



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERIA

**DESARROLLO DE VIDEOJUEGO DE  
EJERCITACIÓN ARITMÉTICA PARA UN  
COMPUTADOR INTERPERSONAL  
USANDO UN MOUSE POR NIÑO EN LA  
SALA DE CLASES**

**GABRIEL WURMAN VENTURA**

Tesis para optar al grado de  
Magister en Ciencias de Ingeniería

Profesor Supervisor:  
**MIGUEL NUSSBAUM**

Santiago de Chile, Junio, 2013

© 2013, Gabriel Wurman



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERIA

# **DESARROLLO DE VIDEOJUEGO DE EJERCITACIÓN ARITMÉTICA PARA UN COMPUTADOR INTERPERSONAL USANDO UN MOUSE POR NIÑO EN LA SALA DE CLASES**

**GABRIEL WURMAN VENTURA**

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

**MIGUEL NUSSBAUM**

**IGNACIO JARA**

**JORGE VILLALÓN**

**JORGE VERA**

Para completar las exigencias del grado de  
Magister en Ciencias de Ingeniería

Santiago de Chile, Junio, 2013

A la Jackie, por apoyarme con las  
tareas del colegio y cada vez que lo  
necesité

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer primeramente a Miguel Nussbaum, por darme las oportunidades de trabajar en un proyecto tan inspirador, poniendo la tecnología al servicio de la educación. También quisiera agradecer a mi compañero de postgrado Vagner Becerra, con quien trabajé y me acompañó durante todo mi proceso de Magister. A Andrea, con quien tuve el gusto de trabajar aunque por poco tiempo. A mis profesores Rodrigo Sandoval y Álvaro Soto por su apoyo. A mis compañeros de carrera Pilar, Diego, Joaquín, Catalina, Manuel, Camilo, Domingo, Giselle, Karis, Katerina, Rodrigo y Vicente por acordarme de que la Universidad no es solo para estudiar. A mis hermanos David, Michelle y Leslie por todo su amor y cariño desde que nací. A mi padre Isaac por permitirme ser quien soy hoy. A Amitai Linker por ser mi amigo permanente. A *Trakamatraka* por el *slam* y todo su apoyo. A Soledad por ayudarme a salir de mis apuros burocráticos. Quisiera agradecer a Cristián Alcoholado y Arturo Tagle, cuyo trabajo inspiró mi investigación.

Finalmente quisiera agradecer al 3°B del Liceo El Principal de Pirque por jugar y entretenernos juntos

.

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUCCION.....	10
1.1 Definición del problema.....	10
1.1.1 Computador Interpersonal de un mouse por niño en la sala de clases	10
1.1.2 Videojuegos en educación .....	11
1.1.3 Videojuegos en el Computador Interpersonal.....	12
1.2 Diseño de Juegos .....	13
1.2.1 Componente pedagógica:.....	14
1.2.2 Componente lúdica: .....	18
1.3 Ingeniería de Software.....	27
1.3.1 Descripción general de requisitos. ....	27
1.3.2 Tecnología.....	28
1.3.3 Definición de clases .....	29
1.3.4 Arquitectura .....	34
1.4 Trabajo experimental.....	39
1.4.1 Dificultades .....	39
1.4.2 Resultados .....	41
1.5 Conclusiones .....	42
2 ENSEÑANDO ARITMÉTICA USANDO VIDEO JUEGOS EDUCATIVOS CON EL COMPUTADOR INTERPERSONAL .....	45
2.1 Introducción.....	45
2.2 Actividades matemáticas pedagógicas lúdicas para el Computador Interpersonal (AMPLCI).....	49

2.2.1 Estructura del Computador Interpersonal .....	49
2.2.2 Diseño pedagógico lúdico.....	50
2.3 Diseño experimental.....	56
2.3.1 Resultados cuantitativos.....	60
2.3.2 Resultados cualitativos.....	62
2.4 Conclusión.....	66
2.5 Agradecimientos.....	69
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>70</b>
<b>A N E X O S.....</b>	<b>76</b>
Anexo A: Teaching Arithmetic Using Educational Video Games with an Interpersonal Computer .....	77

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1: Juego 1: Construyendo puentes .....	24
Tabla 1-2: Juego 2: Atrapa a las gallina .....	24
Tabla 1-3: Juego 3: Vamos de pesca .....	25
Tabla 1-4: Juego 4: Murciélagos atacan la torre .....	26
Tabla 1-5: Juego 5: Galería de tiro en el barco pirata .....	26
Tabla 1-6: Juego 6: Alerta de fuga en la represa .....	27
Tabla 2-1: Actividades pedagógicas.....	53
Tabla 2-2: Escuelas y datos de ubicación.....	57
Tabla 2-3: Características del curso .....	58
Tabla 2-4: Asistencia de los alumnos.....	59
Tabla 2-5: Resultado de pre-test y post-test .....	60
Tabla 2-6: Exposición a la tecnología .....	63
Tabla 2-7: Interés hacia la actividad.....	64
Tabla 2-8: Comportamientos sociales observados .....	65

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1: Pantalla de identificación .....	15
Figura 1-2: Pantalla de juego .....	16
Figura 1-3: Espacio individual con sus elementos pedagógicos .....	17
Figura 1-4: A la izquierda, la pantalla de portada; A la derecha, una diapositiva introductoria .....	20
Figura 1-5: A la izquierda, la pantalla de avatar, .....	21
Figura 1-6: Diagrama BPM que representa el flujo de una etapa .....	22
Figura 1-7: Diagrama de clases UML del software; Cuarto superior-izquierdo.....	35
Figura 2-1: Pantalla compartida .....	49
Figura 2-2: Espacio de juego individual.....	54
Figura 2-3: Pantallas de feedback .....	55
Figura 2-4: Distribución del número de reglas pedagógicas estudiadas. ....	62

## RESUMEN

Varios estudios demuestran los efectos positivos que los videojuegos pueden tener sobre el desempeño de los estudiantes y su actitud hacia el aprendizaje, en comparación a métodos de enseñanza tradicionales. Por otro lado, el Computador Interpersonal ha demostrado ser una herramienta eficaz para el aprendizaje en diversas disciplinas como ciencias, matemáticas y lenguaje. Esta alternativa para adoptar la tecnología en la sala de clases se vuelve especialmente atractiva para países con bajos recursos, debido al bajo costo de adquisición y mantenimiento. El objetivo de este trabajo es desarrollar y probar un conjunto de videojuegos educativos usando el Computador Interpersonal para la enseñanza de aritmética a niños de 3er grado de primaria. Los juegos fueron ampliamente probados durante varias sesiones en distintos países y contextos socio-culturales, demostrando ser una actividad tanto entretenida como eficaz para el aprendizaje, capturando el interés de los niños de mejor manera que su equivalente no lúdica.

Este estudio fue parcialmente financiado por LACCIR, Microsoft Research, CONICYT-FONDECYT 1120177, y la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Palabras Claves: Videojuegos educativos, Computador Interpersonal, enseñanza de aritmética

## ABSTRACT

Many Studies show the positive effects that videogames can have on students' performance and their attitude towards learning, when compared to traditional teaching methods. On the other hand, the Interpersonal Computer has shown to be an effective tool for learning on different disciplines like science, math and language. This alternative to adopt technology in the class room is especially attractive for countries with low resources, because of its low acquisition and maintenance cost. The objective of this work is to develop and test a set of educative videogames using the Interpersonal Computer to teach arithmetic to a 3rd grade of elementary class. These games were widely tested during many session in different countries and socio-cultural contexts, showing to be an entertaining and effective activity for learning, capturing the students attention in a better way that its non-game-based equivalent.

This study was partially funded by LACCIR, Microsoft Research, CONICYT-FONDECYT 1120177, and the Vicerectorship of Investigation at Pontificia Universidad Católica de Chile.

Keywords: Learning games, Interpersonal Computer, arithmetic teaching

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1 Definición del problema**

#### **1.1.1 Computador Interpersonal de un mouse por niño en la sala de clases**

Los beneficios de introducir tecnología en la sala de clases son múltiples; el aumento de la participación, la generación de un aprendizaje activo, feedback personalizado entre otros. Una de las principales restricciones para la adopción de esta práctica es el costo. La principal respuesta han sido iniciativas que buscan proveer un computador a cada niño, entre las cuales destaca el proyecto One Laptop per Child. Este busca disminuir los costos a tan solo 100 dólares por computador por niño, lo que resulta prohibitivo para países de escasos recursos, motivando la búsqueda de alternativas. El computador interpersonal propone una forma más eficiente del uso de recursos. Este consiste en proveer un computador, un proyector y un mouse a cada niño, para lograr así interacción masiva en la sala de clases a muy bajo costo (Dillenbourg et al., 2009). Es fundamental para favorecer la interactividad entre los estudiantes, así como también su nivel de motivación, que la actividad haga que cada estudiante trabaje con un objeto que es exclusivamente suyo; cada estudiante controla su propio cursor del mouse, forzándolo a participar e involucrarse en su propio proceso de aprendizaje (Infante et al. 2009). Los estudiantes concentran su atención en la pantalla común donde se comparten recursos individuales, transformándolo en un lugar de aprendizaje donde los estudiantes discuten, colaboran y negocian (Infante et al. 2010).

En el trabajo de (Alcoholado et al. 2011), se desarrolla y demuestra la efectividad de esta metodología en la ejercitación de aritmética a niños de 3er grado escolar. En dicha investigación fue desarrollada la plataforma de software Massive Multiple Mouse (MMM), capaz de permitir que hasta 49 estudiantes interactúen a la vez con una sola computadora interpersonal, compartiendo una gran proyección parcializada en forma de grilla, otorgando una celda y un mouse individual a cada niño.

### **1.1.2 Videojuegos en educación**

Al igual que los PC, los videojuegos se han difundido de forma masiva y creciente desde sus comienzos. Su innovación elemental radica en permitir la interacción entre jugadores y contenido audiovisual. Esto ha llamado la atención del mundo educativo desde sus inicios, permitiendo jugar con contenidos de historia (Oregon Trail, 1971; Where in the World is Carmen Sandiego?, 1985), matemáticas (Basic Math, 1977, Math Blaster!, 1983), arte (Mario Paint, 1992) lenguaje (My First Alphabet, 1981; Abrapalabras, 1979), entre otros. Esto ha motivado a educadores el estudio de los diferentes aspectos de este medio para definir aquellos elementos del diseño de juegos que pueden ser usados para hacer que el ambiente educativo en las escuelas sea aún más cautivador (Bowman 1982; Bracey 1992; Driskell & Dwyer, 1984; Malone 1981). Múltiples investigaciones han mostrado que los videojuegos pueden ser incorporados en un ambiente de aprendizaje en clases con resultados positivos (Clarke & Dede, 2007; Dede, 2009; Klopfer & Squire, 2009; Mitchell, Dede & Dunleavy, 2009). Además, Varios estudios indican que el aprendizaje con videojuegos logra un efecto total positivo sobre el logro de los estudiantes, la actitud

hacia el aprendizaje y la percepción de sí mismos en comparación a la instrucción tradicional (Lou et al. 2001).

Académicos declaran que los videojuegos permiten a los jugadores progresar a su propio ritmo, transferir conceptos teóricos a la práctica, dar retroalimentación inmediata a cada acción, proveer fracasos favorables y dar libertad para la exploración y el descubrimiento (Gee, 2003; Squire, 2003).

Actualmente los videojuegos están siendo integrados en diversos tópicos académicos dentro de la clase, como Matemáticas (Lee & Chen, 2009), Electroestática (Squire, Barnett, Grant, & Higginbotham, 2004, Garcia-Campo, 2010), Biología (Annetta, Minogue, Holmes, & Cheng, 2009), Historia (Watson, Mong & Harris, 2011) y Ciencias Sociales (Cuenca López & Martín Cáceres, 2010). Todos estos esfuerzos buscan enseñar contenidos específicos mediante el uso de mecánicas de juego intrínsecas y objetivos de juego fijos.

### **1.1.3 Videojuegos en el Computador Interpersonal**

Motivado por las ventajas que permite el uso de juegos en la sala de clase como la buena disposición de los niños, personalización de la experiencia, aprendizaje autorregulado, retroalimentación inmediata, desarrollo de habilidades para la resolución de problemas, entre otros, además de los beneficios propios del Computador Interpersonal, entre los que se incluyen su bajo costo, capacidad para realizar actividades personalizadas para todos los niños del curso, involucrar activamente a cada alumno en su proceso de aprendizaje provisto de su propio mouse, surge nuestra pregunta de investigación: ¿Es posible desarrollar actividades lúdicas pedagógicas individuales para aritmética, sobre un Computador Interpersonal,

para un curso completo con cada alumno con su propio mouse, compartiendo todos una misma pantalla, que sean más efectivas educacionalmente que sus actividades pedagógicas equivalentes sin componente lúdica sobre la misma tecnología, considerando las siguientes variables: aprendizaje adquirido, nivel de interrupción, interés en la actividad, respuestas proactivas al feedback, colaboración entre pares y satisfacción por participar de la actividad? Para responder esta incógnita, en la presente investigación se desarrolla una versión lúdica de la aplicación desarrollada en el trabajo de (Alcoholado et al. 2011); denominada OMPC for Basic Math. Esta consiste en la resolución individual de ejercicios de aritmética para niños de 3er grado de primaria, usando la plataforma MMM para el Computador Interpersonal.

