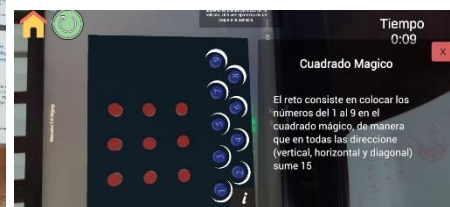
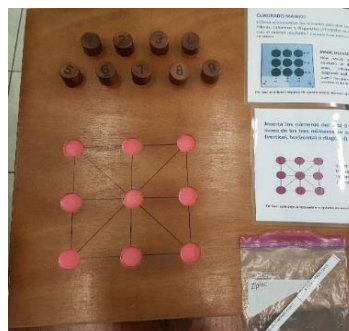
**Cuatro ecuaciones:** El reto consiste en colocar los números del 1 al 9 en el tablero de manera que todas las ecuaciones que ahí se indiquen sean verdaderas



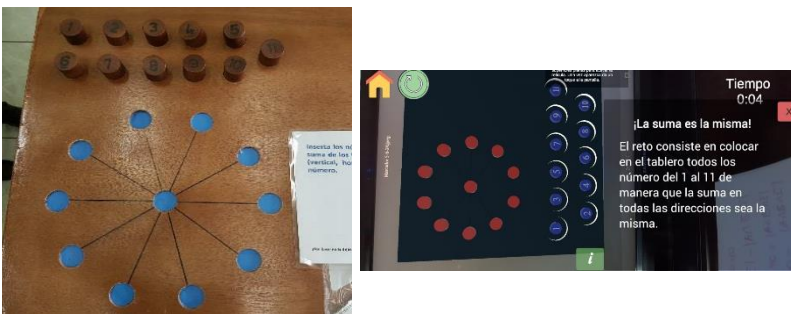
**Desliza el cuadrado:** El reto consiste en mover las diferentes piezas de manera que la pieza rectangular quede en el centro rodeada por las piezas de escuadra en cada una de las esquinas.



**Cuadrado mágico:** El reto consiste en colocar los números del 1 al 9 en el cuadrado mágico, de manera que en todas las direcciones (vertical, horizontal y diagonal) sume 15.



**La suma es la misma:** El reto consiste en colocar en el tablero todos los números del 1 al 11 de manera que la suma en todas las direcciones sea la misma.



Para conocer la opinión de los estudiantes que conformaron la muestra, se realizó una convocatoria en la que pudieron interactuar con las actividades del museo anteriormente señaladas en ambas versiones: física y en la app (realidad aumentada). Después de la actividad se solicitó a los participantes que llenaran un instrumento de evaluación al que llamaremos cuestionario. A continuación, se describen los resultados obtenidos acerca de la percepción de los participantes del estudio en diversos temas relacionados con la usabilidad de la app. Para mayor detalle acerca del instrumento aplicado refiérase al anexo 6 de este informe.

**Percepción con respecto a la actividad presentada en la App del Mucym.**

Con respecto a la opinión de los estudiantes acerca de la App del Mucym se indagó sobre aspectos como la facilidad del uso del App y el gusto por utilizarla. Seguidamente en la tabla 2 se muestra un resumen de las respuestas de los participantes. Con respecto al análisis se considerará dentro de la categoría aceptable las tres valoraciones superiores (respuestas del 3 al 5) o inferiores (respuestas del 1 al 3), según sea el caso de acuerdo con la frase. Adicionalmente se debe tomar en cuenta que el instrumento pregunta aspectos similares en varios de los argumentos, pero usando una redacción diferente, esto con la finalidad de ver la consistencia de opinión por parte del encuestado.

**Tabla 2**

*Percepción de las personas estudiantes en relación con su experiencia usando la App del Mucym*

Argumento	1	2	3	4	5	Respuesta positiva (%)
1. Me gustaría usar el App mucho más	2	1	12	13	11	92,31
2. La App fue muy complicada de usar	14	5	12	5	3	79,48
3. Creo que la App fue fácil de usar	0	3	14	11	11	92,31

4. Creo que necesito ayuda para jugar con el App	12	5	10	8	4	69,23
5. Yo sabía que debía hacer cuando jugaba con el App	5	5	11	12	6	74,36
6. Muchas cosas en la App no tenían sentido	21	8	5	1	4	87,18
7. Mis amigos aprenderían fácilmente a jugar con el App	3	1	9	16	10	89,74
8. Para jugar yo tenía que hacer muchas cosas raras	21	8	2	5	3	78,49
9. Me siento orgulloso u orgullosa de como jugué con el App	1	9	17	12	0	74,36
10. Tuve que aprender muchas cosas para jugar con el App	8	3	18	7	3	74,36
11. Necesitaría aprender muchas cosas nuevas antes de poder usar el App Mucym	14	4	10	6	5	71,79

De acuerdo con la tabla 1 en relación con la dificultad para usar la App se observa una respuesta positiva, es decir, que no resultó muy difícil para la mayoría (ver argumento 2,3 y 4), Sobre la claridad de las instrucciones los argumentos 5 y 6 muestran una valoración bastante positiva a favor de que el usuario pudo comprender lo que se le solicitaba hacer. Del argumento 8 al 11 se desprende la idea de que las personas participantes no sintieron que durante la experimentación tuviesen que aprender algún elemento nuevo inesperado y finalmente, se observa que en el argumento 7 que esta facilidad de uso de la app se extrapolaría a otros usuarios similares y en el argumento 1 muestran en su mayoría satisfacción con la experiencia de usar la App.

