

COVER PAGE IN ENGLISH

(solo para artículos en español, portugués o francés)

From Classroom to Laboratory: How Classroom Ideas Become Prototypes that Inspire the Metamotivational Learning Experience

Claudia Vergara¹; Kasandra Navarrete²; Christopher Nikulin³

^{1,2,3}Universidad Alberto Hurtado, Chile. cvergara@uahurtado.cl, knavarrete@uahurtado.cl, cnikulin@uahurtado.cl

Abstract— This study explores the motivational impact of integrating playful didactic prototypes into science education, with a focus on secondary school contexts. The research is framed by user-centered design principles, active learning methodologies, and metamotivational theory, which distinguishes between telic states (goal-oriented) and paratelic states (process-oriented, playful, exploratory). The central objective was to assess whether tangible prototypes could transform classroom ideas into interactive tools that foster student engagement, curiosity, and intrinsic motivation.

Two physical prototypes were developed through a five-stage design process: (1) identification of pedagogical needs, (2) conceptual design using C-K (Concept–Knowledge) and FBS (Function–Behavior–Structure) models, (3) prototyping and technical validation via 3D printing and iterative testing, (4) classroom implementation with real students, and (5) evaluation through quantitative and qualitative methods. The first prototype was a 3D globe with removable tectonic plates, and the second was a tectonic simulator in a box that visually and physically represented subduction and mountain formation.

The evaluation involved 40 high school students divided into two case studies. Data were collected using the Telic/Paratelic Questionnaire, observational records, and semi-structured interviews. In Case 1 (3D globe), 70% of participants reported a paratelic state, with an average motivational activation score (T_PSI) of 45.15. In Case 2 (tectonic simulator), 100% of participants reported paratelic states, with a higher average T_PSI of 58.25. Statistical analysis (Student's t -test) confirmed significant differences in motivational activation between telic and paratelic groups, indicating that prototypes with higher sensory immersion and interactivity elicited stronger motivational responses.

Findings demonstrate that playful prototypes act as mediators of learning, fostering enjoyment, exploration, and emotional engagement. They transform abstract scientific phenomena into accessible and stimulating experiences, reinforcing the importance of incorporating gamification elements and UX (user experience) design into educational innovation. The study highlights that paratelic states are strongly associated with enhanced student motivation, creativity, and willingness to engage with complex content.

Limitations include the small sample size and logistical challenges of implementing prototypes in diverse educational contexts. Nevertheless, the results underscore the value of interdisciplinary collaboration between education and engineering faculties in developing scalable solutions. The study concludes that playful didactic prototypes represent a replicable strategy to enrich learning environments and support active methodologies. Future directions involve expanding prototype applications across disciplines, incorporating emerging technologies such as augmented reality, and developing didactic kits for widespread use in schools.

Keywords-- User-centered design, gamification, metamotivational theory, educational prototypes, student motivation

Del Aula al Laboratorio: Cómo las Ideas de la Sala de Clases se Convieren en Prototipos que Inspiran la experiencia Metamotivacional de Aprendizaje.

Claudia Vergara¹; Kasandra Navarrete²; Christopher Nikulin³

^{1,2,3}Universidad Alberto Hurtado, Chile. cvergara@uahurtado.cl, knavarrete@uahurtado.cl, cnikulin@uahurtado.cl

Este artículo explora el impacto motivacional de la incorporación de prototipos didácticos - lúdicos en la enseñanza de ciencias en educación primaria secundaria. A partir de un enfoque interdisciplinario que combina diseño centrado en el usuario, teoría de la motivación y metodologías activas de aprendizaje, se desarrollaron y evaluaron dos prototipos educativos físicos: uno basado en un globo terráqueo 3D que representa placas tectónicas, y otro que simula el levantamiento de cordilleras mediante el desplazamiento de placas en una caja. Ambos dispositivos fueron aplicados en contextos escolares con estudiantes de primero medio, utilizando un cuestionario tipo télico/paratélico para evaluar el estado motivacional alcanzado. Los resultados evidencian que el segundo prototipo, de mayor interacción sensorial, generó un 100% de respuestas en estado paratélico y una mayor puntuación promedio de activación motivacional. En contraste, el primer prototipo arrojó una distribución mixta entre estados télicos y paratélicos. Los hallazgos destacan el potencial de los prototipos lúdicos como mediadores del aprendizaje, capaces de promover la curiosidad, el disfrute y el compromiso activo de los estudiantes. Asimismo, se valida una metodología replicable para transformar ideas docentes en herramientas pedagógicas tangibles, aportando a la innovación educativa desde una perspectiva centrada en la experiencia del estudiante.