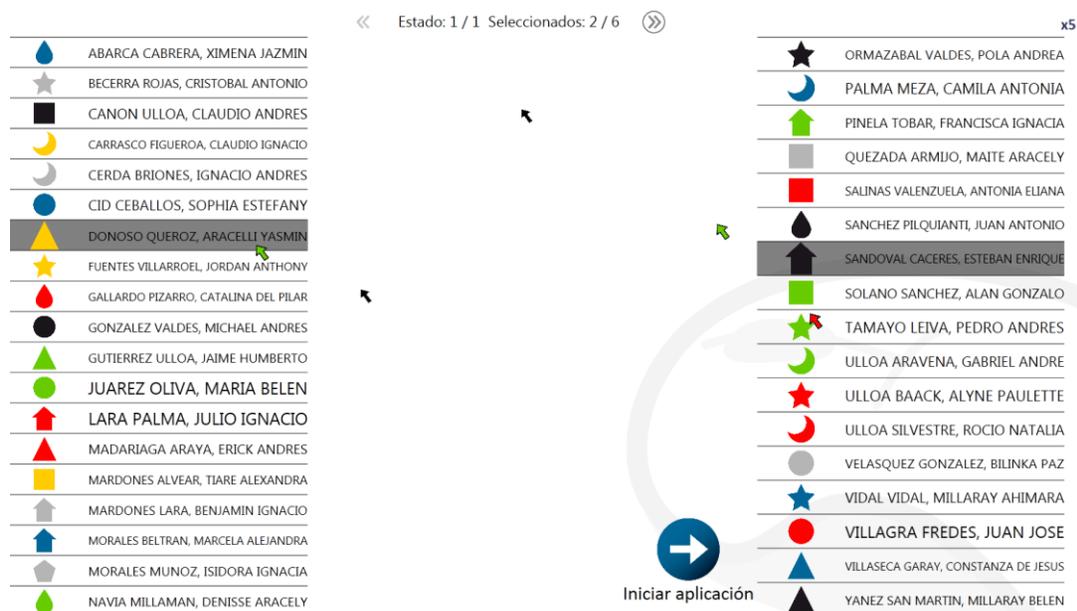
## **1.2 Diseño de Juegos**

Crear y jugar en un mundo artificial está en el corazón de todos los juegos (Rollings & Adams, 2003). Las tres componentes fundamentales de cualquier juego pueden definirse como: su mecánica central, su interactividad y su historia (Rollings & Adams, 2003). Por otro lado, el modelo MDA propone una clasificación similar de las componentes fundamentales para el consumo de videojuegos: la mecánica (componentes base como las reglas, objetos y acciones), su dinámica (como las mecánicas se comporta a la acción del jugador y en cooperación con otras mecánicas) y la estética (la respuesta emocional que se desea evocar en el jugador) (Hunicke et al, 2004). Es por esto que se incorporaron (o bien se mejoraron) cada una de estas tres componentes en el diseño de la nueva actividad lúdica desarrollada. Si bien la actividad no-lúdica también cuenta en alguna medida con estas tres componentes, su mecánica se limita exclusivamente al material de aritmética, volviendo monótona la

actividad e impidiendo que los alumnos puedan proponerse metas propias o desafiar sus habilidades en otras mecánicas lúdicas. Por otra parte, la actividad no cuenta una historia con la que los alumnos puedan interactuar, interesarse e involucrarse emocionalmente, lo que es importante para mantener a los alumnos inmersos en la actividad (Sweetser & Johnson, 2004). Para robustecer estas componentes básicas para cualquier videojuego, se han introducido nuevas mecánicas de juego (involucrando descubrimiento y exploración), acompañadas de una narrativa que cuenta la historia de personajes jugables por los alumnos durante las sesiones. Para lograr medir el aporte real de estos elementos sobre el aprendizaje de los alumnos, es importante mantener la comparabilidad entre las dos versiones de la actividad. Esto implica conservar todas aquellas características básicas y pedagógicas de la actividad no-lúdica (como la interfaz pantalla-mouse y las reglas aritméticas, entre otras).

### **1.2.1 Componente pedagógica:**

Conformada por las características pedagógicas propias de la actividad no-lúdica, esta componente reside en los elementos relacionados con la enseñanza de aritmética básica, y debe ser común a ambas versiones de la actividad. Cada estudiante debe resolver una serie de ejercicios matemáticos, los cuales son generados de acuerdo a un conjunto de 65 reglas pedagógicas incorporadas en el sistema (Alcoholado, et al. 2011). Dichas reglas están alineadas con los contenidos matemáticos estipulados por el Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC 2011) para los grados de 1° a 4° de educación primaria. Cada regla define un subconjunto de ejercicios con el mismo operando y grado de dificultad. Las reglas son introducidas de menor a mayor



**Figura 1-1: Pantalla de identificación**

dificultad en forma gradual para mantener el interés de los alumnos, evitando que estos se frustren y abandonen la actividad

(Alcoholado, et al. 2011; Sangster 2006). Cada regla consta de al menos 10 preguntas autogeneradas. Para pasar a la siguiente regla, el alumno debe responder correctamente los primeros 10 ejercicios, o bien acumular 8 respuestas correctas dentro de los últimos 15 ejercicios. (Alcoholado, et al. 2011)

Vale destacar que en este proceso, el profesor tiene un rol activo de mediador como protagonista del sistema, pudiendo intervenir en el aprendizaje de sus estudiantes según lo que estime pedagógicamente conveniente (Alcoholado et al., 2011). Una vez que el profesor accede al sistema y es asignado su cursor, los niños deben identificarse con su mouse respectivo (Figura 1-1). Este proceso es necesario ya que los mouse no cuentan con un identificador único para ser distinguidos entre sesiones. Una vez que los alumnos han seleccionado sus nombres en la pantalla con su cursor,



**Figura 1-2: Pantalla de juego**

el profesor da comienzo a la actividad. A cada niño le es asignada una celda, donde trabajara de forma individual. Ningún niño puede salir de su celda, o entrar a la de otro compañero. El total de estos espacios individuales son mostrados como una grilla (Figura 1-2), cuyo tamaño varía según al número de mouse conectados al sistema en pos de maximizar el espacio individual de cada niño (Alcoholado et al. 2011).

Dentro del espacio de trabajo de cada alumno, son seis los elementos pedagógicos indispensables para el desarrollo de la actividad. Cada número tiene correspondencia con los elementos ilustrados en la Figura 1-3:

- a) Símbolo identificador del jugador (1)

Sirve para identifica el área de trabajo del alumno del resto de las celdas



**Figura 1-3: Espacio individual con sus elementos pedagógicos**

b) Ecuación (2)

Se muestra una ecuación matemática de forma horizontal que el alumno debe resolver.

c) Alternativas (3)

El alumno debe escoger una de las tres alternativas generadas de forma aleatoria como respuesta a la ecuación propuesta.

d) Puntero del jugador (4)

Esto representa el cursor de cada niño, el cual solo puede ser movido dentro de su espacio de trabajo.

e) Feedback (5)

Una vez que el alumno ha respondido la pregunta, se muestra un símbolo para indicar si lo hizo en forma correcta o incorrecta. Además si el niño no hace clic en una respuesta luego de 60 segundos, aparece una luna durmiente para indicar su inactividad prolongada al profesor.

f) Semáforo (6)

Esta figura en forma de estrella indica la cantidad de preguntas que ha contestado el alumno durante la sesión, así como la proporción de respuestas correctas dentro de los últimos 10 ejercicios contestados mediante amarillo y el verde con todas las respuestas correctas.

### **1.2.2 Componente lúdica:**

Para hacer de la actividad pedagógica no-lúdica en el Computador Interpersonal un videojuego, se insertaron nuevos elementos dentro de sus componentes lúdicas fundamentales. Esto se traduce en la inserción de nuevas mecánicas lúdicas, además de una historia con personajes representando a los niños en la actividad. Varios de estos elementos, como la narrativa, el estilo gráfico homogéneo y el uso de personajes o avatares con los que el jugador puede identificarse, ayudan a generar una mayor inmersión en el juego y en la actividad por parte del alumno, ya que estos elementos permiten una mayor credibilidad en la fantasía que conforma el mundo del juego (Rollings & Adams, 2003).

a) Estilo gráfico

La estética del juego se compone en gran parte de un estilo gráfico caricaturesco y colorido (Figura 1-4, izquierda), de modo de dar al software un carácter lúdico acorde a la edad de los alumnos y al estilo de un videojuego casual. Un papel importante que desempeña este elemento es el variar el aspecto general de etapas del mismo tipo, usando la alternación de temáticas gráficas en la representación de los objetos en pantalla. Por ejemplo, un mismo tipo de etapa puede ocurrir en un ambiente desértico, boscoso o nevado, sin la necesidad de realizar otros cambios además de alterar las referencias a las imágenes usadas en el código. Esto pretende alargar el tiempo en que el juego parece novedoso a los alumnos, tanto por el nuevo contenido

grafico como por la curiosidad que esta pueda despertar en ellos sobre nuevos contenidos en el futuro.

b) Narrativa:

El juego cuenta con una narrativa que pretende lograr una mayor inmersión de los alumnos en la actividad. Su temática fue motivada por el enorme éxito que el género de fantasía ha tenido en el público infantil en el último siglo, tanto en novelas escritas (Harry Potter 1997, El Hobbit 1937, et al.) como en los videojuegos (The Legend of Zelda 1987, Super Mario Bros 1985, et al.). Otro factor decisivo en el desarrollo de la narrativa fue lograr justificar una labor repetitiva (como lo es la resolución de ejercicios de aritmética) dentro del mundo narrado, por lo que resultó atractivo establecer la construcción de puente tras puente como actividad principal del juego, los que se completarían de forma progresiva peldaño a peldaño con cada respuesta correcta.

De esta idea surge la trama del juego bajo el título de Pangea y las Piedras Mágica, la que es narrada en la primera sesión con los alumnos mediante una presentación de diapositivas (Figura 1-4, derecha). La historia tiene como protagonistas a tres aprendices de magia: un niño, una niña y un gato, los que conforman los tres personajes posibles que puede escoger cada alumno como su avatar. La historia trata de un continente habitado por gente mágica, cuyo terreno se mantiene unificado gracias al cuidado de las invaluable Piedras Mágicas. El conflicto surge cuando un malvado hechicero llamado Balaam maldice dichas piedras, fragmentando así el continente en pequeñas islas. Es entonces labor de los aprendices de magia (los alumnos) restituir la normalidad del continente, viajando por todas las islas mediante la levitación y construcción de puentes para restaurar el poder de las sagradas reliquias.



**Figura 1-4: A la izquierda, la pantalla de portada; A la derecha, una diapositiva introductoria**

Antes y después de cada etapa del juego, existe la posibilidad de mostrar una nueva presentación de diapositivas. Por ejemplo, antes de iniciar por primera vez un nuevo juego o tipo de etapa se usan diapositivas introducir al curso la narrativa y nuevas dinámicas que este nuevo juego propone. Para exponer el progreso de la trama principal, al final de determinadas etapas aparece una animación donde un altar de piedras mágicas es restituido y se introduce brevemente a los alumnos la próxima zona que estos deberán explorar. Además, al terminar determinadas etapas se muestra una de 32 animación de 15 a 20 segundos de duración, las que pretenden entretener y sorprender a los alumnos con algo nuevo y divertido.

c) Avatar

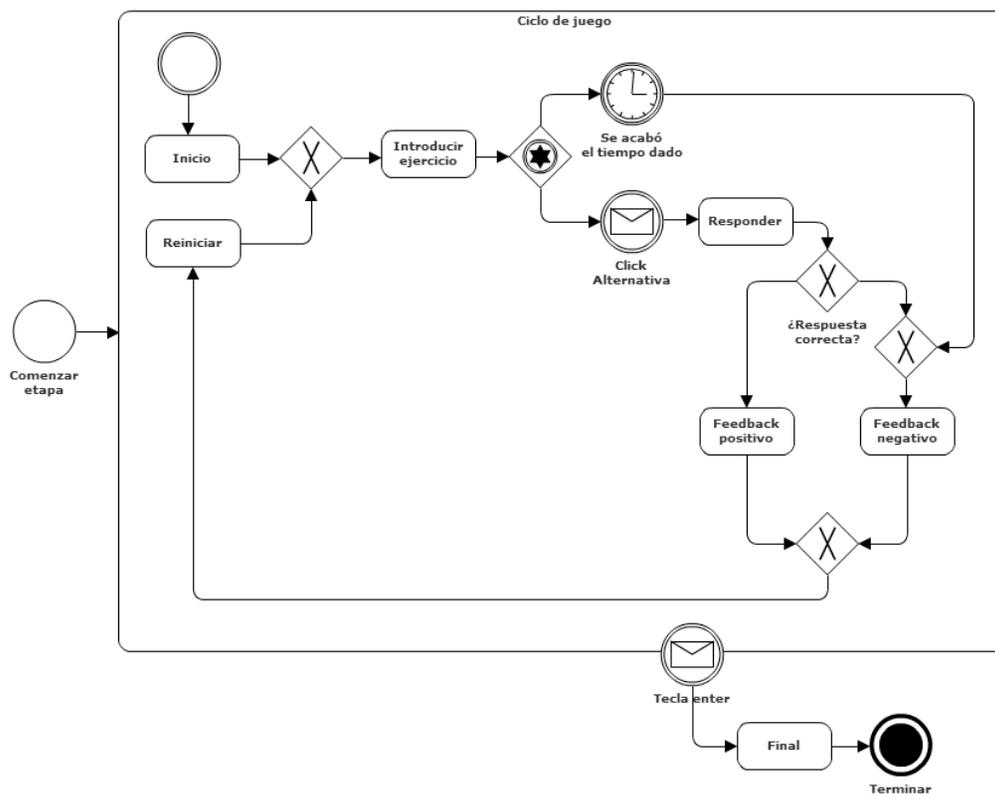
A cada alumno se le representa en el mundo del juego con un avatar. Este es personificado por un pequeño aprendiz de mago, el que es elegido por el alumno de entre tres alternativas distintas al comienzo de la actividad. Este proceso ocurre en la pantalla de selección de avatares (Figura 1-5, izquierda). Luego de que el alumno selecciona su personaje, debe hacer clic en su símbolo identificador para anunciar que ya eligió su avatar. Sin embargo, solo el profesor tiene la facultad de terminar el proceso de selección en el momento que le parezca conveniente, incluso cuando aún existan niños sin terminar de elegir. Mapa del mundo narrado:



**Figura 1-5: A la izquierda, la pantalla de avatar, a la derecha, la pantalla de mapa**

La pantalla de mapa (Figura 1-5, derecha) muestra al profesor y al curso representado por un avatar masculino en un solo gran mapa en toda la pantalla. El mapa es representado por un grafo no dirigido donde cada nodo representa una etapa del juego, mientras los arcos conforman los caminos o puentes que se construyen entre ellas. Al comienzo de las sesiones solo un nodo aparece en el mapa. Luego de que la etapa representada por dicho nodo es superada, de este mismo emerge un nuevo arco o camino, el que en su extremo devela y habilitar un nuevo nodo de etapa en el mapa. Si bien los arcos pueden recorrerse en ambas direcciones, estos solo pueden ser habilitados desde uno de sus nodos de etapa aledaños (del cual emerge), instaurándose así un orden de precedencia entre todas las etapa del juego. En algunos casos el superar una etapa abre más de un camino o puente, permitiendo a los alumnos (bajo la mediación del profesor) elegir cuál de estos nuevos caminos desean tomar. Esto, pretende aportar a la componente lúdica una nueva mecánica exploratoria, la que además obliga a la clase a decidir qué camino tomar. Esto permite alternar los lotes de ejercicios con una discusión entre los integrantes del curso, la que el profesor puede también aprovechar para aclarar o conversar sobre algún elemento específico de la materia, evitando así que la monotonía de la actividad se prolongue de forma ininterrumpida por demasiado tiempo.

d) Mecánica de juego:



**Figura 1-6: Diagrama BPM que representa el flujo de una etapa**

Luego de que el profesor presione su cursor sobre la etapa escogida por los alumnos en el mapa, aparece la pantalla de juego. En esta se desarrolla la resolución de ejercicios, el objetivo pedagógico de la actividad. En el espacio de trabajo de cada alumno aparece en escena su avatar seleccionado. Este es capaz de interactuar con cualquiera de las tres alternativas mostradas en pantalla. El alumno debe escoger una de estas alternativas como su respuesta al problema planteado en la parte superior de la pantalla. Si el alumno responde correctamente es premiado con un punto de juego, los que son representados en forma de monedas. Además, cada acierto del alumno agrega una ficha a su reserva en pantalla. Al momento en que el alumno acumula ocho fichas, estas se desvanecen dando al jugador una moneda por cada ficha. Así, en caso de que el alumno responde de forma incorrecta, no se le restarán monedas, sino que una ficha será descontada de su reserva. Al completar la reserva de fichas y ganar las monedas que esto implica, la etapa volverá a su estado original, permitiendo al alumno repetir este ciclo. Manteniendo el rol mediador del profesor entre los alumnos

y la actividad, estos solo superaran la etapa cuando el profesor lo estime conveniente, de modo de dar al profesor total control sobre el progreso lúdico de la clase. Cabe mencionar que este progreso no guarda ninguna relación con el progreso del contenido pedagógico de la actividad, cuyo avance es determinado por el desempeño del alumno según las reglas pedagógicas estipuladas en la versión no-lúdica de la actividad.

e) Etapas:

Regidos estrictamente bajo las mecánicas pedagógicas y lúdicas mencionadas anteriormente, se diseñaron independientemente seis variantes de etapas de juego distintas, cada una con sus propios gráficos, narrativa, animaciones de feedback y movimientos y/o transformaciones que puedan tener las alternativas en pantalla. Esto responde a la necesidad de mantener el juego novedoso para los alumnos durante el mayor tiempo posible, concentrando su atención durante más sesiones y por más tiempo. Los tipos de escenarios posibles se describen a continuación.

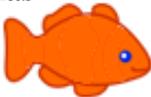
<b>Juego 1: Construyendo puentes</b>	
	<p><b>Narrativa:</b> Los aprendices de mago deben completar un puente alineando trozos de tierra para lograr llegar a la siguiente isla y continuar su búsqueda de las piedras mágicas.</p>
<p><b>Alternativas</b></p> 	<p>Esferas de energía magia, las que pueden aparecer en la pantalla cayendo lentamente desde arriba, apareciendo y desapareciendo por unos pocos segundos o deformándose de forma oblicua.</p>

<b>Fichas</b>	Trozos de tierra, los cuales al acumularse 8 de ellos se forma un puente.
	
<b>En respuesta correcta:</b> 	El avatar hace levitar un trozo de tierra para completar parte del puente y avanza un paso
<b>En respuesta incorrecta:</b> 	El avatar intenta levitar un trozo de tierra, pero este choca con el anterior cayéndose ambos, por lo que retrocede un paso.

**Tabla 1-1: Juego 1: Construyendo puentes**

<b>Juego 2: Atrapa a las gallinas</b>	
	<b>Narrativa:</b> Un campesino tiene a sus gallinas sueltas por toda su granja, por lo que pide ayuda a los alumnos para devolverlas a su corral.
<b>Alternativas / Fichas</b>	Gallinas que caminan a pasos cortos en líneas rectas y en forma intermitente, pudiendo quedar delante o detrás en perspectiva del avatar. Luego cuentan como fichas al ser atrapadas en el corral al costado izquierdo de la pantalla
	
<b>En respuesta correcta:</b> 	El avatar toma una gallina y la lanza, encestándola en el corral al lado izquierdo de la pantalla
<b>En respuesta incorrecta:</b> 	El avatar toma una gallina, pero esta escapa de sus manos.

**Tabla 1-2: Juego 2: Atrapa a las gallina**

<b>Juego 3: Vamos de pesca</b>	
	<p><b>Narrativa:</b> Al fin los alumnos pueden descansar un momento de su agotador viaje y pescar en bote en el lago con ayuda de sus cañas de pescar</p>
<p><b>Alternativas / Fichas</b></p> 	<p>Peces de color que nadan en el lago de un lado al otro por la mitad inferior de la pantalla (bajo el agua). Al ser pescados estos cuentan como fichas</p>
<p><b>En respuesta correcta:</b> </p>	<p>El avatar consigue pescar un pez, el que saca fuera del agua y deposita en su bote</p>
<p><b>En respuesta incorrecta:</b> </p>	<p>El avatar logra pescar un pez, pero al sacarlo del agua este resbala y escapa de sus manos.</p>

**Tabla 1-3: Juego 3: Vamos de pesca**

<b>Juego 4: Murciélagos atacan la torre</b>	
	<p><b>Narrativa:</b> Un soldado pide ayuda a los alumnos para montar guardia usando el arco y flecha contra el ataque nocturno de los murciélagos del malvado hechicero <i>Balaam</i>.</p>
<p><b>Alternativas</b></p> 	<p>Murciélagos de magia oscura invocados por el malvado hechicero <i>Balaam</i> que vuelan formando elipses alrededor del avatar ubicado al centro de la pantalla</p>

<b>Fichas</b>	 Monedas que quedan sobre la plataforma de la torre, las que caen desde los murciélagos que son alcanzados por una flecha
<b>En respuesta correcta:</b>	 El avatar dispara una flecha desvaneciendo al murciélago seleccionado, el cual deja caer una moneda sobre la plataforma de la torre.
<b>En respuesta incorrecta:</b>	 El avatar dispara una flecha hacia el murciélago seleccionado, pero este logra evadirla e inmediatamente vuela sobre el avatar para botar una de las monedas sobre la plataforma

Tabla 1-4: Juego 4: Murciélagos atacan la torre

<b>Juego 5: Galería de tiro en el barco pirata</b>	
	<b>Narrativa:</b> Un pirata invita a los aprendices a un juego de tiro al blanco con dardos. Lo que no saben es que los blancos son movidos por fantasmas que habitan el barco.
<b>Alternativas</b>	 Blancos de colores que se mueven desordenadamente en líneas rectas por toda la pantalla, pudiendo superponerse en cualquier momento.
<b>Fichas</b>	 Dardos que son dejados en el piso luego de acertar sobre uno de los blancos.
<b>En respuesta correcta:</b>	 El avatar lanza el dardo y da justo en el blanco que eligió como respuesta.
<b>En respuesta incorrecta:</b>	 El avatar lanza el dardo al blanco elegido como respuesta, pero falla.

Tabla 1-5: Juego 5: Galería de tiro en el barco pirata

<b>Juego 6: Alerta de fuga en la represa</b>	
	<p><b>Narrativa:</b> Los alumnos son llamados a arreglar una represa que podría romperse en cualquier momento. Para lograrlo deben apretar los tornillos indicados y bajar el medidor de peligro</p>
<p><b>Alternativas</b></p>	<p>Tornillos que están quietos y clavados al cuerpo de la represa.</p>
<p><b>Fichas</b></p>	<p>En vez de fichas acumulables, la acumulación de respuestas correctas es ilustrado por el medidor de peligro y el nivel del agua</p>
<p><b>En respuesta correcta:</b> </p>	<p>El avatar atornilla el tornillo elegido y baja el medidor de peligro junto al nivel del agua</p>
<p><b>En respuesta incorrecta:</b> </p>	<p>El avatar atornilla el tornillo elegido, pero el medidor de peligro sube junto al nivel del agua</p>

**Tabla 1-6: Juego 6: Alerta de fuga en la represa**

### 1.3 Ingeniería de Software

#### 1.3.1 Descripción general de requisitos.

La solución que se debe implementar es un software que sea compatible con la plataforma MMM, para lo que es necesario implementar una interfaz para permitir su interacción. Además, esta debe responder de forma oportuna a la acción de cada uno de los hasta 49 mouse, los que pueden ser administrados por aplicación gracias a la plataforma. Se debe proporcionar a cada mouse de usuario una ventana individual con su cursor. Dichas ventanas deben disponerse en forma de grilla, de modo de aprovechar al máximo el espacio proyectado en pantalla. Cada ventana debe ser

capaz de mostrar una variedad de objetos gráficos de forma simultánea y a la vez con otras ventanas. Además, estos objetos deben ser capaces de conformar animaciones, las que pueden involucrar la transformación de una variedad de propiedades, como la posición, opacidad, rotación y escala de dichos objetos. Estas animaciones deben poder gatillarse de forma instantánea con la acción del usuario, permitiendo determinar sus valores constituyentes en función del estado instantáneo en que los objetos involucrados se encuentran al momento de la acción. Esto implica que, además de reproducir animaciones a modo de respuesta a la acción del usuario, la aplicación debe ser capaz de conformar dichas animaciones en ese mismo instante, lo que puede conllevar un desafío si se pretende mantener los tiempos de respuesta dentro del rango aceptable para el usuario. Otro requisito importante es el despliegue alternado de una variedad de pantallas, cuyos contenidos deben poder ser guardados en memoria para que estos persistan aun cuando no son mostrados en pantalla.

### **1.3.2 Tecnología**

Para cumplir con los requisitos de compatibilidad de la aplicación, se utilizó la misma tecnología con que se desarrolló tanto la interfaz de MMM como la actividad no-lúdica antecesora de nuestro juego utilizando el lenguaje de programación C#. Además, para satisfacer los requerimientos gráficos de la solución se utilizó el sub-sistema de presentación gráfica *Windows Presentation Foundation* (WPF). Emparentada con esta tecnología se utilizó la herramienta *Expression Blend 2*, donde se construyeron las estructuras de imágenes y las animaciones de cada uno de los avatares, además de otros objetos complejos como la caña de pescar o el arco y flecha. Estas tres tecnologías mencionadas son parte del mismo marco de software de

*Microsoft .NET Framework 3.5*. Es por esto que la aplicación fue programada íntegramente en el ambiente de desarrollo *Microsoft Visual Studio 2010*.