*Comparación del uso de la aplicación del Mucym con respecto a la actividad en físico del Mucym.*

Se consultó a las personas participantes acerca de la preferencia del reto con respecto a la modalidad utilizada, es decir: físico o virtual. La tabla 3 resume las respuestas de emitidas en función de los argumentos que les fueron presentados.

**Tabla 3**

*Preferencia de los usuarios por la interacción con las actividades del Mucym en formato físico o virtual, según ciertos aspectos de valoración*

Argumento	App	Físico	Ambas similares
-----------	-----	--------	-----------------

Facilidad para manipular los objetos	1	<b>27</b>	11
Me permite mayor concentración para resolver los retos	2	<b>27</b>	10
Diseño, colores, sonido, en general la estética	16	12	11
Facilidad de traslado o transporte	11	<b>16</b>	12
Facilidad de jugar con otros	9	<b>19</b>	11
Más divertida	3	<b>22</b>	14
Claridad de las instrucciones	9	<b>15</b>	15
Compartir la actividad con amigos o familiares cercanos	7	<b>18</b>	14
Compartir la actividad con amigos o familiares lejanos	<b>23</b>	9	7
Costos para adquirirla	12	13	<b>14</b>
Facilidad para manipular los objetos	1	<b>27</b>	11

Se aprecia que las actividades en físico son preferidas en aspectos como facilidad para manipular los objetos, facilidad de lograr concentración, lo consideran más divertido y sencillo para jugar con otros usuarios; mientras que la realidad aumentada gana ventaja sobresaliente en los aspectos asociados al diseño, sonido y estética; y la facilidad de compartir la actividad con amigos y familiares lejanos. Los restantes aspectos como facilidad de traslado, claridad de las instrucciones y los costos para adquirirlas, fueron considerados similares para ambas modalidades con una leve tendencia hacia los objetos en físico.

### **Razones asociadas a la preferencia por la modalidad en físico o virtual.**

En el estudio se consideró importante, además de conocer las preferencias de uso de la realidad aumentada o el material concreto, indagar sobre las razones de dicha inclinación. Se le consultó a la muestra de participantes sobre cuál de las modalidades para las diferentes actividades con las que habían interactuado, era la preferida. Seguidamente se muestran los resultados:

### **Figura 2**

*Preferencia por tipo de modalidad de diseño de las actividades del Mucym de parte de las personas estudiantes, según experiencia de interacción*



Primeramente, se observa en la figura 2 un tendencia de preferencia por las actividades en su versión en físico con respecto a al formato virtual mediante la tecnología de VR, es decir, haciendo uso de la App del Mucym, sin embargo, si consideramos que, el 7,7% que prefirió exclusivamente la App más el 38,5 % que tendría igual preferencia por ambas modalidades, se tendría un 46,2 % de potenciales usuarios interesados en usar la App, lo cual es un porcentaje que no se puede desestimar dentro de las pretensiones de este proyecto. Otro aspecto para considerar es que esta opinión se da en función de que, por las condiciones del entorno, se cuente siempre con ambas opciones disponibles, pero claro está que esta no es la realidad para la mayoría de las personas que no tienen o no han tenido acceso a la experiencia del Mucym en físico.

La siguiente tabla resume los tipos de respuesta emitidas por los usuarios que escogieron como preferible los objetos en físico.

**Tabla 4**

*Razones dadas por las personas participantes en relación con su preferencia por las actividades en físico*

Categoría	Descripción	Ejemplos representativos	Frecuencia
Facilidad de uso y manipulación	Lo físico se percibe como más sencillo de manipular, entender y jugar	“Es más fácil para manipular”, “Es muy práctico”, “Se me hizo más fácil”	10
Mayor concentración y claridad visual	Se logra mayor enfoque y mejor comprensión visual del contenido	“Uno se concentra más”, “Más atención”, “Se ve más claro”, “Me concentro más”	9

Experiencia más divertida y agradable	Lo físico se asocia con diversión, belleza o agrado emocional	“Es más divertido”, “Me gustan más en físico”, “Estaba muy linda”	6
Dificultades técnicas con la app	Mención de fallos, trabas o menor calidad visual en la aplicación de RA	“Se me bugueaba”, “Difícil ver los colores”, “Se ve muy negro”, “Era complicada”	8
Valor del contacto físico y lo tangible	Relevancia del uso de las manos, lo sensorial y lo tangible para pensar o conectarse con la tarea	“Permite pensar con las manos”, “Tocar permite conectar con el mundo”	4

De la tabla 4 se percibe que las actividades en versión física proveen mayor facilidad de uso, permite el logro de mayor concentración, crean una experiencia divertida y da más valor al contacto físico o los objetos tangibles. Cabe destacar que la categoría titulada “Dificultades técnicas con la app” sugiere una preferencia por la actividad en físico debido a algunos problemas técnicos que los participantes tuvieron con la App.