Keywords--Diseño, Prototipos, Educacion, Metamotivacion, prototipos

I. INTRODUCCION

La educación contemporánea enfrenta desafíos sin precedentes, acentuados por los efectos sociales y emocionales derivados de la pandemia del COVID-19 [1]. Entre estos retos, uno de los más significativos ha sido la desmotivación estudiantil, especialmente en contextos escolares formales [2]. Diversas investigaciones han demostrado que la motivación es un factor determinante en el éxito académico y en la construcción de aprendizajes significativos [3][4]. En este marco, los docentes no solo son mediadores del conocimiento, sino también agentes creativos capaces de identificar oportunidades de mejora pedagógica desde la experiencia directa en el aula.

En muchos contextos, las metodologías tradicionales de enseñanza resultan insuficientes para sostener la atención y el compromiso de los estudiantes, pero tampoco ayudan a la

comprendión de los fenómenos. Esto ha impulsado la búsqueda de enfoques innovadores que incorporen elementos más experienciales, sensoriales y participativos [5]. Una de estas estrategias emergentes es la ludificación o “gamificación” del aprendizaje, la cual propone integrar elementos propios del juego en el entorno educativo con el objetivo de fomentar la motivación intrínseca, el interés sostenido y el aprendizaje activo [6].

Al mismo tiempo, la teoría educativa ha avanzado en la comprensión de los estados motivacionales más allá de las simples categorías de motivación extrínseca e intrínseca. La teoría metamotivacional [7], por ejemplo, distingue entre estados télicos y paratélicos: el primero orientado al cumplimiento de metas y logros, y el segundo centrado en el disfrute del proceso mismo. Esta teoría resulta especialmente relevante para el diseño de experiencias educativas que no solo instruyan, sino que también inspiren, involucren y estimulen el pensamiento divergente.

En este contexto, el diseño de experiencias de aprendizaje centradas en el usuario —inspiradas en principios de la experiencia del usuario (UX)— se ha convertido en un paradigma emergente dentro de la innovación educativa. Desde esta perspectiva, los prototipos lúdicos pueden entenderse como productos intermedios que permiten vincular la abstracción conceptual con la exploración material y sensorial del conocimiento [8]. Más allá de la herramienta en sí, lo que se propone es una forma de aprendizaje en la que el estudiante se convierte en explorador activo de un fenómeno, y el docente en facilitador de experiencias estructuradas.

Por otra parte, las universidades tienen un papel clave en este escenario como espacios de investigación aplicada, de cocreación y de transferencia de conocimientos. En particular, la colaboración entre facultades de ingeniería y educación abre posibilidades de generar soluciones pedagógicas concretas, basadas en procesos iterativos de diseño y validación. Esta convergencia multidisciplinaria no solo contribuye a mejorar el aprendizaje escolar, sino que también fortalece las capacidades de los futuros profesionales de la educación y del diseño. Transformándose en un espacio de colaboración que desde la creatividad de los profesores, así como el trabajo ingeniería permiten la creación de productos que permitan mejorar el impacto en aula, así como el desarrollo de productos innovadores para el ámbito educacional.

En consecuencia, esta investigación se inserta en una línea que busca potenciar la transformación educativa desde el aula misma, a partir de la escucha activa a las necesidades docentes y del desarrollo de herramientas lúdicas que se alineen con principios motivacionales y experienciales. Es en este marco donde se exploran los prototipos educativos como catalizadores de nuevas formas de enseñanza y aprendizaje.

II. ESTADO DEL ARTE

1. Educación, creatividad docente y ludificación del aprendizaje

En la educación contemporánea, se reconoce ampliamente que el aprendizaje significativo requiere algo más que la exposición a contenidos [9]. Se necesita la activación de la motivación, la generación de experiencias memorables y la participación activa del estudiante en la construcción del conocimiento [10][11]. En este marco, el rol del docente ha evolucionado desde la simple transmisión de saberes hacia un perfil más dinámico: el del diseñador de experiencias educativas, capaz de diagnosticar necesidades y co-construir soluciones creativas junto a sus estudiantes [12].

En este sentido, la creatividad docente se transforma en un recurso pedagógico de alto impacto, especialmente cuando se aplica en la generación de materiales didácticos innovadores o en la reconversión de contenidos abstractos en actividades didácticas con componentes lúdicos y concretos [13]. Esto se potencia mediante la integración de la ludificación del aprendizaje, definida como el uso de elementos propios del juego (recompensas, retos, roles, narrativas) en entornos que no son juegos, con el fin de fomentar la motivación intrínseca y el compromiso cognitivo [6].

2. Teoría metamotivacional: estados télico y paratélico

Una de las bases conceptuales más relevantes para comprender cómo la ludificación puede impactar el aprendizaje es la teoría metamotivacional de Apter[7]. Esta teoría propone que las personas alternan entre distintos estados motivacionales, los cuales influyen en cómo perciben y responden a las actividades. Particularmente, se distinguen dos estados relevantes para el aprendizaje: el estado télico, orientado a metas, resultados y logros; y el estado paratélico, orientado al disfrute, la novedad y la espontaneidad.