### 1.3.3 Definición de clases

A continuación se hace una descripción general de las clases más importantes que conforma la solución implementada. Los nombres de las clases están compuestos por una o más palabras, las que se escriben juntas sin espacios ni acentos y con mayúscula al inicio de cada una de ellas. Las clases con nombre en idioma inglés son presentadas bajo la misma regla en letra cursiva.

a) **PluginHandler:**

Implementa la Interfaz *IMMMPlugin*, la que permite al *Framework* MMM el ejecutar determinados métodos de la aplicación. Dentro de dichos miembros destacan: *public void startPlugin()* (comienza la aplicación), *event pluginEnded* (evento que indica el término de la aplicación), *public void loadData* (lectura del archivo XML que contiene el progreso del curso durante las sesiones anteriores) y *public XmlNode getFinalData()* (entrega el nodo XML que contiene la información generada en la sesión para ser guardada).

b) **Contexto:**

Clase publica con parámetros globales. Implementa el patrón *singleton*. Contiene todos los objetos mouse de la sesión, el curso en juego, el objeto que capturar los eventos del teclado y las variables de configuración, entre otras.

c) **UserControlStack:**

Clase que hereda de *Stack<UserControl>*. Representa una pila de controles capaz de reemplazar el último objeto almacenado, además de disparar el evento *TopperChanged* (el objeto al tope cambió) cada vez que el objeto al tope de la pila cambia.

d) **MainWindow:**

Clase que hereda de *Window*. Conformar la ventana en donde se desarrolla toda la aplicación. Maneja una instancia de *UserControlStack* con instancias de la clase *Pantalla*. La ventana muestra en todo momento la pantalla que se encuentra al tope de la pila de pantallas, reaccionando a su eventual cambio mediante suscribirse al evento *TopperChanged* de la pila.

e) **IPausable:**

Interfaz que obliga la implementación de los métodos para pausar y resumir a todo objeto que la implemente.

f) **VentanaMouse:**

Clase que hereda de *ContentControl*. Representa una ventana individual que delimita el área de movimiento de un cursor de un mouse asignado. Si su contenido implementa la interfaz *IPausable*, este es pausado/resumido en los eventos de conexión/desconexión del mouse respectivamente.

g) **AplicacionMouse:**

Clase abstracta que hereda de *UserControl* e implementa la interfaz *IPausable*. Conformar la clase base de la cual heredan todas las clases que representen una aplicación individual para un mouse determinado.

h) **GrillaVentanasMouse:**

Clase que hereda de *Grid* (grilla en inglés). Es capaz de inicializar una grilla en cuyas celdas se instancia una *VentanaMouse* por cada mouse en juego, maximizando su área. Además contiene el método *CargarAplicacionMouse*, que instancia una *AplicacionVentanaMouse* del tipo argumentado como contenido de cada una de las *VentanaMouse* que contiene la grilla.

i) **Pantalla:**

Clase abstracta que hereda de *UserControl*. Representa la clase base de la cual heredan todas las diferentes pantallas que se muestran durante el juego, incluyendo la portada, elección de avatares, navegación de mapa, resolución de operaciones y

diapositivas. Puede guardar una referencia a la instancia de `UserControlStack` en donde es contenida, de modo de poder apilar o retirar otras pantallas bajo su propia lógica.

j) `PantallaPortada`:

Hereda de la clase `Pantalla`. Contiene la imagen portada del juego y un botón, permitiendo al profesor iniciar la elección de avatares haciéndole clic o presionando la tecla *Enter*.

k) `PantallaEleccionAvatares`:

Hereda de la clase `Pantalla`. Contiene una `GrillaVentanasMouse`, en cuyas `VentanaMouse` se instancia la aplicación de mouse `AplicacionMouseEleccionAvatar`. En ella, cada niño puede elegir a su personaje de juego. Al presionar el profesor la tecla *Enter* de su teclado, se apila una nueva pantalla de navegación de mapa de la clase `PantallaMapa`

l) `PantallaMapa`:

Hereda de la clase `Pantalla`. Instancia a la clase `VentanaMouse` de forma individual para el mouse del profesor. Esta ventana contiene a su vez la aplicación de mouse `AplicacionMapa` como único contenido visual. Aquí se navega por un Mapa usando un avatar para elegir la siguiente etapa a jugar.

m) `PantallaEtapa`:

Hereda de la clase `Pantalla`. Contiene una `GrillaVentanasMouse`, en cuyas `VentanaMouse` se instancia una aplicación de mouse que hereda de la clase `AplicacionMouseEtapa`. En esta pantalla ocurre la resolución de operaciones en la etapa escogida en el mapa. Al terminarse dispara el evento `EtapaSuperada`, la que avisa al Mapa que dibuje los nuevos caminos y nodos descubiertos.

n) `Sprite`:

Clase que hereda de `Canvas`. Conformar la clase base de la cual heredan todas las clases que representen un objeto gráfico capaz de ser animado. Implementa una serie de funciones que facilita el acceso a los valores de posición, escala, rotación,

deformación y opacidad del objeto, como también facilita el cálculo de su tamaño y la ubicación de su centro. Además implementa el patrón de composición, permitiendo que un *Sprite* pueda componerse de varios otros *Sprites*.

o) `AplicacionMouseEleccionAvatar`:

Clase que hereda de `AplicacionMouse`. Proporciona un control para elegir el avatar del jugador, seleccionándolo dentro de una lista cíclica de imágenes frontales de cada avatar.

p) `AplicacionMouseMapa`:

Clase que hereda de `AplicacionMouse`. Proporciona al jugador un control para elegir la siguiente etapa a jugar. En esta aplicación se muestra el avatar del jugador asignado sobre un Mapa, el cual condiciona el acceso a las etapas según el progreso del jugador. La aplicación se encarga de especificar al Mapa el `NodoEtapa` en sobre el cual se encuentra el avatar en todo momento, de modo de permitir al jugador iniciar su etapa respectiva.

q) `NodoEtapa`:

Clase que hereda de *Sprite*. Representa una etapa mediante un nodo en el grafo de un mapa.

r) `Mapa`:

Clase que hereda de la clase *Sprite*. Conformar un mapa que describe un grafo, cuyos nodos representan las etapas de juego. Se construye a partir del archivo `mapas.xml`. Se compone de una imagen de fondo, a la que se superponen una instancia de `NodoEtapa` por cada etapa descubierta accesible, así como los caminos abiertos entre ellas. Además se suscribe al evento `EtapaSuperada` propio de la pantalla `PantallaEtapa`, gatillando la animación de descubrimiento de nuevos caminos y etapas.

s) `DepthCanvas`:

Clase que hereda de *Canvas*. Representa un lienzo que simula profundidad de campo, lo que pretende enriquecer la gráfica del juego. Permite especificar la propiedad

*DepthCanvas.Front* (LienzoProfundidad.Adelante en español), que indica la profundidad a la que se encuentra mediante la distancia desde el plano delantero del lienzo (la pantalla) al objeto. Esto permite especificar dicho valor para cualquier objeto contenido en él, independiente de su clase. De este modo, los objetos son dibujados en orden tal que ningún objeto de menor profundidad se sobreponga a otro de mayor profundidad, simulando la profundidad de campo.

t) *AplicacionMouseEtapa*:

Clase abstracta que hereda de *AplicacionMouse*. Conformar la clase base de donde heredan todos los tipos de etapa del juego. Contiene una instancia de la clase *DepthCanvas*, donde se dibuja el avatar, la operación actual y sus alternativas, además de otras instancias de *Sprite*. La aplicación funciona como una máquina de estados o fases, pasando de una a otra según una lógica especificada. Cada una de las fases puede contener una animación o *Storyboard*, la cual es generada y exhibida al comienzo de su fase respectiva. Las fases por las que pasa la aplicación se describen a continuación:

i) *Iniciar*:

Ocurre solo cuando se da inicio a la etapa. Luego se inicia la primera operación.

ii) *IniciarOperacion*

Se muestra la siguiente operación y las alternativas para su respuesta.

iii) *ExponerAlternativas*:

Comienza el movimiento de las alternativas y se exponen al jugador para ser clicadas.

iv) *ResponderOperacion*:

Ocurre al hacer clic a una alternativa, antes de revelar si es la correcta.

v) **RespuestaCorrecta/RespuestaIncorrecta:**

Ocurre una u otra fase dependiendo si la respuesta ingresada es correcta o no respectivamente. Si es correcta se agrega una ficha y una moneda, de lo contrario se borra una ficha. Luego se procede a finalizar la operación.

vi) **FinOperacion:**

Se termina la operación actual. Si con la última respuesta se llenó la pila de fichas, se procede a la fase de reinicio, de lo contrario se inicia la siguiente operación.

vii) **Reiniciar:**

Intercambian las fichas de la pila por monedas, para luego volver la etapa a su estado inicial e iniciar la siguiente operación.

viii) **Terminar:**

Ocurre solo cuando el profesor da término a la etapa.

ix) **AplicacionMouseEtapa<tipo>:**

Clases que heredan de AplicaciónMouseEtapa. Esta especifica las imágenes y animaciones a exhibir en cada fase de la etapa tipo que representa. Las etapas tipo son: Puente, Gallina, Pescado, Murciélago, Dardo y Represa

### **1.3.4 Arquitectura**

A continuación se muestra un diagrama de clases donde se ilustra las relaciones entre las diferentes clases descritas anteriormente:

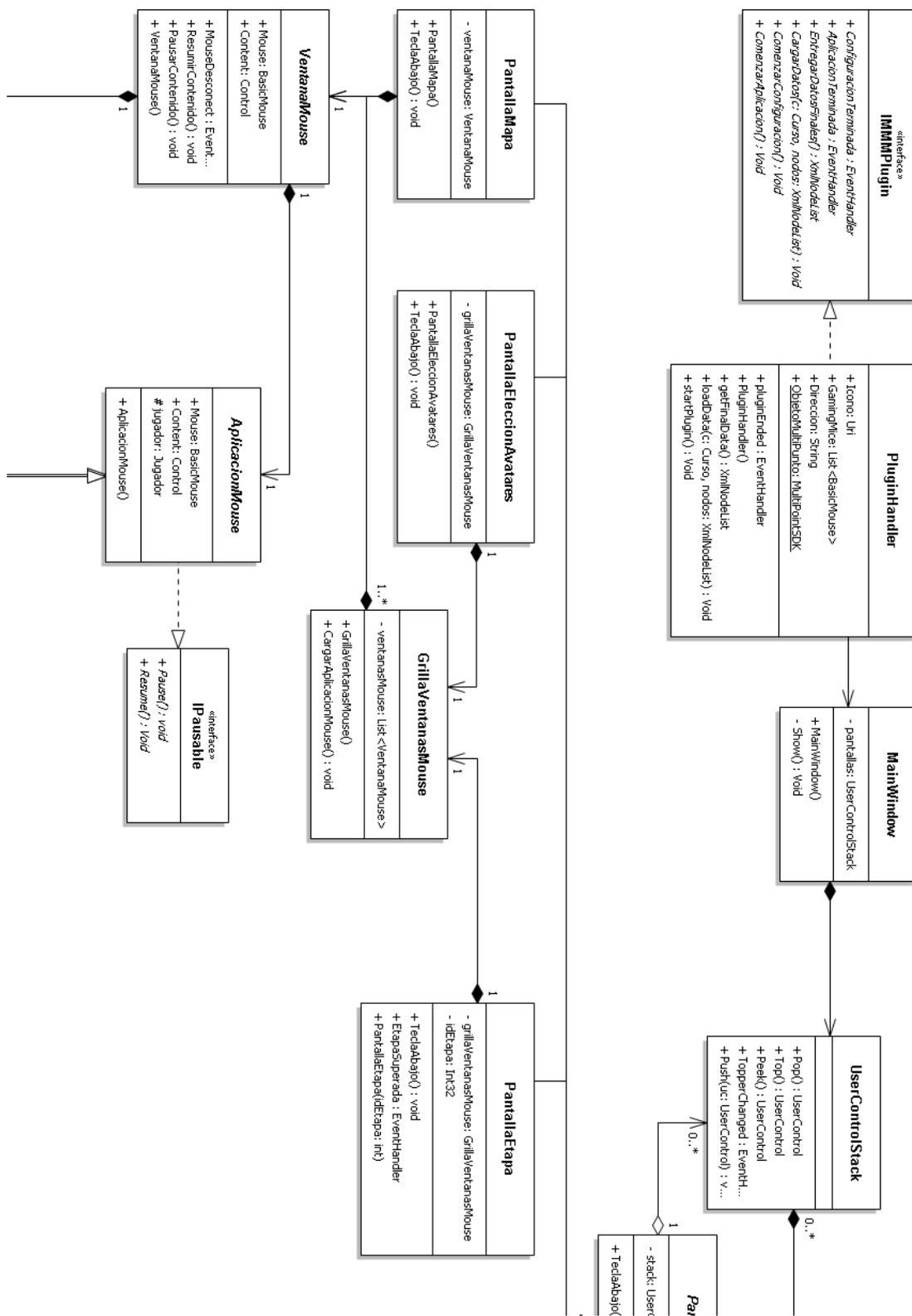


Figura 1-7: Diagrama de clases UML del software; Cuarto superior-izquierdo

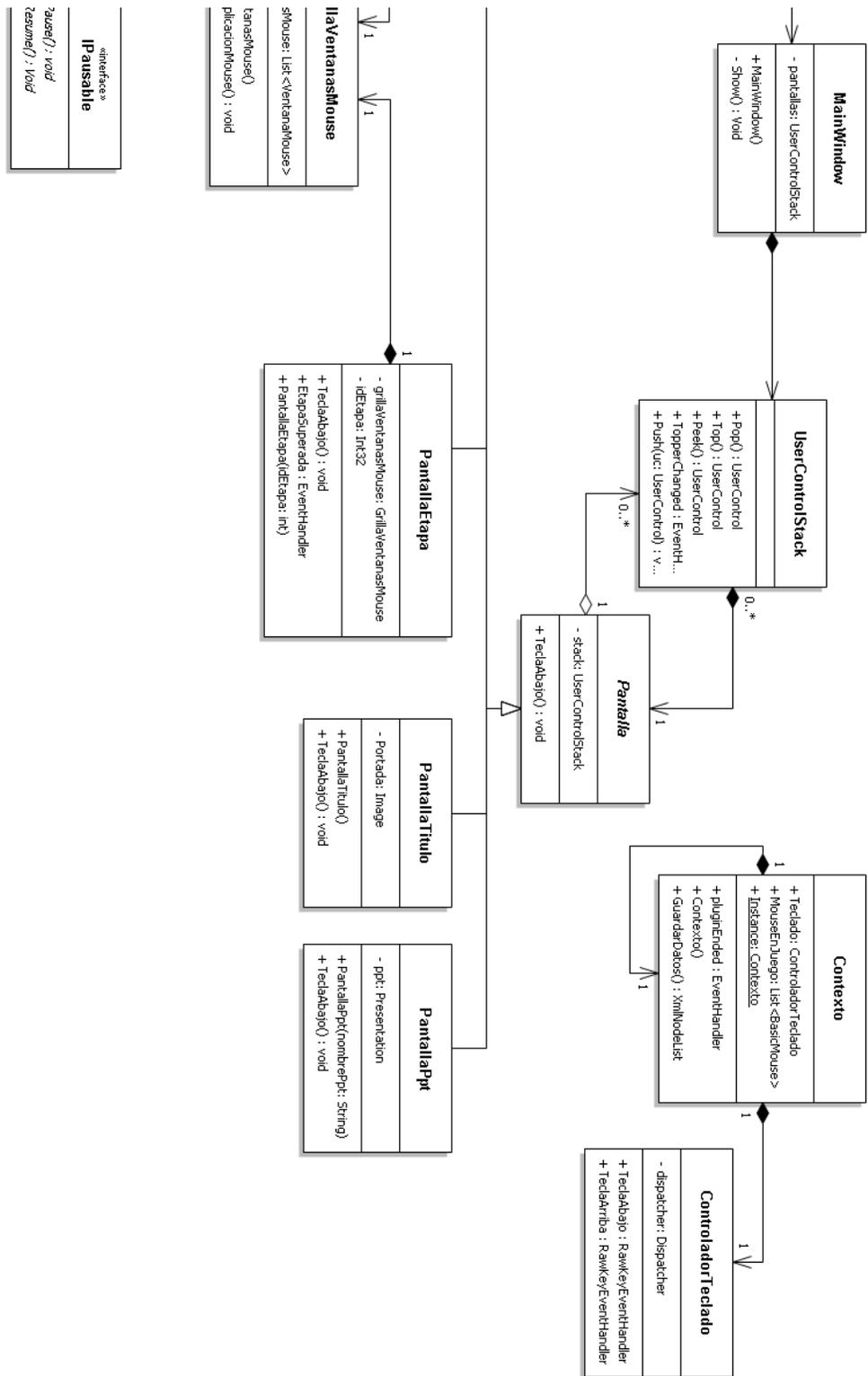


Figura 1-7: Diagrama de clases UML del software; Cuarto superior-derecho

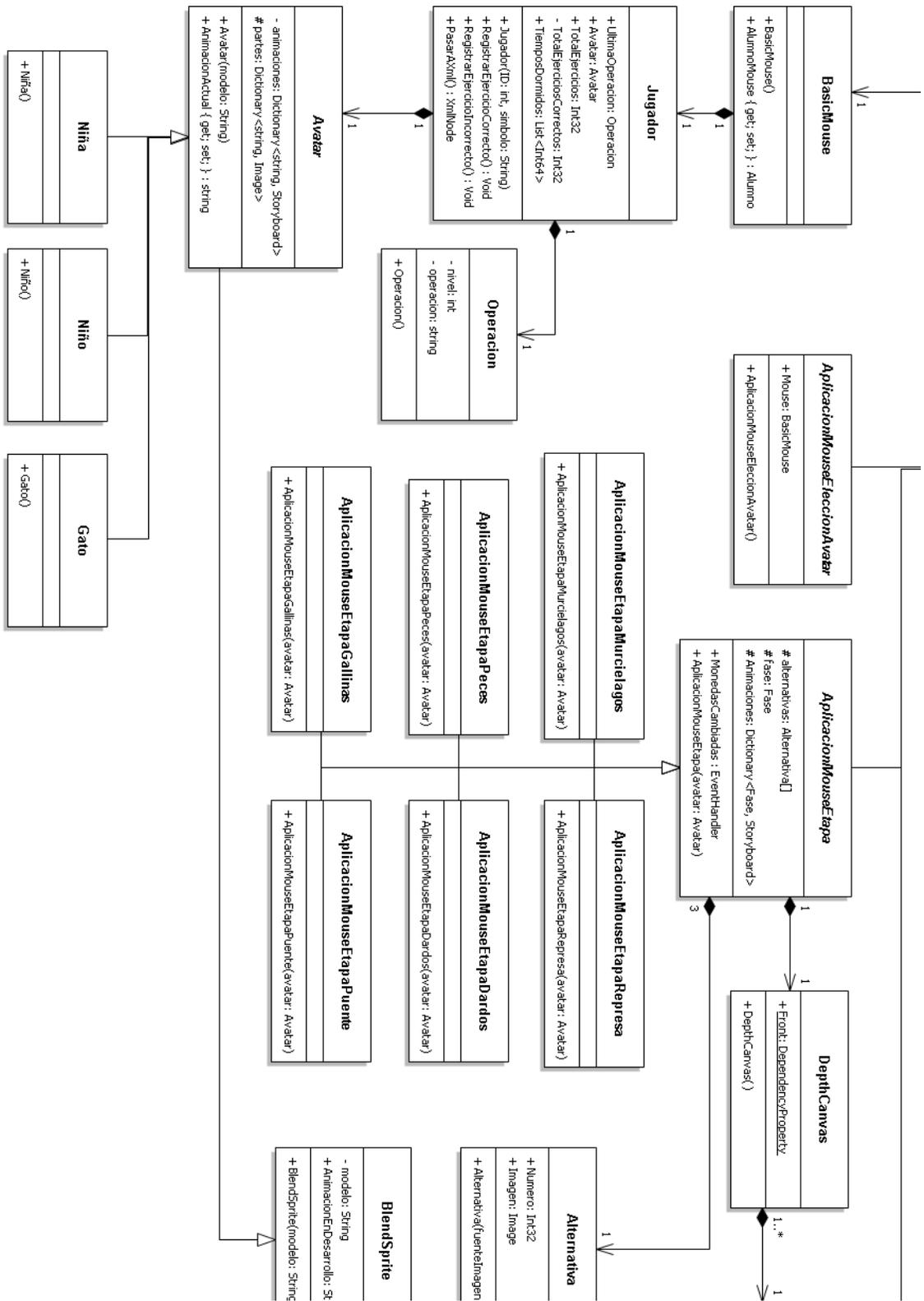


Figura 1-7: Diagrama de clases UML del software; Cuarto inferior-izquierdo



## **1.4 Trabajo experimental**

Para medir el aporte de la actividad lúdica respecto a la actividad no-lúdica, se desarrollaron ocho sesiones experimentales de aproximadamente 40 minutos en dos cursos de 3° de primaria en un mismo colegio. Dicho trabajo fue realizado en tres países distintos, incluyendo Chile, Brasil y Costa Rica, eligiendo dentro de cada uno dos colegios de distinto entorno socio-cultural (uno colegio rural y otro urbano).

### **1.4.1 Dificultades**

Durante la observación de varias sesiones de prueba en Chile, se experimentaron dificultades de diversas índoles. Quizás la mayor dificultad se presentó durante la coordinación con los colegios, principalmente por las numerosas y prolongadas movilizaciones estudiantiles ocurridas en 2011 que paralizaban el funcionamiento de establecimientos completos durante semanas. Esto no solo imposibilitaba la realización de sesiones durante tomas por parte de estudiantes o inasistencias masivas, sino que además agotaban el poco tiempo que los colegios disponían para una eventual colaboración con la investigación.

En al menos dos ocasiones la actividad resultó interrumpida por cortes de electricidad en el establecimiento educacional, ya que existía un alto consumo en calefactores que sobrecargaban el sistema.

En cuanto a la aplicación propiamente tal, por razones de tiempo no se logró implementar el correcto manejo de conexión y desconexión de mouse, imposibilitando la reincorporación de un mouse desconectado. Para solucionar este problema, al comienzo de la actividad se conectaban entre 5 y 6 mouse extras de

reserva, de modo que si el mouse de algún alumno sufre una desconexión imprevista, este pueda continuar con la actividad usando un mouse de reserva.

La falta de un testeo riguroso de la aplicación también dificultó el desarrollo de sesiones, sobre todo en las primeras ocasiones. Un error de programación podía resultar en la interrupción total de la actividad, obligando a repetir los procesos de identificación de mouse y elección de actividad para continuar. Además, la información del desempeño de los alumnos se perdía irrecuperablemente. Para evitar esta situación, se subió la frecuencia con la que los datos son guardados, de una vez por sesión (al final) a una vez por etapa (al final de cada etapa, de 2 a 3 veces por sesión). Junto con esto, los errores de programación se volvieron menos costosos, solucionándose en la medida que estos eran advertidos.

En cuanto al diseño del juego, la reducción en el número de posibles respuestas respecto a la versión no-lúdica a tan solo 3 alternativas causó que varios alumnos responder al azar muchas de sus preguntas, manteniendo una probabilidad de éxito de un 33%. Para desincentivar esta conducta, el semáforo de *feedback* advertía el peor desempeño (color rojo) al registrarse una proporción de últimas respuestas correctas menor o igual a tercio, permitiendo al profesor advertir dicha situación. Además, posteriormente se implementó un modo de respuesta dígito a dígito, donde cada símbolo debe elegirse de entre 3 alternativas exclusivas para cada uno. Esto subió el número de respuestas posibles de solo 3 a  $3^d$ , donde  $d$  equivale al número de dígitos por respuesta, haciendo más elusivo el poder acertar al azar.

### 1.4.2 Resultados

El resultado del desarrollo de software fue una aplicación de fácil adopción bien recibida por los alumnos. Durante las sesiones no surgieron mayores dudas respecto a la interfaz para responder, a diferencia de los controles numéricos para cada dígito en la actividad no-lúdica. Los alumnos tampoco tuvieron mayores inconvenientes en entender las instrucciones de cada nuevo juego que les era presentado. Esto se puede explicar por el uso de diapositivas introductorias, además de la poca variación que presentan los diferentes juegos y su forma de jugarlos.

A pesar de las abundantes animaciones, se logró trabajar con hasta 36 alumnos de forma simultánea durante las sesiones, cada uno con una instancia de la etapa en su ventana individual. Esto confirma la capacidad de los alumnos en enfocarse en su pantalla individual a pesar de las distracciones que otras pantallas en su campo visual puedan causarle.

Si bien en un principio los tiempos de respuesta (del sistema ante la acción del usuario) no fueron los deseados, la disminución tanto en la frecuencia con la que el sistema capta la información de los mouse como en la cantidad de cuadros por segundo para todas las animaciones permitieron que el juego se desarrollara de manera fluida para el usuario, acotando los tiempos de respuesta bajo los 0.2 segundos, tanto para los eventos de clic como los movimientos del mouse.

La recepción de los niños también fue muy positiva. Las diapositivas intercaladas al comienzo y final de algunas etapas mantuvieron el interés de los niños por seguir con la actividad y descubrir más contenido. La respuesta emocional que los niños

mostraron por la narración de la historia resultó patente en los registros en video durante la primera sesión introductoria, donde se pueden observar de forma clara expresiones tanto de risas como de susto dependiendo de los personajes de la narración que aparecían en pantalla. Otro aspecto que provocó entusiasmo en los niños fue la pantalla de mapa, en la que cada uno opinaba que camino deberían tomar luego de superar una nueva etapa. El interés de los niños también fue evidenciado en el test de inmersión realizado a los grupos de ambas actividades, detectándose un mayor interés de los niños por la versión lúdica, independientemente del entorno socio-cultural en donde se encuentre el establecimiento educacional.

### **1.5 Conclusiones**

Volviendo a nuestra pregunta de investigación: ¿Es posible desarrollar actividades lúdicas pedagógicas individuales para aritmética, sobre un Computador Interpersonal, para un curso completo con cada alumno con su propio mouse, compartiendo todos una misma pantalla, que sean más efectivas educacionalmente que sus actividades pedagógicas equivalentes sin componente lúdica sobre la misma tecnología, considerando las siguientes variables: aprendizaje adquirido, nivel de interrupción, interés en la actividad, respuestas proactivas al *feedback*, colaboración entre pares y satisfacción por participar de la actividad?, los resultados observados indican que si bien la incorporación de elementos lúdicos a la actividad permite aumentar el interés que los niños de 3° de primaria muestran hacia ella, así como una menor interrupción durante su desarrollo, no existió una diferencia estadísticamente significativa en la adquisición de aprendizaje de los niños comparando ambas actividades.