Las personas estudiantes que prefirieron la App indican que les llamó más la atención y por la facilidad que tienen de llevar su teléfono celular a todas partes donde vaya.

Finalmente, de las personas que no tuvieron preferencia por alguna de las modalidades, 6 indicaron que ambas plataformas se complementan, 5 señalaron que permite aprender cosas diferentes de ambas, 6 mencionaron que es ambas son divertidas y sencillas de usar.

### Respecto a la percepción del uso de la App del Mucym en futuros escenarios

Se indagó en la prueba acerca de posibles usos de la aplicación tanto a futuro como en la actualidad. En la siguiente tabla se resume la percepción de los usuarios en relación con diferentes argumentos que se le plantearon para valorar mediante una escala de Likert.

**Tabla 5**

*Percepción de las personas estudiantes en relación con posibles beneficios y usos en actividades futuras*

Argumento						Respuesta
	1	2	3	4	5	positiva (%)

1. Me gustaría que usaran este tipo de actividades en las clases de matemática	0	2	5	16	16	94,87
2. Este tipo de Apps se deberían promover entre los jóvenes	0	2	4	20	13	94,87
3. Las actividades de la App ayudan a mejorar la capacidad de razonamiento de las personas	0	3	4	14	18	92,31
4. Estaría dispuesto (a) a descargar la App para resolver los retos cuando esta esté terminada	1	1	8	19	10	94,87
5. Recomendaría a otras personas que utilizaran esta App	1	4	5	16	13	87,18
6. Las actividades de la App son entretenidas, captaron mi atención	1	3	7	17	11	89,74
7. NO me gustaría resolver más retos similares usando realidad aumentada	20	7	3	2	7	76,92
8. Conozco otras Apps similares en el mercado que son mejores	17	7	11	2	2	89,74

A pesar la preferencia de las actividades por la modalidad en físico, las personas estudiantes dieron una valoración positiva importante sobre los posibles usos de la App. Un alto porcentaje de los participantes les gustaría que en sus clases de matemática se realizaran actividades de este tipo, que es un tipo de actividad que debería promoverse entre la población joven, sienten que las actividades los retó a estimular el pensamiento lógico y razonamiento, manifiestan anuencia a descargar la versión final de la App toda vez que esté concluida, les resultó entretenida la experiencia e indican que con su conocimiento previo en otros videojuegos, no conocen o al menos hay escasas opciones en el mercado de actividades de esta naturaleza y con estos fines didácticos.

### Oportunidades de mejora de la App del Mucym

La versión de App del Mucym que se trabajó con la muestra de personas estudiantes era una versión preliminar,-una vez que el proyecto concluyó, se tuvo la versión completa con 12 actividades y mejoras incorporadas.

En esta versión preliminar las personas participantes del estudio se señalaron mejoras asociadas a los colores de los objetos de VR y mejorar las funcionalidades para mover los objetos, ambas recomendaciones fueron comunicadas a los diseñadores y programadores para su respectiva valoración.

Por otra parte, en tabla 3 se evidencia una tendencia por parte de los sujetos del estudio sobre la ventaja que ofrece la actividad en físico para interactuar con otros usuarios. En este sentido se valorará la posibilidad de que el Mucym cuente en un futuro con pantallas táctiles que, a diferencia de un smartphone permitiría la posibilidad de generar esa interacción colectiva al resolver los diferentes retos.

### **Algunas conclusiones**

Se perciben preferencias hacia el material concreto en madera, debido a la facilidad de manipulación y mayor concentración al resolver la actividad. Esta idea se refuerza con el hecho de algunas personas participantes manifiestan que la actividad es más divertida y su uso es igual de fácil que con la realidad aumentada. Incluso un estudiante hizo mención del slogan Piensa con las manos.

Las actividades en físico siguen siendo preferidas para realizar actividades con otras personas cuando están cerca, mientras que la aplicación es mejor cuando se quiere compartir con acompañantes que se encuentran en lugares lejanos.

La mayoría de las personas participantes se mostraron anuentes a descargar y recomendar la App. De ahí se puede sugerir que, aunque la experiencia inicial con el material físico fue preferida, la realidad aumentada tiene un alto potencial para ser una herramienta educativa valiosa y motivadora en matemáticas, especialmente si se abordan las oportunidades de mejora identificadas por los estudiantes, como la facilidad para controlar objetos, la adición de acertijos tridimensionales y mejoras en la calidad gráfica.

La versión física del Mucym sigue gozando de una buena valoración por parte de las personas estudiantes por su interactividad tangible, claridad y capacidad para fomentar la concentración y la colaboración. No obstante, la Realidad Aumentada presentada en la App del Mucym es percibida como una herramienta educativa atractiva para las clases de matemáticas debido a su potencial para mejorar el razonamiento y la motivación, siempre y cuando se optimicen sus aspectos de usabilidad y diseño para igualar la fluidez y la experiencia colaborativa que ofrece el material concreto.