En el estado télico, los estudiantes se enfocan en cumplir objetivos externos, como aprobar una prueba o completar una tarea. Si bien este estado puede favorecer la disciplina y el rendimiento bajo presión, también puede generar ansiedad cuando las expectativas son altas o el fracaso es inminente [7]. En contraste, el estado paratélico promueve una actitud lúdica, donde el aprendizaje se experimenta como un juego, lo que

disminuye la presión y aumenta la creatividad, la exploración y la apertura al error [14].

Los entornos de aprendizaje que estimulan el estado paratélico son especialmente útiles para la enseñanza de conceptos complejos o abstractos, ya que facilitan el engagement emocional y la disposición activa al descubrimiento [15]. En este sentido, los prototipos lúdicos permiten una inmersión en experiencias paratéticas al transformar fenómenos físicos o científicos en simulaciones interactivas.

3. Experiencia del usuario (UX) y diseño educativo centrado en el estudiante

Paralelamente, el enfoque de diseño centrado en el usuario (UX) se ha instalado como un paradigma clave en la innovación educativa [16]. En lugar de centrarse únicamente en la eficiencia del contenido o en la lógica disciplinar, este enfoque sitúa al usuario (en este caso, el estudiante) como eje principal del diseño de materiales, espacios y procesos de aprendizaje [17].

La UX en educación se basa en comprender las necesidades emocionales, sensoriales y cognitivas del estudiante para diseñar experiencias que generen satisfacción, fluidez y sentido. Herramientas como la Experience Map [8] permiten estructurar estas experiencias desde lo más abstracto (visión del producto) hasta lo más concreto (acabado sensorial del material). En el contexto educativo, esto significa diseñar prototipos que no solo funcionen técnicamente, sino que comuniquen significado, despierten curiosidad y motiven la acción.

Además, la aplicación del modelo C-K (Concept-Knowledge) o FBS (Function-Behavior-Structure) permite sistematizar el proceso de creación de prototipos desde un marco de diseño ingenieril, adaptándolo a necesidades pedagógicas [18]. De esta forma, el diseño de prototipos educativos se vuelve un proceso iterativo de exploración creativa y validación empírica, que permite traducir ideas docentes en productos concretos orientados a mejorar la experiencia de aprendizaje.

III. METODOLOGIA

Esta investigación adopta un enfoque metodológico mixto y exploratorio, fundamentado en principios del diseño centrado en el usuario, la teoría educativa y la evaluación motivacional. El objetivo general fue analizar el impacto de herramientas lúdicas prototipadas en la motivación estudiantil durante procesos de enseñanza-aprendizaje. Al mismo tiempo, basado en la creatividad de los docentes, se pudieron crear nuevos productos, los cuales tienen el objetivo de mejorar la experiencia de aprendizaje en aula.

Para ello, se definieron cinco etapas principales: (1) detección de necesidades pedagógicas, (2) diseño conceptual del prototipo, (3) manufactura y pruebas funcionales, (4)

implementación en el contexto educativo y (5) evaluación y análisis de resultados. A continuación, se detallan los procedimientos desarrollados en cada una de estas fases [22][23].

Etapa 1: Detección de necesidades pedagógicas

La primera fase se centró en la identificación de problemáticas educativas reales, surgidas desde la experiencia directa de docentes en sus prácticas pedagógicas. Esta etapa incluyó sesiones de análisis colaborativo, entrevistas y observaciones en aula, a fin de reconocer contenidos complejos, poco motivadores o de difícil representación en el entorno escolar [19].

El propósito de esta fase fue formular un desafío educativo significativo, definiendo qué aprendizajes deseados requieren nuevas formas de abordaje. La información recogida permitió establecer criterios para guiar las siguientes fases del diseño, tales como: el grado de abstracción del contenido, la motivación inicial del estudiantado, y las limitaciones contextuales del entorno escolar (tiempo, recursos, espacio, nivel escolar).

Etapa 2: Diseño conceptual de la herramienta lúdica

Con base en el desafío educativo planteado, se avanzó hacia la etapa de diseño conceptual utilizando modelos como el C-K (Concept-Knowledge) y el modelo FBS (Function-Behavior-Structure), los cuales permiten estructurar la generación de soluciones pedagógicas como un proceso sistemático e iterativo [18]. Este enfoque busca transitar desde la concepción abstracta del problema hacia una propuesta tangible, funcional y significativa para el usuario final.

Durante esta etapa se definieron los atributos que debía tener la herramienta didáctica lúdica: claridad conceptual, facilidad de manipulación, estimulación sensorial, coherencia visual y capacidad de representar fenómenos de manera dinámica. El diseño fue guiado por principios de la experiencia del usuario (UX), con énfasis en la usabilidad, accesibilidad, feedback intuitivo y estética motivadora [17].