Dentro de las razones que podrían explicar por qué dichas mejoras no lograron una ventaja significativa en la adquisición de aprendizaje, se puede argumentar que si bien la actividad pudo resultar más entretenida y menos tediosa en el caso lúdico al responder cada ejercicio con un solo clic del mouse, se perdió la funcionalidad que la aplicación no-lúdico otorgaba a los alumnos para calcular su respuesta digito por digito en pantalla. Si bien esta tarea fue realizada en lápiz y papel de forma paralela a la actividad lúdica, su exclusión del proceso para responder en pantalla junto con la propensión a responder al azar pudo repercutir en una disminución significativa en el aprendizaje, neutralizando así un eventual aumento en el mismo. Es por esto que futuras implementaciones lúdicas de la actividad deben prestar especial atención al proceso de cálculo de cada operación, con tal de reproducir fielmente la tarea que el alumno debe aprender a realizar y desincentivar la respuesta por azar. Otra razón posible que puede explicar dicha neutralidad en el aumento de adquisición del aprendizaje es la potencial incapacidad de los alumnos para alcanzar un estado profundo y prolongado de inmersión o “flujo” (Csikszentmihalyi, 1990), el que pudo ser interrumpido por el profesor al cortar de corta abruptamente el desarrollo de cada etapa. En futuras implementaciones se debe prestar atención para no interrumpir el estado de inmersión de los alumnos, lo que puede lograrse dando un *feedback* claro a los alumnos sobre cuanto falta para terminar cada etapa o bien dotando a cada alumno con su propio flujo de juego individual.

En cuanto a la ingeniería de software, el lograr una aplicación que ejecute múltiples animaciones de forma simultánea en 49 lienzos distintos significa una importante sobrecarga a la capacidad gráfica del computador. Aunque logrado dentro de los

márgenes aceptables, la fluidez de la aplicación en su interacción con el usuario sigue siendo baja en comparación a otras aplicaciones de escritorio, lo que podría desincentivar su uso para los usuarios. Se sugiere en futuras implementación liberar al *thread* principal de la lógica de cada celda, transfiriendo su ejecución a un *thread* individual para la interacción con cada alumno. De este modo se deja libre al *thread* principal para responder de manera rápida a las actualizaciones del contenido en pantalla impuestas a por el *thread* gráfico del *framework* WPF, disminuyendo los tiempos de responder con *feedback* gráfico a cada alumno.

Si bien la nueva versión lúdica de la actividad logró mejorar la disposición y el interés de los niños hacia la actividad, se cree que un diseño más elaborado del juego que involucre objetivos lúdicos más desafiantes y variados podría aumentar el provecho de una componente lúdica en el aumento del aprendizaje. Algunos elementos lúdicos en el diseño, como la personalización de los avatares a medida que el alumno progresa en el juego, fueron descartados por tiempo, los que pudieron aportar a mejorar el flujo del juego y su capacidad para aumentar el aprendizaje de los alumnos.

## **2            ENSEÑANDO    ARITMÉTICA    USANDO    VIDEO    JUEGOS** **EDUCATIVOS            CON            EL            COMPUTADOR** **INTERPERSONAL** **Introducción**

Jugar, en sus diversas formas, constituye una parte importante en el desarrollo cognitivo y social de los niños (Csikszentmihalyi, 1990; Durkin, 2010, Piaget, 1951). Los videojuegos se han convertido en lo que Preiss y Sternberg (2005) llaman “una tecnología radical”. Las tecnologías radicales tecnologías son usadas frecuentemente y altamente difundidas, como lo son el alfabeto y el sistema numérico Árabe. Según Preiss y Sternberg, las tecnologías radicales son usadas con tal frecuencia que se vuelven parte de nuestra mentalidad y tienen el poder de reestructurar la cognición humana. Estas no tienen efectos que se limiten a habilidades específicas, sino que forman fundamentalmente la forma en que la información es procesada y representada. Dichos efectos de las tecnologías radicales corresponden en mayor o menor medida a lo que Salomon y Perkins (2005) denominan “efecto mediante tecnología”; lo que es decir, su impacto en la reorganización de la actividad cognitiva.

Una de las posibles explicaciones para el éxito de un videojuego es lo diferente que son comparados con los medios tradicionales (como libros, películas, o televisión); los videojuegos se caracterizan por su capacidad de permitir a los jugadores participar de manera activa en un mundo virtual, donde tienen control sobre lo que pueda o no pueda ocurrir (Gee, 2003).

Por lo tanto, los videojuegos pueden ser usados como poderosas herramientas de aprendizaje, permitiendo a los jugadores entrar en un estado óptimo de

concentración, inmersión, o “flujo” (Bowman, 1982, Csikszentmihalyi & Larson, 1980). Varios estudios concluyen que en su totalidad, aprender con videojuegos tiene un efecto positivo sobre el logro, la actitud hacia la actividad y el autoconocimiento de los estudiantes, en comparación con la instrucción tradicional (Lou, Abrami, & d’Apollonia, 2001).

Los juegos educativos son herramientas lúdicas para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje. El jugar es, por sobre todo, una experiencia de aprendizaje (Rosas, Nussbaum, Cumsille, Marianov, Correa, Flores et al., 2003). El uso de juegos computacionales favorece el desarrollo de habilidades de pensamiento complejo relacionadas con la resolución de problemas (Sancho-Thomas, Fuentes-Fernández, Gómez-Martín, & Fernandez-Manjón, 2009; Shih, Shih, Shih, Su, & Chuang, 2010), la planificación de estrategias (McFarlane, Sparrowhawk, & Heald, 2002), y el aprendizaje auto-regulado (Mayo, 2009). Los juegos de computador pueden también apoyar diferentes estilos de aprendizaje (Connolly & Stansfield, 2007), ya que su velocidad y nivel de dificultad pueden ser ajustados según el jugador (Alcoholado, Nussbaum, Tagle, Gomez, Denardin, Susaeta et al., 2011).

En paralelo al desarrollo de videojuegos educativos, en los últimos años, estrategias para optimizar el uso de recursos tecnológicos ha sido desarrollado con el objetivo de facilitar la adopción a gran escala de la tecnología en la sala de clases. En particular, el Computador Interpersonal destaca por su bajo costo de adquisición y mantenimiento (Dillenbourg, Huang, Cherubini, Kaplan, Do-Lenh, Bachour et al., 2009). Con un Computador Interpersonal, múltiples usuarios ubicados en un mismo espacio comparten un dispositivo de salida, como así lo es una pantalla de

computador, pero cada usuario tiene su propio dispositivo de entrada, el cual usan para interactuar simultáneamente con el mundo virtual.

El Computador Interpersonal es muy atractivo para colegios en países en desarrollo, donde la infraestructura computacional es una barrera de entrada (Trucano, 2010). El costo es el elemento clave en la adopción a gran escala de la tecnología en la sala de clases, siendo este el motivo de que el Computador Interpersonal sea una propuesta tan atractiva, ya que centraliza los recursos minimizando la cantidad de equipamiento y soporte técnico requerido.

El uso de múltiples entradas ha sido estudiado por un número de investigadores que han buscado demostrar sus efectos al trabajar en parejas con una misma pantalla (Paek, Agrawala, Basu, Drucker, Kristjansson, Logan et al., 2004). El Computador Interpersonal refuerza el proceso de aprendizaje cuando el profesor y el estudiante están en el mismo espacio físico, ya que la tecnología no solo captura su atención y los motiva, sino que además media significativamente la construcción de conceptos (Smith, Gentry, & Blake, 2011). Los resultados muestran que niños controlando su propio dispositivo de entrada en una situación con pantallas compartidas son más activos, y por lo tanto demuestran menos aburrimiento y menos actitudes disruptivas (Infante, Weitz, Reyes, Nussbaum, Gómez, & Radovic, 2010). Un aspecto fundamental que favorece la interactividad entre los estudiantes, y particularmente su nivel de motivación, es el hecho que la actividad hace que cada uno de los estudiantes trabajen con sus propios objetos; cada estudiante controla su propio dispositivo de entrada, forzándolos a participar y volverse protagonistas de su propio aprendizaje (Infante, Hidalgo, Nussbaum, Alarcón, & Gottlieb, 2009). Basado en este

modelo, varias actividades pedagógicas han sido desarrolladas para apoyar diferentes necesidades académicas (Infante et al., 2009; Alcoholado et al., 2011).

Consistente con lo anterior, y entendiendo las potencialidades de usar videojuegos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la oportunidad real de adopción tecnológica que el Computador Interpersonal permite, nuestra primera pregunta de investigación es la siguiente: ¿Es posible desarrollar actividades lúdicas pedagógicas para el Computador Interpersonal que mejoren el aprendizaje en comparación a actividades no-lúdicas?

Por otra parte, de acuerdo con Zaharias y Papargyris (2009), la cultura es potencialmente un factor importante para determinar el desempeño y la satisfacción del usuario con los videojuegos. La cultura es también uno de los factores que influyen las preferencias del usuario, de acuerdo a Ramli, Zin and Ashaari (2011). Como jugar y como resolver un desafío de un videojuego son actividades influenciadas comúnmente por las experiencias y el ambiente de los alumnos (Fang & Zhao, 2010), los que en ocasiones son considerados valores culturales (Shumann, 2009). Así emerge nuestra segunda pregunta de investigación: ¿Es la cultura un factor que influye el aprendizaje y/o el interés de los estudiantes al interactuar con actividades lúdicas en un Computador Interpersonal?

En la siguiente sección, presentamos el videojuego desarrollado, basado en el uso del Computador Interpersonal para enseñar matemática básica, y usado para responder nuestras preguntas de investigación. El diseño experimental es presentado en la Sección 3. Los resultados obtenidos en tres países estudiados (Brasil, Chile y Costa

Rica) son explicados en la Sección 4. Finalmente, la Sección 5 cierra el paper con nuestras conclusiones.

## 2.2 Actividades matemáticas pedagógicas lúdicas para el Computador Interpersonal (AMPLCI)

### 2.2.1 Estructura del Computador Interpersonal

A cada alumno le es asignada una celda en una pantalla compartida (Figura 1-1), donde trabajan individualmente, sin posibilidad de salirse de su celda asignada. Mediante la persistencia de datos el sistema guarda un registro de cada etapa que el estudiante completa. Esto permite a cada estudiante trabajar a su propio ritmo durante varias sesiones. Para facilitar el proceso de identificación, a cada alumno le es asignado un símbolo único que aparece en pantalla (Alcoholado et al., 2011). El uso de símbolos acelera el proceso de búsqueda de información y promueve la rápida asimilación del usuario al software (McDougall, de Bruijn, & Curry, 2000).

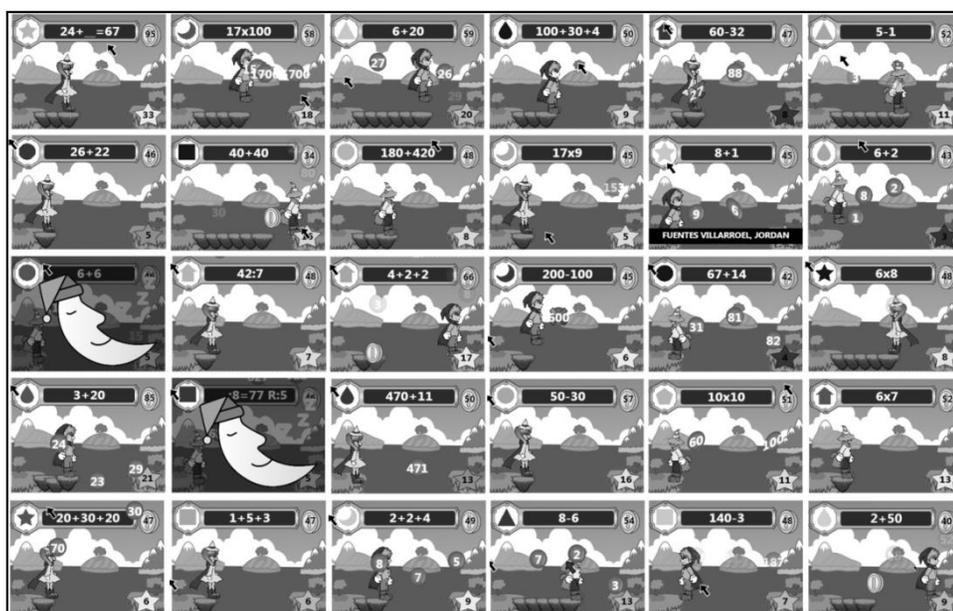


Figura 1-8: Pantalla compartida

La mediación de los profesores es esencial; son responsables de proveer el andamiaje que guiará a los estudiantes desde su Zona de Desarrollo Próximo (Vigotsky, 1978) donde desarrollan su potencial de aprendizaje al máximo. Sin embargo, el aprendizaje no está necesariamente relacionado con la inteligencia, sino más bien al contexto social; muchos niños requieren que las tareas asignadas a ellos estén mejor estructuradas, lo que a veces requiere una mayor mediación y orientación. Con esto en mente, el sistema provee al profesor de retroalimentación instantánea sobre el estado de cada alumno mediante la misma pantalla compartida, la que permite al profesor identificar que estudiantes necesitan ayuda y como están desempeñándose. En cada uno de los lugares de trabajo de los estudiantes, se muestra el número de ejercicios completados, y la proporción de respuestas correctas e incorrectas. Esto da al profesor una visión global instantánea del progreso de la clase y de cada estudiante, permitiéndoles en turno intervenir donde sea más necesitado.