## **10. Logro del propósito y los componentes**

<b>Propósito (objetivo general):</b>	<b>Contribuir con el mejoramiento de las habilidades STEM por parte del ciudadano a través de la interacción de este con actividades de construcción, visualización y razonamiento, diseñadas tanto en material concreto como con tecnología de realidad aumentada.</b>		
<b>Componentes (objetivos específicos)</b>	<b>Indicador</b>	<b>% de logro</b>	<b>Comentarios</b>

<p>C1. Diseño de una APP que simule un ambiente homólogo al Mucym, con actividades diseñadas bajo la tecnología de realidad mixta</p>	<p>1. Al menos 12 actividades en la APP funcionando</p> <p>2. Al menos 12 Test de usabilidad y de experiencia aplicado a cada actividad</p>	<p><b>100</b></p>	<p><b>App Mucym Digital cuenta con las 12 actividad probadas</b></p> <p><b>Evidencias en Anexo 1</b></p>
<p>C2. Realización de un estudio comparativo entre las percepciones que despierta en el usuario realizar una actividad del Mucym en físico con respecto a la misma actividad en realidad mixta</p>	<p>1. Artículo publicado o al menos aceptado para ser publicado</p> <p>2. Al menos 30 instrumentos aplicados</p>	<p><b>100</b></p>	<p><b>Se envió un artículo a la revista <u>Educare</u> con indexación en Scielo, pero aún no se ha recibido respuesta de su aceptación (envío 15 de junio de 2025).</b></p> <p><b>El estudio comparativo se hizo mediante un Google Form en línea, se obtuvieron 39 respuestas. El análisis de este estudio está contemplado en el artículo enviado.</b></p> <p><b>Se aceptó un artículo y se realizó una ponencia en el VII Congreso de Extensión de AUGM, realizado en Mar del Plata, Argentina en noviembre 2024. La publicación de la memoria del evento aún no se ha realizado</b></p> <p><b>Evidencias en Anexo 2</b></p>
<p>C3. Diseño de las fichas técnicas de cada una de las actividades de realidad mixta</p>	<p>100% de las actividades de</p>	<p><b>100</b></p>	<p><b>Cada una de las actividades de la App cuenta con su</b></p>

	la APP cuentan con ficha técnica		<p>respectiva ficha técnica, que representa la fundamentación didáctica que justifica la elección de esa actividad para la App.</p> <p><b>Evidencias en Anexo 3</b></p>
C4. Implementación de la APP en las comunidades de la zona de influencia del proyecto.	<p>1. 100% de las actividades implementadas en las zonas de influencia</p> <p>2. Al menos 100 descargas de la App realizada por visitantes</p>	<b>80</b>	<p><b>La App fue implementada durante las pruebas de usabilidad y el estudio comparativo que se hizo con estudiantes de noveno año de los colegios de Liceo de Katira, CTP Los Chiles y el Liceo El Pavón, sin embargo, las descargas que se realizaron están sujetas a la muestra (aunque se les dio la posibilidad de compartirla con compañeros, no se tendría control de ese número).</b></p> <p><b>Se tuvo que pedir una extensión de tiempo para realizar unas mejoras a la App, las cuales se terminaron muy justas dentro del tiempo solicitado y no se pudo hacer la divulgación apropiada para completar el compromiso de 100.</b></p> <p><b>Se está por implementar un plan de divulgación en las redes sociales del Mucym y a través de la Dirección Regional de Enseñanza de San Carlos.</b></p>
C5. Divulgación de la ciencia y la matemática a través del	1. Al menos una gira	<b>100</b>	<b>Durante 2023 el Mucym realizaron 2</b>

<p>Museo Viajante de Ciencias y Matemáticas</p>	<p>durante el primer año y tres durante el segundo año</p> <p>2. Al menos una visitación al Mucym de 200 personas durante el primer año y 600 para el segundo año.</p>		<p><b>presentaciones (se anota asistencia):</b></p> <p><b>Upala: 563</b> <b>CTEC: 46</b></p> <p><b>En el 2024 se realizaron</b></p> <p><b>Alajuela: 45</b> <b>Nicoya: 53</b> <b>Campo, Ciudad Quesada (Estudiantes, padres de familia, docentes, de Feria Científica y de la escuela El Campo): 280</b> <b>CTEC Día Niña Supercientíficas: 250</b></p> <p><b>Evidencias en Anexo 4</b></p>
---	--	--	--

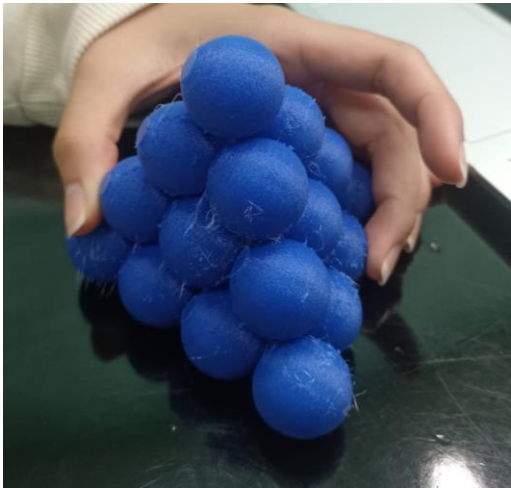
### 11. Logros no contemplados en el proyecto