El resultado de esta etapa fue el desarrollo de una solución conceptual que respondiera tanto a las necesidades de aprendizaje como a los principios lúdicos orientados a la participación activa del estudiante.

Etapa 3: Prototipado, manufactura y validación técnica

Una vez completado el diseño conceptual, se avanzó hacia la creación de prototipos funcionales mediante el uso de tecnologías de fabricación accesibles como impresión 3D, mecanizado, corte láser o manufactura manual asistida por computador (CAM). Se eligieron materiales acordes a criterios de durabilidad, seguridad y manipulación segura por parte del estudiantado. Cada prototipo fue sometido a un proceso

de validación técnica, que incluyó pruebas de ensamblaje, simulaciones de uso y ajustes estructurales. Estas iteraciones buscaron garantizar que la herramienta no solo fuera técnicamente funcional, sino también coherente con el propósito pedagógico y contenido disciplinar a tratar, pero también emocionalmente atractiva para su público objetivo [20]. Los aspectos evaluados incluyeron ergonomía, resistencia, calidad visual, y grado de interacción.

Etapa 4: Implementación educativa y recolección de datos

La cuarta etapa correspondió a la aplicación de la herramienta didácticas lúdica en un entorno educativo real. La implementación fue guiada por una planificación didáctica que integró la herramienta como mediadora del proceso de enseñanza, permitiendo su uso tanto en actividades exploratorias como de consolidación de contenidos.

Durante la experiencia, se aplicaron instrumentos de recolección de datos cualitativos y cuantitativos, con énfasis en el análisis del estado motivacional del estudiante [21]. Se utilizó como eje principal el Cuestionario Télico/Paratélico, basado en la teoría metamotivacional de Apter (2001), que permite identificar si el estudiante se encuentra en un estado orientado al logro de metas (télico) o al disfrute del proceso (paratélico). Junto con este instrumento, se recolectaron datos observacionales sobre participación activa, expresiones verbales, y conductas emergentes. Asimismo, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas a estudiantes y docentes, con el fin de triangular las percepciones cualitativas respecto a la experiencia vivida [24].

Etapa 5: Evaluación y análisis de resultados

La última etapa correspondió al análisis de los datos recolectados, integrando enfoques estadísticos descriptivos e inferenciales. Se calculó una puntuación global de motivación (T_PSI) para cada estudiante, la cual sirvió como base para la comparación entre condiciones o grupos.

Posteriormente, se aplicaron pruebas t- Student para determinar si existían diferencias significativas entre estados motivacionales antes y después de la implementación de la herramienta. Además, se generaron gráficos boxplot para representar la distribución y dispersión de la motivación en función de los distintos factores educativos involucrados.

La integración de análisis cuantitativos y cualitativos permitió no solo medir la efectividad de la intervención, sino también comprender las condiciones que potencian o limitan el efecto motivacional. Este enfoque mixto otorgó profundidad interpretativa al estudio, reforzando su validez interna y externa.

IV. CASO DE ESTUDIOS Y RESULTADOS

La presente investigación se propuso evaluar el impacto de prototipos didácticos lúdicos en la motivación estudiantil a través de una medición pre y post intervención, utilizando como variable principal el estado metamotivacional (Télico o Paratélico) y la puntuación total de activación motivacional (T_PSI). Se aplicaron dos dispositivos de aprendizaje diferentes, correspondientes a dos condiciones experimentales independientes, que se analizaron por separado: Caso 1 y Caso 2. Los estudiantes del estudio son niños de 4to año básico (Educación primaria Chilena), entre 9 y 10 años de edad.

Caso 1: Prototipo Globo Terráqueo 3D

En la primera intervención se aplicó un modelo tridimensional rotatorio que representa placas tectónicas sobre una superficie esférica manipulable. Utilizando el modelo C-K,

Tabla 1: Modelo C-K.

Espacio C (Conceptual)	Espacio K (Conocimiento)
C0: Crear un globo terráqueo físico que represente las placas tectónicas	K1: Conocimiento geológico: placas tectónicas, tipos de bordes (convergentes, divergentes, transformantes)
C1: Las placas deben ser piezas desmontables	K2: Mapas globales y proyecciones topográficas de placas (GPlates, USGS)
C2: Las uniones deben simular movimiento (deslizamiento o subducción)	K3: Software CAD: Fusion 360, Blender, SolidWorks, Tinkercad
C3: El modelo debe ser imprimible en 3D	K4: Parámetros técnicos de impresión 3D (material, espesor, tolerancia, resolución)
C7: Incorporar base giratoria para mostrar rotación de la Tierra	K5: Uso de imanes, conectores mecánicos o snap-fit para unión de piezas
C8: Modelo apto para distintas edades (básica, media, universitaria)	K6: Modelos educativos similares (globos tipo puzzle, modelos anatómicos desmontables)
C9: Simulación opcional de actividad tectónica (movimiento controlado o manual)	K7: Principios de codificación visual para educación (colores, íconos, formas)
	K9: Psicología educativa y niveles de aprendizaje por edad
	K10: Sistemas mecánicos básicos (engranajes simples, ejes, rotación manual)