El profesor puede encontrar a un estudiante específico moviendo su cursor, el que puede moverse libremente a través de la pantalla, hacia el espacio de trabajo del estudiante que desean apoyar; cuando el símbolo que identifica al estudiante es elegido, mostrará el nombre del estudiante.

### **2.2.2 Diseño pedagógico lúdico**

La AMPLCI es diseñada para enseñar aritmética usando juegos, permitiendo la creación de ejercicios según la tasa de progreso de cada niño. Esta ocupa un sistema basado en reglas desarrollado por Alcoholado et al., (2011) formado por 62 reglas pedagógicas, de las cuales 18 se refieren a suma, 18 a resta, 13 a multiplicación y 16 a división. El orden de dichas reglas siguen la secuencia definida por los marcos

curriculares de Chile (Mineduc, 2009), Brasil (MEC, 1997) y Costa Rica (MEP, 2005), respectivamente. El número de ejercicios asignados para cada regla depende del nivel de habilidad de cada estudiante; para avanzar de concepto, por ejemplo, una regla, el estudiante debe resolver exitosamente al menos 10 ejercicios consecutivos, o bien 8 ejercicios dentro de los últimos 15, estando los últimos 3 correctos (Alcoholado et al., 2011).

Para asegurar que la actividad se desarrolle en un ambiente de fantasía y logre una mayor inmersión de los estudiantes en el juego, es necesario desarrollar una narrativa que incorpore elementos de desafío y recompensa (Aleven, Myers, Easterday, & Ogan, 2010; Baek, 2008; Moreno-Ger, Burgos, Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2008).

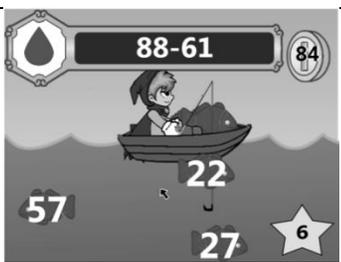
Según Sweetser y Johnson (2004), la narrativa de un videojuego es importante para atraer a los jugadores al juego y mantenerlos inmersos, ya que provee al jugador de una trama y ambiente, y los hace sentir parte de la historia. Además, según Fong-Ling Fu, Rong-Chang Su, and Sheng-Chin Yu (2009), las narrativas son una forma efectiva para enseñar al jugador como jugar. La narrativa del juego, usada tanto para desarrollar la historia (Qin, Rau, & Salvendy, 2009) como para resolver problemas, puede dividirse en dos partes:

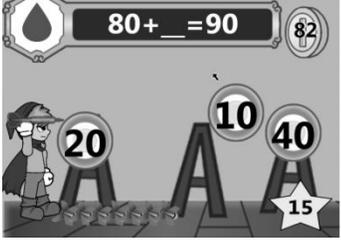
a) Historia:

Al comienzo de la actividad, el profesor presenta la historia y el objetivo general a los estudiantes (en un país mágico un hechicero roba sus piedras mágicas, enterrándolas profundamente en el océano, y formando pequeñas islas; el desafío es explorar las diferentes islas con el objetivo de encontrar las piedras mágicas robadas y restablecer el orden geográfico)

## b) Objetivos específicos:

Los objetivos del juego deben ser transmitidos clara y directamente a los jugadores (Pagulayan, Keeker, Wixon, Romero, & Fuller, 2003). A medida que los estudiantes exploran las islas, encontrarán varios desafíos representados por diferentes juegos relacionados con la historia principal (Tabla 1-7). Seis diferentes desafíos fueron definidos por las actividades pedagógicas correspondientes (Tabla 1-7).

Gráfica de juego	Contexto	Elementos
	<p><b>Construyendo Puentes:</b> Actividad pedagógica lúdica ligada a la narrativa principal del juego. El objetivo es mover al avatar hacia adelante al agregar pedazos al puente.</p>	<p>Las “esferas mágicas” caen del cielo o se vuelven opacas en posiciones aleatorias en pantalla.  <b>Retroalimentación positiva:</b> Un pedazo es agregado al puente.  <b>Retroalimentación negativa:</b> El avatar retrocede y el Puente pierde un pedazo.</p>
	<p><b>Atrapando Gallinas:</b> Después de que el país mágico ha sido agitado, los granjeros han quedado con sus cercas rotas. El objetivo es capturar todas las gallinas que han escapado.</p>	<p>Las gallinas saltan aleatoriamente.  <b>Retroalimentación positiva:</b> Una gallina es capturada y mandada de vuelta a la cerca  <b>Retroalimentación negativa:</b> Una gallina escapa saltando la cerca.</p>
	<p><b>Espantando Murciélagos:</b> El malvado hechicero ha mandado murciélagos para robar las riquezas. El objetivo es asustar a los murciélagos y salvar las riquezas.</p>	<p>Los murciélagos se mueven en patrones circulares en torno al avatar  <b>Retroalimentación positivo:</b> Los murciélagos son espantados y una moneda de oro es recuperada  <b>Retroalimentación negativa:</b> El murciélago ataca al avatar y roba una moneda.</p>
	<p><b>Pescando:</b> Un momento de relajación, donde cualquier cosa que se pesque puede ser vendida para acumular monedas para el viaje.</p>	<p>El pescado se mueve aleatoriamente de izquierda a derecha.  <b>Retroalimentación positiva:</b> El pescado es guardado en el bote y aparecen monedas.  <b>Retroalimentación negativa:</b> El pescado escapa y otro salta fuera del bote.</p>

	<p><b>Represa:</b> Debido a la agitación del país, las represas están cerca de colapsar. El objetivo es mantener el indicador de presión de la represa, en verde para que la represa no se quiebre.</p>	<p>Los tornillos que controlan la presión del agua se vuelven opacos.  <b>Retroalimentación positiva:</b> Los tornillos dejan salir parte de la presión de la represa y se gana algo de oro.  <b>Retroalimentación negativa:</b> La represa se rompe y el jugador pierde una moneda</p>
	<p><b>Barco Pirata:</b> Un momento de relaxo, pero también más difícil por la complejidad en el movimiento de los blancos.</p>	<p>Los blancos se mueven aleatoriamente, incluyendo la posibilidad de superponerse uno a otro.  <b>Retroalimentación positiva:</b> El dardo se guarda en el piso y se gana una moneda.  <b>Retroalimentación negativa:</b> El dardo se cae y se pierde una moneda.</p>

**Tabla 1-7: Actividades pedagógicas**

Cada espacio de juego individual está compuesto por 9 elementos (Figura 1-9):

i) Identificación (1):

A cada jugador le es asignado un símbolo único de color para ser identificado.

ii) Ecuación (2):

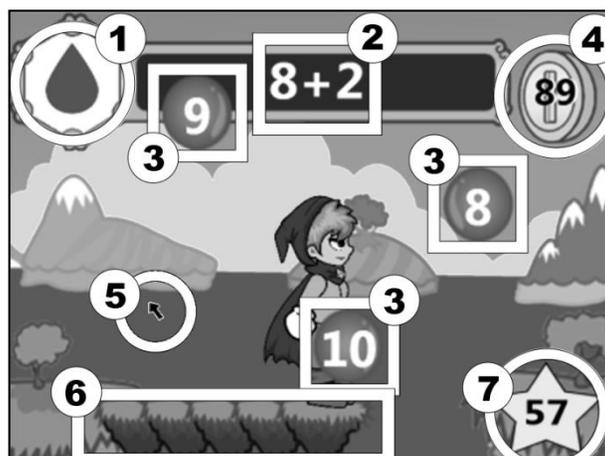
Área que muestra la ecuación matemática que el estudiante debe completar.

iii) Alternativas (3):

El niño debe escoger la respuesta correcta de un conjunto de alternativas.

iv) Recompensa (4):

Elemento lúdico que representa la recompensa total ganada en cada sesión. Esta puede ser adquirida de cada respuesta correcta o por cada nivel completado en el juego. El juego debe usar el puntaje del jugador para representar su progreso y dar retroalimentación positiva para mejorar su maestría del juego (Federoff 2002; Fong-Ling Fu et al., 2009)



**Figura 1-9: Espacio de juego individual**

v) Puntero del jugador (5):

Representa el cursor de cada niño, el cual solo puede moverse dentro de su propia celda.

vi) Retroalimentación del progreso del juego (6):

Esto muestra cuanto progreso se ha logrado en el juego para una actividad lúdica específica. En este caso, el número de partes del puente que han sido construidos.

vii) Retroalimentación pedagógica (7):

Representa el número de preguntas contestadas en la sección, con colores que indican el logro: 66.6% o más correcto es verde, 33.3%-66.6% es amarillo, y 0.00%-33.3% es rojo.

viii) Retroalimentación para la alternativa correcta (8):

Considerando a aserción de Fong-Ling Fu (2009), los jugadores siempre pueden ver sus resultados y progreso en el juego con acceso inmediato a la información con respecto a cada acción del jugador. Esto se logra usando tres animaciones que indican cuando un ejercicio es respondido correctamente (Figura 1-10a), cuando un nivel del juego es completado exitosamente (Figura 1-10b), y cuando un ejercicio es respondido de forma incorrecta (Figura 1-10c).



**Figura 1-10:** (a) feedback positivo- (b) feedback lúdico- (c) feedback negativo y (d) Inactividad

ix) Alerta (9):

En caso de que un niño que no toma parte en la actividad, por ejemplo, está inactivo por más de 120 segundos, un símbolo dormido es mostrado en su celda (Figura 1-10d).

x) Avatar (10):

Al comienzo de la sesión, cada alumno elige su personaje para el juego, su Avatar, el cual según Annetta (2010), permite a los jugadores identificarse como miembros individuales de la comunidad de video-jugadores. (Tres avatares diferentes se muestran en la Figura 1-8)

Considerando el tamaño reducido de cada celda, y tomando en consideración la sugerencia hecha por Federoff (2002), la interfaz fue desarrollada para ser lo más simple y fluida posible para facilitar el uso del videojuego. Pilke (2004) indica que la interfaz de usuario debe ser tan clara y fácil de usar como sea posible para reducir el procesamiento cognitivo innecesario. Mientras más intuitiva sea la interacción videojuego-jugador, mayor será la probabilidad de que exista un estado de “flujo”. Haciendo uso de la convención y las tendencias de diseño de videojuegos, la curva de aprendizaje del jugador es minimizada (Federoff, 2002; Desurvire, Caplan, & Toth, 2004; Fong-Ling Fu et al., 2009). La interfaz debe ser consistente durante el videojuego y debe adherirse a los estándares en el campo (Fong-Ling Fu et al., 2009).

El estudiante no debe necesitar aprender cómo manejar todos los elementos de la interfaz para acceder al contenido pedagógico, lo que es, después de todo, el objetivo del videojuego.

Un videojuego es adecuado cuando crea un estado de “flujo”, el que permite al jugador mantener su interés en el juego (Csikszentmihalyi, 1990; Annetta, 2010). Un videojuego educacional debe buscar un balance entre la diversión y el valor educacional (Prensky, 2001). El profesor está a cargo de regular la dimensión lúdica ya que el progreso del niño en los diferentes niveles se basa en la apreciación del profesor sobre las necesidades del estudiante, mientras que los requerimientos pedagógicos son regulados por el sistema de reglas previamente establecido. En orden de lograr esto, el profesor debe decidir cuál de las narrativas secundarias (por ejemplo, los varios juegos) debe ser elegida y cuando.

### **2.3 Diseño experimental**

Nos propusimos dos preguntas de investigación: (1) ¿Es posible desarrollar actividades pedagógicas lúdicas para el Computador Interpersonal que mejoren el aprendizaje en comparación a actividades no-lúdicas? y (2) ¿Es la cultura un factor que influencia el aprendizaje y/o el interés de los estudiantes al interactuar con una actividad lúdica en el Computador Interpersonal? Para responder estas preguntas, diseñamos un estudio comparativo experimental en las siguientes ciudades: Santiago, Chile; Guaratinguetá, Brasil; y San Ramón, Costa Rica. Por cada ciudad, se eligieron un colegio rural y otro urbano. La comparación de datos entre las escuelas se muestra en la Tabla 1-8. Los cursos Chilenos tuvieron la mayor cantidad de estudiantes, seguidos por los cursos en Costa Rica, y luego en Brasil. Hay laboratorios de

computadores en todos los colegios urbanos (y en la escuela rural Chilena), pero solo en Chile y Brasil son de uso frecuente. La situación socio-demográfica en los tres países es similar, pero con algunas variaciones. Tabla 1-8 ilustra como las áreas rurales se destacan por la prevalencia de la labor agrícola, en comparación con áreas urbanas las que dependen principalmente de trabajos en la industria de servicios.