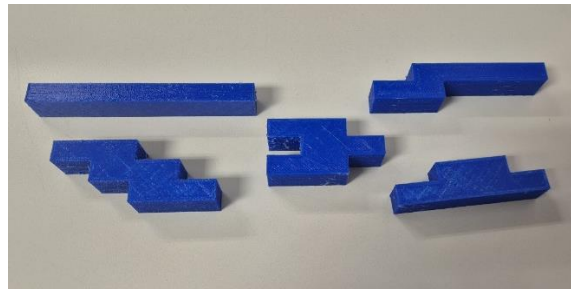
Se desarrollaron los diseños digitales de los objetos que conforman cada actividad del MUCYM seleccionada para tal fin, los cuales fueron previamente medidos y modelados a escala mediante un software especializado, con el fin de replicar cada pieza en formato tridimensional digital. Estos archivos digitales fueron posteriormente preparados y enviados a la impresora 3D utilizando el programa PrusaSlicer, para la fabricación física de cada componente de los juegos.

Con la colaboración del Laboratorio SIMTEC y K-labs se generaron prototipos de prueba usando diferentes filamentos de PLA para analizar colores, texturas, cantidad de material consumido, costos, tiempos de impresión, entre otras variables, para toma de decisiones futuro.

El objetivo de esta iniciativa es poder generar a corto plazo la venta de juego con sello Mucym al público, una solicitud recurrente durante cada exhibición que se realiza.

Seguidamente se comparten unas fotografías de los prototipos impresos, más detalles asociados a las pruebas técnicas, plan de negocio y planos 3D, se pueden encontrar en la sección de anexos 8.







## 12. Detalle de evidencias

Refiérase a las actividades realizadas que evidencien los logros que se alcanzaron.

Fecha de actividad/Gira/ reunión	Número de anexo / enlace / carpeta / respaldo digital
App Mucym Digital	Anexo 1
Publicaciones, fichas técnicas, divulgación	Anexos 2, 3 y 9
Giras realizadas	Anexo 4
Actividades de cursos	Anexo 7
Instrumentos aplicados en el estudio	Anexo 5
Diseños para actividades de impresión 3D	Anexo 8

### 13. Integración con la academia

Refiérase a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto orientadas a integrar las funciones sustantivas de la universidad, haciendo especial referencia a la docencia y a la participación estudiantil en sus diferentes condiciones.

Para tal efecto se recomienda utilizar las siguientes tablas, según corresponda:

Participación de estudiantes asistentes

Nombre del estudiante	Carrera	Actividades realizadas
Alvarez Olsen Fernando	Computación	Programación de los diseños 3D
Garro Campos Carlos Akion	Computación	
Alvarado Aguilar Steven Gerardo	Computación	
Urbina Silva Jean Carlos	Computación	
López Miranda Bryam Steven	Computación	
Quiros Maroto Alejandro Daniel	Computación	
Sánchez Ponce Mario Adrián	Computación	
Rojas Varela Joan Francisco	Computación	
Mejías Salas Víctor Gabriel	Computación	
Alvarez Rojas Arnold Jafeth	Computación	
Arguello Lara Brittany Jesús	Computación	
Sandoval Herrera Sergio Luis	Diseño Industrial	Diseños de objetos 2D, 3D y pruebas de usabilidad
Soto Abarca Nathalia	Diseño Industrial	
Coto Leiva Mariela	Diseño Industrial	
Goldoni López Jose Antonio	Diseño Industrial	
Rojas Porras Alvaro	Producción Industrial	Pruebas de usuario de la App Preparación de giras, atención de público, diseño
Marín Brenes Fabián	Producción Industrial	

Villalta Pérez Guadalupe	Producción Industrial	de actividades y labores de mantenimiento del Mucym,
Rojas Valera Melanny Adriana	Producción Industrial	
Oses Soto Melinna	Producción Industrial	
López Ortega Jordan	Producción Industrial	
Azofeifa Quirós Luis Andrés	Agronomía	
Serrano Roldán Joselyn Kaina	Producción Industrial	
Hidalgo Soto Jeulin Gerardo	Electrónica	

Participación de estudiantes con trabajos de grado y posgrado

<b>Nombre de obra</b>	<b>Tipo de obra (TFG, prácticas de especialidad, tesis)</b>	<b>Autores</b>	<b>Enlace al documento</b>

Participación de estudiantes de cursos de grado o posgrado

<b>Curso</b>	<b>Carrera</b>	<b>Objetivo del curso</b>	<b>Actividades realizadas (giras académicas, proyectos de cursos, actividades de clase)</b>	<b>Evidencias (enlace al documento)</b>
Teoría de las interfases y la interactividad	DI	Enfrentar el manejo al problema de la interfaces e interactividad	Proyectos de cursos	<b>Evidencias en Anexo 7</b>

		de los objetos		
Diseño de Experiencias de Aprendizaje	DI		Proyectos de cursos	<b>Evidencias en Anexo 7</b>

#### 14. Cumplimiento del plan de socialización y publicación

a. Estrategia de socialización de los resultados

Indique los productos y actividades de socialización generados en el proyecto, en un escenario y lenguaje comunes para la población meta y sociedad en general.