La actividad consiste en que los estudiantes ensamblen un prototipo tridimensional de la Tierra, partiendo desde el núcleo hasta completar sus distintas capas y las placas tectónicas, identificando y ubicando cada una de ellas en el modelo. A lo largo del proceso, los estudiantes deberán reconocer las características principales de las capas internas, diferenciar las placas tectónicas y analizar cuántas existen y cómo se distribuyen. Asimismo, deberán relacionar la ubicación de Chile en la Placa Sudamericana con la

interacción que mantiene con la Placa de Nazca, comprendiendo la relevancia de este contacto en la generación de fenómenos geológicos propios de la región. Esta experiencia busca favorecer un aprendizaje activo y significativo, en el que la manipulación del modelo permita a los estudiantes explorar de manera concreta la estructura terrestre, reforzar sus conocimientos y reflexionar sobre la dinámica de la Tierra.

En base a esta información se creó un prototipo en modelo 3D Figura 1, validado en un experimento con 20 estudiantes, cuyos datos fueron recogidos a través del Cuestionario Télico/Paratélico.

Del total de participantes, 6 estudiantes (30%) finalizaron la experiencia en estado Télico, mientras que 14 estudiantes (70%) lo hicieron en estado Paratélico. Las puntuaciones T_PSI oscilaron entre 31 y 53 puntos, con una media de 45.15 puntos.

Para identificar diferencias significativas entre grupos, se aplicó una prueba t de Student, la cual arrojó resultados estadísticamente significativos ($t = -6.92$, $p < 0.001$), indicando que las puntuaciones T_PSI fueron considerablemente mayores en el grupo Paratélico. Esto sugiere una asociación directa entre el estado motivacional orientado al disfrute (paratélico) y la activación motivacional global durante la experiencia lúdica.



Figura 1: Prototipo modelo Globo terráqueo en 3D desmontable.

La siguiente visualización muestra la distribución de los puntajes por grupo motivacional:

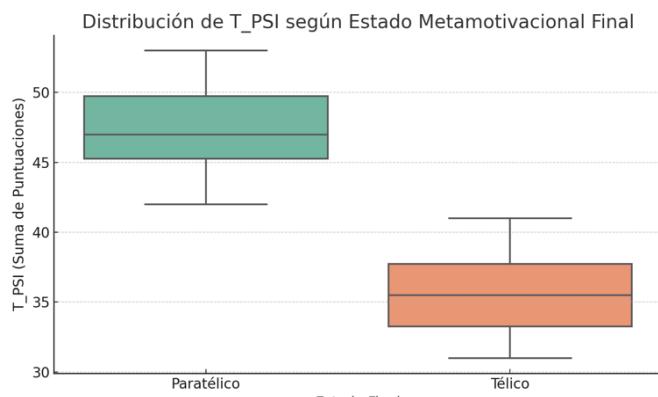


Figura 2: Distribución T_PSI para globo terráqueo.

Como se observa en el gráfico, el grupo Paratélico presenta una media más alta y mayor dispersión, mientras que el grupo Télico muestra puntajes más concentrados y menores niveles de activación motivacional. Este patrón refuerza la hipótesis de que las actividades diseñadas con una lógica lúdica tienden a favorecer el estado paratélico, asociado a mayor engagement y exploración.

Caso 2: Simulador tectónico para la Región de Valparaíso

En la segunda condición experimental se aplicó un dispositivo físico que simula el movimiento de placas tectónicas en una caja con movimiento entre placas, generando movimiento y deformaciones que representan procesos de subducción y elevación terrestre. A continuación, se presenta el modelo FBS creado (Tabla 2):

Tabla 2: Descripción de modelo FBS.

Categoría	Código	Descripción
Función (F)	F1	Simular procesos tectónicos (subducción, elevación, desplazamiento)
	F2	Representar deformaciones geológicas de forma visual y táctil
	F3	Permitir interacción para fines educativos
	F4	Ser operable, reutilizable y fácil de transportar
Comportamiento (B)	B1	Movimiento relativo horizontal entre placas
	B2	Elevación de superficie flexible ante presión
	B3	Subducción: una placa se desliza bajo otra
	B4	Deformaciones visibles durante la interacción

Estructura (S)	S1	Caja o estructura base rígida
	S2	Placas móviles montadas sobre guías
	S3	Mecanismo de movimiento (manivela, rieles, o motor simple)
	S4	Superficie flexible o elástica (silicona, espuma, lámina de goma)

En base a estos conceptos se creó el prototipo virtual (Figura 3) y posteriormente el real (Figura 4).