En cuanto a productos de socialización refiérase a: sistematización de experiencias, rendición de cuentas a la población meta, entre otros.

En cuanto a productos de divulgación refiérase a: memorias, audiovisuales, notas en medios de comunicación institucionales, regionales y nacionales, entre otros.

1. App MucymDigital: disponible en GoogleDrive, se ha compartido en varios eventos académicos
2. Estudio de percepción: permitió dar a conocer la App del MucymDigital en los colegios que forman parte de la población meta del proyecto
3. Noticias en redes sociales: redes sociales como Municipalidad de Upala, Proyecto Niñas Supercientíficas, Dirección Regional de Educación de San Carlos (Feria Científica)
4. Notas de prensa: se tiene una en proceso con la periodista del Campus San Carlos la sra. Telka Guzmán sobre la App MucymDigital (Ver Anexo 9 la información enviada), otras en Canal 14 asociada a otros eventos donde hemos colaborado, como Niñas Supercientíficas.

Evidencias de algunas de estas notas se puede encontrar en el Anexo 9. Seguidamente, se comparte un cuadro de notas de prensa junto con el enlace en línea para ver la nota.

Actividad en la que colaboró	Medio de comunicación	Enlace
Gira Mucym a Upala centro (2023)	Redes sociales de la Municipalidad de Upala	<a href="#">Muni01</a> <a href="#">Muni02</a>

Campamento de la niña, la ciencia y la tecnología (2024)	Nicoya, Guanacaste	<a href="#">Nicoya01</a> <a href="#">Nicoya02 video</a>
Día de las Niñas Supercientíficas (2024)	Canal 14: periódico digital y redes sociales	<a href="#">Super01</a> <a href="#">Super02</a>
Final Regional de Feria Científica, DRESC	Redes Sociales	<a href="#">FerCient01</a>

---

b. Estrategia de comunicación y visibilidad de los productos académicos

Enliste los productos académicos generados durante la ejecución del proyecto, especificando, para el caso de artículos en revistas si éstas se encuentran indexadas o no, y las bases de datos en que encuentran indexadas, cuando corresponda. Incluye documentos en revisión para ser publicados.

Para el caso de libros o capítulos de libros indicar si se cuenta con Consejo Editorial o no.

En caso de ponencias en congresos, especifique si estos contaron con comité científico.

Para tal efecto se recomienda usar la siguiente tabla:

Nombre de producto académico	Tipo de producto académico	Estado (aceptado por publicar y publicado)	Base de datos de indexación (cuando corresponda)	Nombre de evento, revista o editorial	Comité científico o y/o Consejo editorial (Si ó NO)
Mucym: de la realidad física a la realidad aumentada	Ponencia	Presentada		XIV Festival Internacional de Matemáticas	Sí <a href="#">Enlace</a>

Diseño y validación de experiencias de aprendizaje no formal de temas STEM en ambientes virtuales y físicos	Ponencia	Presentada		Encuentro académico: Una mirada a la investigación y extensión CTLSC	No
Museo Viajante de Ciencias y Matemáticas innova en estrategias para propiciar experiencias STEAM	Ponencia y artículo	Presentada. Aún se está a la espera la publicación de la memoria del evento		VII Congreso de Extensión de AUGM	Sí <a href="#">AUGUM 01</a> <a href="#">AUGUM 02</a>
Museo Viajante de Ciencias y Matemáticas: trascendiendo la experiencia STEAM en físico a entornos digitales mediante realidad aumentada (AR)	Ponencia	Presentada		XIX Congreso RedPOP 2025	Sí <a href="#">RedPOP</a>
Entre lo tangible y lo virtual: percepción estudiantil	Artículo	En revisión Fue recibido el 6-10-2025		Revista electrónica Educare, UNA	Sí <a href="#">Educare</a>

sobre el uso de realidad aumentada y objetos físicos en actividades del Mucym				Indexación: Scopus, Scielo, redalyc.org, DOAJ, latindex, Web Of Science,	
---	--	--	--	--	--

### 15. Ejecución Presupuestaria

Se deberá indicar el porcentaje de la ejecución presupuestaria que se logró en el proyecto. Para ello se debe considerar el monto de los recursos ejecutados más los recursos comprometidos, monto que se debe relacionar con el monto total asignado en cada uno de los años de período del proyecto. Además, se debe justificar cuando corresponda, la sub-ejecución presupuestaria.

CFCodigo	Objeto Gasto	Descripción	Presupuesto Ordinario	Modificaciones	Total Presupuesto	(Ejecución efectiva + Pagos enTránsito)	Compromisos	Precompromisos	Disponibles	%Ejecución
2161005	1-05-02-01	Viáticos dentro del país	0.00	151,000.00	151,000.00	140,525.49	0.00	0.00	10,474.51	93.06
			0.00	151,000.00	151,000.00	140,525.49	0.00	0.00	10,474.51	93.06

### 16. Limitaciones y problemas encontrados

Refiérase a los principales problemas encontrados que tuvieron un efecto significativo en la consecución del propósito y productos esperados. Considere las limitaciones de tipo técnico y administrativo tales como: necesidad de cambios en la estrategia de abordaje, desfases de tiempo, problemas surgidos con el equipo humano, limitaciones en la disponibilidad de la infraestructura, presupuesto y equipo, dificultades en trámites administrativos, problemas de coordinación con entes internos o externos.