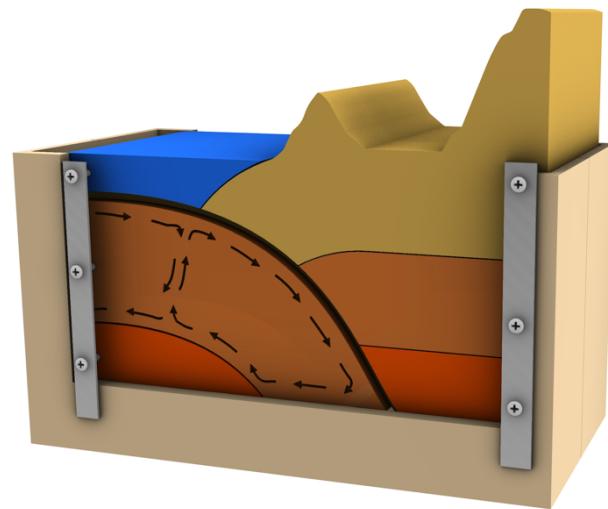


Figura 3: Modelo 3D de prototipo



Figura 4: Modelo prototipo basado en impresión 3D.

La segunda actividad, desarrollada después del experimento 1, tuvo como propósito que los estudiantes comprendieran el proceso de subducción y sus implicancias geológicas.

Mediante el uso del prototipo, se analizó cómo la Placa de Nazca se introduce bajo la Placa Sudamericana, generando transformaciones que afectan las distintas capas de la Tierra. A través de la observación, los estudiantes pudieron identificar cómo este desplazamiento produce la propagación de ondas y movimientos en la superficie terrestre, lo que se traduce en la formación de relieves y, de manera más evidente en la región, en la ocurrencia de terremotos. Esta experiencia permitió vincular el fenómeno de la subducción con sus consecuencias directas en el territorio chileno, favoreciendo una comprensión integrada de la dinámica interna del planeta y su impacto en la vida cotidiana.

En este caso, los 20 estudiantes participantes finalizaron 100% en estado Paratélico, evidenciando una experiencia marcadamente lúdica. Las puntuaciones T_PSI se distribuyeron entre 42 y 78 puntos, con una media de 58.25 puntos, superior a la observada en el Caso 1. Esta concentración en el estado paratélico y el alto promedio motivacional sugiere que el diseño del segundo prototipo generó una mayor inmersión emocional, posiblemente debido a su componente sensorial más vívido (en movimiento, interacción visual y cordilleras, estímulo háptico).

El siguiente gráfico resume la distribución de motivación total T_PSI en este segundo grupo:

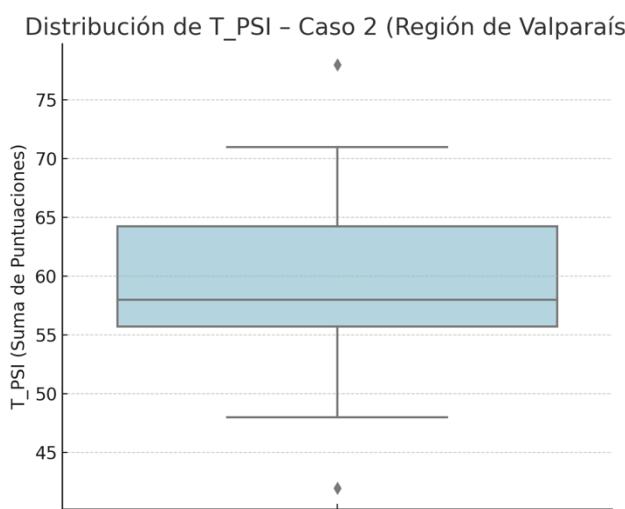


Figura 5: Distribución T_PSI para globo terráqueo.

La representación gráfica muestra una distribución relativamente homogénea de las puntuaciones con valores más altos y consistentes, lo que indica una activación emocional generalizada frente a la experiencia de aprendizaje.

Tabla 3: comparacion entre casos.

Característica	Caso 1: Globo 3D	Caso 2: Simulador tectónico
Participantes	20	20
% Estado Paratélico	70%	100%
Rango T_PSI	31 - 53	42 - 78

Promedio T_PSI	45.15	58.25
Diferencia significativa entre grupos	(p < 0.001)	No aplica (grupo único)

Ambas experiencias mostraron efectos positivos en la activación motivacional de los estudiantes, pero con diferencias notables en la intensidad y homogeneidad de la respuesta emocional. El segundo prototipo no solo generó un estado paratélico en la totalidad de los participantes, sino que también elevó la media motivacional en más de 13 puntos con respecto al primer caso. Los resultados sugieren que el diseño centrado en la experiencia sensorial, la interactividad física y la representación concreta de conceptos complejos inciden positivamente en la motivación del estudiantado. Asimismo, el estado metamotivacional Paratélico emerge como un indicador relevante del potencial didáctico de los recursos lúdicos, al estar asociado con mayor implicación, disfrute y activación emocional frente al contenido.

V. DISCUSION

Los resultados obtenidos en ambas condiciones experimentales confirman que la incorporación de prototipos lúdicos en el aula puede tener un impacto positivo y significativo en la motivación estudiantil. En particular, se observó que las experiencias que estimulan el estado paratélico, asociado al disfrute, la curiosidad y la exploración, favorecen una mayor activación motivacional y compromiso emocional con el aprendizaje. Este hallazgo es coherente con la teoría metamotivacional de Apter (2001), que destaca cómo los estados paratélicos potencian el juego, la creatividad y la apertura a nuevas experiencias, factores claves en la adquisición de aprendizajes complejos.

En este sentido, los prototipos diseñados bajo principios de experiencia del usuario (UX) demostraron ser herramientas eficaces no solo por su funcionalidad técnica, sino por su capacidad de generar experiencias significativas, estéticamente atractivas y sensorialmente envolventes. Tal como proponen Camere y Bordegoni (2015), el diseño centrado en el estudiante permite traducir visiones pedagógicas abstractas en soluciones materiales que promueven el involucramiento activo del usuario.

Una de las observaciones más relevantes fue la diferencia en la distribución de estados motivacionales entre los dos casos. Mientras que el prototipo esférico 3D generó una combinación de estados téticos y paratélicos, el simulador tectónico con logró que todos los participantes alcanzaran el estado paratélico, acompañado de una media T_PSI más alta. Esta diferencia sugiere que la interacción sensorial y la dinámica visual del segundo diseño facilitaron una mayor inmersión emocional, generando un contexto más propicio para el aprendizaje experiencial.

Al mismo tiempo, estas experiencias favorecieron el aprendizaje en estudiantes de educación básica porque transformaron conceptos abstractos en vivencias concretas y

visuales. Al manipular modelos tridimensionales, los niños desarrollan curiosidad, comprenden fenómenos naturales y relacionan teoría con práctica. Esto estimula la motivación, el pensamiento crítico y el aprendizaje significativo, facilitando una conexión más cercana y entretenida con la ciencia.

No obstante, también se identificaron limitaciones importantes. La muestra estuvo compuesta por un número reducido de estudiantes, lo cual restringe la generalización de los resultados. Además, la implementación de prototipos implica requerimientos técnicos y logísticos que pueden no estar disponibles en todos los establecimientos escolares. La capacitación docente para el uso y adaptación de estos recursos también constituye un desafío que debe abordarse.

A pesar de ello, esta investigación refuerza la idea de que la integración entre diseño, educación y psicología motivacional puede abrir nuevas posibilidades para mejorar la experiencia de aprendizaje. Futuros estudios podrían explorar variaciones del diseño lúdico, su aplicación en otras disciplinas y la incorporación de tecnologías como la realidad aumentada o inteligencia artificial para personalizar la experiencia del estudiante.

VI. CONCLUSION

Las conclusiones de esta investigación permiten afirmar que la integración de prototipos didácticos lúdicos en el aula representa una estrategia efectiva para fortalecer la motivación estudiantil y enriquecer la experiencia de aprendizaje. A partir de un enfoque interdisciplinario que vincula teoría educativa, diseño centrado en el usuario y psicología motivacional, se diseñaron herramientas didácticas que no solo facilitaron la comprensión de contenidos complejos, sino que promovieron una participación, curiosa y emocionalmente significativa por parte de los estudiantes.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la capacidad de los prototipos para inducir estados motivacionales paratéticos, caracterizados por el disfrute del proceso, la exploración libre y la disminución de la ansiedad por el resultado. Esta orientación motivacional, de acuerdo con la teoría de Apter (2001), favorece entornos de aprendizaje más flexibles, creativos y afectivamente positivos. En particular, se observó que los diseños con mayor carga sensorial e interactividad física (como el simulador de placas tectónicas) fueron más efectivos en generar experiencias inmersivas y sostenidas, reflejadas en puntajes más altos en la escala de activación motivacional.

Asimismo, esta experiencia valida el valor de utilizar marcos conceptuales como el modelo C-K principios de experiencia del usuario (UX) para guiar el diseño educativo. Lejos de ser un ejercicio meramente técnico, el desarrollo de estos prototipos se convirtió en un proceso pedagógico en sí mismo, en el que las ideas de los docentes se materializaron en recursos tangibles, funcionales y emocionalmente resonantes. La co-creación entre profesores, diseñadores y especialistas

permite abrir nuevas rutas para la innovación pedagógica aplicada.

Si bien el estudio mostró resultados prometedores, también se reconocen algunas limitaciones, como el tamaño reducido de la muestra y la necesidad de formación docente en el uso de tecnologías de prototipado. Sin embargo, estos desafíos no invalidan el modelo, sino que indican oportunidades de mejora y expansión futura. Las universidades, en este sentido, pueden desempeñar un rol crucial como espacios de incubación de soluciones pedagógicas, articulando saberes técnicos, didácticos y científicos en beneficio del sistema escolar.