Los diseños en Realidad Aumentada tuvieron algunos atrasos en su funcionalidad, por lo cuál este proyecto requirió solicitar una ampliación de tiempo un semestre adicional, para poder terminar la programación de las últimas dos actividades que eran Torres de Hanoi y Desliza el Cuadrado.

El problema deriva de que al inicio del proyecto se usó un marcador (que es un tipo de código impreso) cuya función era que cuando la App estaba en uso, al enfocar dicho marcador con la cámara este es interpretado por el sistema y muestra al usuario los objetos en 3D de la actividad. Luego, se pensó en cambiar esta tecnología por otra que no requería marcador, la cuál permitía visualizar lo objetos 3D de las actividades cuando la cámara del dispositivo electrónico detectaba una superficie plana, llámese el piso, una mesa, escritorio o similar.

Aunque en primera instancia la idea fue aprobada en función del beneficio de no requerir de un elemento adicional para ver los objetos, como ocurría con el marcador, cuando ya se contaba con 10 actividades funcionando, al realizar las pruebas técnicas se detectó que este tipo de tecnología consume muchos recursos de hardware porque la cámara debe estar constantemente censando el entorno para detectar la superficie plana, con esto, los dispositivos de gama media o baja, que es el típico usado por la población meta, no podían mostrar los objetos 3D de las actividades y comenzaban a recalentarse.

Lo anterior, obligó a tomar la decisión de retrotraer el proceso a la tecnología inicial del marcador porque sino se iba a estar generando una App para dispositivos de gama alta que estaba fuera del presupuesto de la mayoría de las personas de la población meta. Este cambio implicaba rehacer gran parte de la lógica de la programación y atrasó el trabajo que ya se tenía hecho.

En relación con la justificación y aprobación de la prórroga, se adjunta la información respectiva en el anexo 10.

## **17. Lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones**

Durante la ejecución del proyecto se realizó, por primera vez, una exhibición en Upala (2023) en la que se ofreció transporte mediante el bus institucional. Esta modalidad representó una diferencia significativa con respecto a exhibiciones anteriores, ya que permitió trasladar directamente a los grupos escolares desde sus centros educativos hasta el MUCYM y de regreso, facilitando su participación en la actividad.

Esta experiencia fue percibida como un elemento que fortaleció la cercanía y el sentido de identificación de los participantes con el Tecnológico de Costa Rica, especialmente en el caso de escolares que tienen pocas oportunidades de realizar giras educativas fuera de su institución. Para ellos, la visita al MUCYM constituyó una experiencia educativa significativa, con potencial de permanecer en su memoria.

No obstante, es importante señalar que no se aplicó un instrumento de evaluación específico para medir este efecto, por lo que estas apreciaciones no son concluyentes y se sustentan principalmente en observaciones del equipo del proyecto y en comentarios positivos expresados por las personas usuarias, particularmente docentes y escolares participantes.

La metodología fue más controlada en todos sus aspectos: los grupos se organizaron en cantidad manejables para la capacidad de atención con el que se cuenta, se pudieron realizar talleres con todos los niños como la creación de helicópteros y aviones de papel, lanzamiento de cohetes y luego un espacio discrecional para que ellos realizaran cualquier otra actividad de su preferencia. Es importante destacar que la organización de esta gira fue con tiempo y tuvimos un gran apoyo de parte de la Municipalidad de Upala para preparar toda la agenda de visitas, listas de estudiantes y coordinación con los centros educativos para que todo estuviese listo al momento de la visita del Mucym.

Otro aspecto para considerar es valorar la posibilidad de darle continuidad a la App en el futuro, de manera que esta pueda estar disponible en tiendas oficiales como Play Store de acceso para todos y no como actualmente se tiene mediante un enlace de descarga en la nube. Eso requiere seguir trabajando con los protocolos institucionales, pues se ha detectado que otros productos de este tipo asociados a otros proyectos tienen el mismo problema por asuntos de que la Institución no cuenta con el protocolo respectivo. Además, es importante seguir modelando otras actividades para ampliar las posibilidades de uso de la App, pero también, hacer actualizaciones de las actividades ya existentes a partir de las mejoras tecnológicas que van apareciendo con el tiempo.

Algo que faltó en este proyecto fue darle mayor divulgación a la App para que comience a ser usada por más usuarios, una deuda de este proyecto que se ha tratado de subsanar en el nuevo proyecto activo ProsSTEM. Otra oportunidad que se abre es generar un estudio sobre el impacto a nivel cognitivo que pueda tener para el usuario el utilizar cada una de estas actividades que ofrece la App con esta tecnología de Realidad Aumentada. Desde la neurociencia pueden abrirse oportunidades de investigación y ver si este tipo de actividades tipo retos, con características de juego y otros elementos pedagógicos contemplados en su diseño, ayudar a mejorar habilidades como la atención o las funciones ejecutivas de los usuarios.