En definitiva, los prototipos lúdicos diseñados y evaluados en este estudio no solo facilitaron la comprensión conceptual, sino que transformaron la relación del estudiante con el contenido, haciéndolo más participativo, sensorial y significativo. Este enfoque, replicable en otras disciplinas y niveles educativos, constituye un paso concreto hacia una educación centrada en la experiencia, la motivación y la creatividad del aprendiz. Finalmente, existe un claro potencial para la creación de kits didácticos lúdicos basados en prototipos físicos como globos terráqueos desmontables o simuladores tectónicos, diseñados especialmente para escuelas con metodologías activas. Estos kits pueden ser vendidos a colegios, centros educativos y gobiernos locales interesados en renovar su enseñanza de ciencias.

Este trabajo fue apoyado por el Fondo Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (FONDECYT) N°1231783 de CV

REFERENCIAS

- [1] Reyes, C. Q. (2020). Pandemia Covid-19 e Inequidad Territorial: El agravamiento de las desigualdades educativas en Chile. *Revista internacional de educación para la justicia social*, 9(3), 3-5.
- [2] Verganti, R. (2009). Design-driven innovation: Changing the rules of competition by radically innovating what things mean. Harvard Business Press.
- [3] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLII1104_01
- [4] Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2014). Motivación en el aula: Teoría, investigación y práctica (3^a ed.). Pearson Educación.
- [5] Pucillo, F., & Cascini, G. (2014). A framework for user experience, needs and affordances. *Design studies*, 35(2), 160-179.
- [6] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference (pp. 9–15). ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- [7] Apter, M. J. (2001). Motivational styles in everyday life: A guide to reversal theory. American Psychological Association.
- [8] Camere, S., & Bordegoni, M. (2015). The Experience Map as a Tool for Design Education. *The Design Journal*, 18(2), 291–307. <https://doi.org/10.2752/175630615X14212498964385>
- [9] Rodríguez-Gallego, M. R., & Ordóñez-Sierra, R. (2015). Una experiencia de aprendizaje-servicio en comunidades de aprendizaje.
- [10] Bruner, J. S. (1997). La educación, puerta de la cultura. Gedisa.

- [11] Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2014). Motivación en el aula: Teoría, investigación y práctica (3^a ed.). Pearson Educación.
- [12] Nikulin Chandia, C., Viveros Gunckel, P., Dorochesi Fernandois, M., Crespo Márquez, A., & Lay Bobadilla, P. (2017). Metodología para el análisis de problemas y limitaciones en emprendimientos universitarios. *Innovar*, 27(63), 91-105.
- [13] Sawyer, R. K. (2012). Explaining creativity: The science of human innovation. Oxford University Press.
- [14] Keller, J., & Bless, H. (2008). Flow and regulatory compatibility: An experimental approach to the flow model of intrinsic motivation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(2), 196-209. <https://doi.org/10.1177/0146167207310026>
- [15] Lazzaro, N. (2009). Why we play games: Four keys to more emotion without story. XEODesign Inc. [White Paper].
- [16] Nikulin, C., Lopez, G., Piñonez, E., Gonzalez, L., & Zapata, P. (2019). NASA-TLX for predictability and measurability of instructional design models: case study in design methods. *Educational Technology Research and Development*, 67, 467-493
- [17] Norman, D. A. (2013). The design of everyday things (Revised ed.). Basic Books.
- [18] Hatchuel, A., & Weil, B. (2009). C-K design theory: An advanced formulation. *Research in Engineering Design*, 19(4), 181-192. <https://doi.org/10.1007/s00163-008-0043-4>
- [19] Sanhueza, K. S., & Nikulin, C. (2019). A framework for design methods, models and techniques for product and process development: A novel classification to increase their applicability in practices. *Business Process Management Journal*, 25(7), 1759-1782.
- [20] Nikulin, C., Zuniga, M., Akhloufi, M., Manzi, C., Wiche, C., & Pinones, E. (2018). Enhancing creativity for development of automation solutions using OTSM-TRIZ: A systematic case study in agronomic industry. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(1), 1687814017751950.
- [21] OECD. (2005). The measurement of scientific and technological activities: Guidelines for collecting and interpreting innovation data – Oslo Manual (3rd ed.). Organisation for Economic Co-operation and Development & Eurostat.
- [22] Pahl, G., & Beitz, W. (1984). Engineering design: A systematic approach. Springer.
- [23] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (1995). Product design and development. McGraw-Hill.
- [24] Keller, J., & Bless, H. (2008). Flow and regulatory compatibility: An experimental approach to the flow model of intrinsic motivation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(2), 196-209. <https://doi.org/10.1177/0146167207310026>