Para finalizar esta sección, se detallan algunas interrogantes que podrían generar futuras propuestas de investigación extensión, como consecuencia de los resultados obtenidos en este proyecto:

- ¿Qué efectos tiene la participación en experiencias de aprendizaje STEM no formal (físicas y virtuales) en el interés, la motivación y la autoeficacia de niñas, niños y jóvenes hacia las ciencias y las matemáticas?
- ¿Existen diferencias significativas en el aprendizaje y la motivación cuando se utilizan actividades físicas tradicionales versus actividades mediadas por realidad aumentada?
- ¿Cómo influye la frecuencia de interacción con actividades STEM no formales en el desarrollo del pensamiento lógico-espacial y la resolución de problemas?
- ¿Qué elementos de diseño (narrativa, reto, visualización 3D, retroalimentación) resultan más efectivos para distintos rangos etarios?
- ¿Cómo contribuye la realidad aumentada al aprendizaje significativo en entornos no formales en comparación con recursos digitales tradicionales?
- ¿Qué barreras técnicas, cognitivas y contextuales enfrentan docentes y estudiantes en el uso de aplicaciones de AR en contextos educativos públicos?

## 18. Agradecimientos (opcional)

Aquí se agradece a la fuente de financiamiento (es obligatorio con algunas organizaciones), la colaboración de los estudiantes, asistentes técnicos, personas que colaboraron en el proyecto.

Un especial agradecimiento a todo el equipo de asistentes que estuvieron con nosotros a lo largo del proyecto, a los estudiantes que participaron en el estudio, así como las orientadoras y jefaturas de los colegios del CTP de Los Chiles, Liceo el Pavón, Liceo Katira y CTP de Guatuso, quienes amablemente nos brindaron toda la colaboración, aunque en este último no se pudo hacer el estudio, pero por razones fuera de su control propias de la remodelación del colegio.

Agradecimiento especial al laboratorio SIMTEC y K-Labs por permitirnos realizar los prototipos de actividades a manera de prueba usando sus impresoras 3D. Finalmente, a la dirección de Escuela de Ciencias Naturales y Exactas, por el apoyo con horas de asistencia especial en varios semestres del proyecto, lo que nos permitía contar con un asistente adicional para poder salir con los compromisos.

## 19. Referencias

En esta sección se indican las fuentes utilizadas en el proyecto. Debe existir una estrecha relación entre las citas referidas en el texto del documento y la lista de referencias o recursos utilizados para realizar el proyecto. Todas las citas y referencias del documento deben ser enlistadas en el texto utilizando el formato según la especialidad técnica de los extensionistas.

Ballester Alfaro, E., Castro Castro, A., Freer Paniagua, D., & Chanis Reyes, Ó. (2020). *Socialización de la matemática en las comunidades cabeceras de los cantones de Los Chiles y Guatuso mediante actividades interactivas y artísticas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

European Scrum. (2024). *Guía Scrum: Versión 1.0*. EuropeanScrum. [https://www.europeanscrum.org/uploads/2/4/5/1/24513648/guía\\_scrum\\_oficial.2024.v1.0\\_-\\_europeanscrum.org.pdf](https://www.europeanscrum.org/uploads/2/4/5/1/24513648/guía_scrum_oficial.2024.v1.0_-_europeanscrum.org.pdf)

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Ingeniería de software: Un enfoque práctico* (9.ª ed.). McGraw-Hill.

Kirakowski, J. (1995). *Evaluating Usability of the Human-Computer Interface*. In: Pflieger, S., Gonçalves, J., Varghese, K. (eds) *Advances in Human-Computer Interaction. Research Reports Esprit, vol 1*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-85220-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-85220-6_2)

## 20. Apéndices y anexos

Identifíquelos por número que responda a las actividades, puede anexar sus informes de gira, reunión o actividad, fotografías y listas de asistencia, según corresponda.

En el caso de los productos finales tales como: manuales, guías didácticas, u otro producto sujeto a publicación en los repositorios institucionales, se debe adjuntar el enlace respectivo. Incluir material como fotografías y audiovisuales, que se deriven de la ejecución del proyecto como tal o en colaboración de la Oficina de Comunicación y Mercadeo. Debe tomarse en cuenta que el informe es independiente de esta sección, esto es que, ante la ausencia de los anexos, la información contenida en el informe de proyecto no pierde claridad.

Seguidamente se comparte un resumen de los anexos de este informe:

<b>Anexo</b>	<b>Descripción</b>
1	Archivo Apk de la App del Mucym Digital, marcador y archivos fuente
2	Publicaciones
3	Fichas técnicas de las actividades de la App
4	Fotografías, vídeos y otros documentos asociados a cada una de las giras realizadas o participaciones en colaboración de otros eventos
5	Minutas de reuniones, informes de avance y otros documentos afines
6	Instrumentos aplicados en el estudio de pruebas de usuario final
7	Evidencias de estudiantes de cursos del TEC, donde se abordaron temas asociados al proyecto, entre ellas pruebas de usuario
8	Planos de juegos en 3D (archivos fuente), plan de inversión preliminar, informe técnico de diseño de juegos para impresión 3D
9	Notas de prensa y otros medios de divulgación
10	Documentos asociados a la prórroga de tiempo solicitada a la VIE