Preguntas	Ubicaciones					
	Chile		Brasil		Costa Rica	
	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
# de estudiantes en la escuela	600	1690	120	495	400	645
# de cursos en la escuela	18	47	6	16	16	26
# promedio de estudiantes por curso	32	37	20	19	25	24
Laboratorio de computación	Si	Si	No	Si	No	Si
Frecuencia de uso del laboratorio de computación (semanal)	1	1	-	2	-	-
Nivel educacional de los padres	Primario	Primario	Primario Incompleto	Secundario Incompleto	Primario Incompleto	Secundario Incompleto
Edad de los padres (años)	32-35	25-30	35-38	40-44	37-42	40-44
Número de miembros de la familia	5	3	7	4	5	4
Perfil profesional	Granjeros	Trabajadores y amas de casa	Granjeros	Trabajadores en la Industria de Servicios	Granjeros	Amas de casa y trabajadores en la Industria de Servicios

**Tabla 1-8: Escuelas y datos de ubicación**

Para responder a la primera pregunta de investigación respecto al valor agregado de una componente lúdica en una actividad pedagógica para el Computador Interpersonal, dos aplicaciones fueron comparadas en cada uno de los colegios

participantes, una con la componente lúdica previamente descrita, y otra sin dicha componente (Alcoholado et al., 2011). Sin embargo, esto no fue posible en Brasil, ya que en la ubicación rural no hubo una escuela con al menos dos cursos de tercer grado representativos de la región. Las principales características de cada uno de los cursos participantes se muestran en la Tabla 1-9. La discrepancia entre el número de estudiantes en cada clase y el número de estudiantes que participaron (en la experiencia) fue causado por la manera en “participante” fue definido; solo aquellos estudiantes que tomaron las dos evaluaciones (pre y post) fueron considerados como participantes. Además, en cada curso, con la ayuda del profesor, los estudiantes que destacaron por su conducta revoltosa fueron catalogados como estudiantes hiperactivos. También identificamos estudiantes con Déficit Atencional y repitentes. Es importante notar que un mismo estudiante puede caer en más de una de estas tres categorías.

País	Chile					Brasil				Costa Rica			
	Rural		Urbano			Rural	Urbano			Rural	Urbano		
Tipo	Lúdico	No-Lúdico	Control	Lúdico	No-Lúdico	Lúdico	Control	Lúdico	No-Lúdico	Lúdico	Control	Lúdico	No-Lúdico
Estudiantes en el curso	36	32	32	35	36	22	27	19	23	28	23	24	25
Estudiantes participantes	28 (15;13)	25 (12;13)	25 (18;7)	25 (14;11)	22 (10;12)	19 (10;9)	18 (10;8)	17 (9;8)	16 (7;9)	17 (8;9)	20 (9;11)	18 (10;8)	21 (12;8)
Estudiantes Hiperactivos	3	2	3	2	3	2	3	4	3	1	2	2	3
Estudiantes con Déficit Atencional	5	2	2	3	2	3	4	2	1	2	2	2	1
Estudiantes Repitentes	3	3	3	2	3	2	2	2	0	0	1	1	2
Duración de la actividad (semanas)	6	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	3	3

**Tabla 1-9: Características del curso**

Los participantes, tanto niños como niñas (indicados en la segunda fila de la Tabla 1-9, siendo el número de niñas el primer número del par), fueron tomados de cursos de 3er grado y de un rango de edad desde los 8 a los 10 años.

Para cada escuela, fueron realizadas un total de ocho sesiones de aproximadamente 45 minutos cada una, distribuidas en un lapso de tiempo según la disponibilidad de cada escuela (entre tres y seis semanas). El periodo de tiempo más largo ocurrió en la escuela rural Chilena, producto del número de feriados durante el período experimental, mientras el período más corto ocurrió en la escuela urbana de Costa Rica, dada las restricciones impuesta por dicha escuela que apresuraron el término sus actividades. En la escuela rural de Costa Rica, desde la 5ta sesión en adelante, un número significativo de estudiantes no asistieron a la actividad debido a la temporada de cosecha del café. Esto hizo imposible aplicar el post-test, lo que impidió que el experimento no-lúdico se terminara completamente. Interesantemente, sin embargo, en la misma escuela en Costa Rica donde la actividad no-lúdica fue cancelada, fue posible realizar el experimento lúdico en condiciones similares a las presentadas en la escuela urbana Costarricense. El personal de los tres cursos indicó que en general, la asistencia fue mayor al promedio en comparación a otros días regulares. La asistencia de los estudiantes (durante las sesiones) se presenta en la Tabla 1-10.

País	Chile				Brasil			Costa Rica		
Ubicación	Rural		Urbano		Rural	Urbano		Rural	Urbano	
Modelo	Lúdico	No-Lúdico	Lúdico	No-Lúdico	Lúdico	Lúdico	No-Lúdico	Lúdico	Lúdico	No-Lúdico
Media	7.26	6.6	6.76	7.55	6.85	6.74	6.81	6.39	6.17	6.05
s	0.81	1.5	0.52	0.8	1.44	1.88	1.52	1.24	1.15	1.14
Max	8	8	7	8	8	8	8	7	7	7
Min	5	3	5	5	6	5	3	3	3	3

**Tabla 1-10: Asistencia de los alumnos**

### 2.3.1 Resultados cuantitativos

En todas las clases participantes, se aplicó un pre-test al comienzo del estudio experimental. Esto consistió en una evaluación individual del conocimiento previo que cada estudiante tenía sobre la suma, resta, multiplicación y división de una duración máxima de 45 minutos. Esa evaluación contenía 45 ejercicios matemáticos designados para identificar habilidades de los niños de 3° grado de primaria (Alcoholado et al., 2011). Al final de las 8 sesiones, un post-test fue efectuado con el mismo instrumento y en las mismas condiciones.

País	Entorno	Tipo	Significancia	Pre-Test		Post-Test		$\Delta\%$ Grupo	Alfa de Cronbach	D de Cohen	Impacto
				$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s				
Chile	Rural	Lúdico	<0.001	26,70	6,85	30,26	8,23	13%	0,91	0,48	mediano
		No Lúdico	<0.00001	28,24	9,58	31,68	9,91	12%	0,92	0,36	pequeño
	Urbano	Control	<0.001	12,35	5,99	14,39	6,38	17%	0,88	0,34	pequeño
		Lúdico	<0.0001	13,64	5,31	16,36	4,67	20%	0,74	0,55	mediano
		No Lúdico	<0.0001	11,09	5,14	13,95	4,80	26%	0,85	0,59	mediano
Brasil	Urbano	Control	<0.001	29,83	9,68	33,78	8,54	13%	0,94	0,44	mediano
		Lúdico	<0.001	23,06	9,48	27,06	9,70	17%	0,93	0,43	mediano
		No Lúdico	<0.001	28,19	9,64	32,63	9,24	16%	0,93	0,49	mediano
Costa Rica	Rural	Lúdico	<0.0001	18,94	5,68	23,71	5,11	25%	0,79	0,91	grande
	Urbano	Control	<0.00001	19,15	8,98	22,25	8,28	16%	0,93	0,37	pequeño
		Lúdico	<0,001	17,06	8,56	20,50	8,74	20%	0,91	0,41	mediano
		No Lúdico	<0,001	19,67	5,64	23,62	7,40	20%	0,78	0,62	mediano

**Tabla 1-11: Resultado de pre-test y post-test**

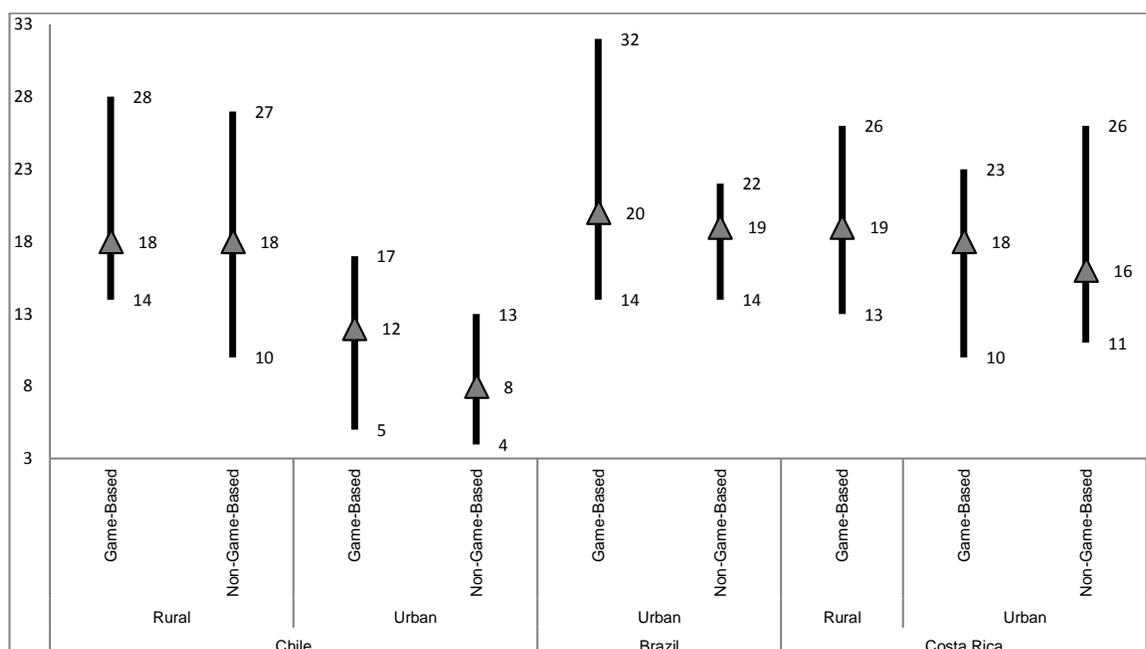
De acuerdo con Bland y Altman (1997), un valor mayor a 0.6 para el Alfa de Cronbach indica que el test aplicado es aceptable para clasificar estudiantes, basado en el contenido entregado. Para todas las muestras, el pre-test obtuvo un Alfa de

Cronbach mayor a 0.79, excepto por el grupo rural Brasileiro que solo alcanzó un 0.52 y fue removido de la muestra.

El progreso alcanzado por los 12 grupos fue significativo en todos los casos, como muestra la Tabla 1-7. Es posible notarlo en contextos comparables, por ejemplo, entre clases en escuelas urbanas, o entre clases en escuelas rurales dentro del mismo país, los estudiantes que usaron la versión lúdica de la aplicación y aquellos que usaron la no lúdica presentaron resultados finales similares (Tabla 1-11,  $\Delta\%$  Grupo). Por ejemplo, en Brasil urbano, la diferencia entre la metodología lúdica y la no lúdica fue del 1%, mientras que en Costa Rica urbana no hubo diferencia entre ambos grupos. Por otro lado, en los tres países, los grupos tecnológicos (lúdicos y no lúdicos) consistentemente obtuvieron mejores resultados que los grupos de control. Para todos los grupos tecnológicos, los resultados del pre-test tuvieron una correlación de -0.85 con el resultado final (Tabla 1-11,  $\Delta\%$  Grupo); mientras más bajo era el puntaje obtenido en el pre-test, más altos eran los resultados en el post-test, lo que indica que la aplicación fue más efectiva en los grupos más débiles.

La Figura 1-11: Distribución del número de reglas pedagógicas estudiadas., ilustra el progreso de cada niño al final de la experiencia, medido en reglas pedagógicas (eje Y), para cada uno de los estudiantes (eje X). Tres valores son indicados para cada colegio, el más grande es el promedio del 25% de los estudiantes que al finalizar la experiencia lograron el mayor progreso en el número de reglas pedagógicas, mientras el más bajo corresponde al promedio del 25% de los estudiantes que hicieron el menor progreso en reglas pedagógicas. El valor situado entre los dos valores previos (junto a un triángulo) corresponde a la mediana de este grupo. Como el resultado en

la Tabla 1-11 muestra, la mediana de las clases lúdicas y no lúdicas de pares comparables es similar. Observando a la totalidad de las medianas, existe una correlación de 0.77 con el pre-test, mientras más alto es el puntaje de pre-test, más grande es la mediana de la clase.



**Figura 1-11: Distribución del número de reglas pedagógicas estudiadas.**

### 2.3.2 Resultados cualitativos

Un cuestionario compuesto por cuatro preguntas fue dado al comienzo de la actividad para evaluar el grado de penetración tecnológica y uso entre los diferentes países y escuelas. Esto fue validado previamente al aplicarse a 85 estudiantes en dos colegios Chilenos (uno urbano y otro rural), con el objetivo del conjunto necesario de preguntas y posibles respuestas necesarias para clasificar a los estudiantes. En la Tabla 6 se presentan los datos recolectados.

<b>País</b>	<b>Chile</b>				<b>Brasil</b>		<b>Costa Rica</b>		
<b>Entorno</b>	<b>Rural</b>		<b>Urbano</b>		<b>Urbano</b>		<b>Rural</b>	<b>Urbano</b>	
<b>Preguntas</b>	<b>Lúdico</b>	<b>No Lúdico</b>	<b>Lúdico</b>	<b>No Lúdico</b>	<b>Lúdico</b>	<b>No Lúdico</b>	<b>Lúdico</b>	<b>Lúdico</b>	<b>No Lúdico</b>
¿Jugaste algún videojuego antes de los 6 años de edad?	45%	48%	55%	65%	52%	59%	41%	48%	44%
¿Juegas videojuegos al menos 6 veces por semana?	66%	69%	72%	75%	65%	73%	44%	47%	53%
¿Tienes un computador en tu hogar?	44%	35%	67%	75%	73%	71%	33%	57%	56%
¿Tienes conexión a internet en tu hogar?	32%	36%	60%	66%	61%	53%	37%	23%	25%

**Tabla 1-12: Exposición a la tecnología**

De la Tabla 1-12 podemos ver que al menos el 41% de los estudiantes ha tenido su primera experiencia con videojuegos antes de los 6 años de edad, y que a excepción de Costa Rica, al menos el 65% de los estudiantes usa esta tecnología 6 veces o más durante la semana. Costa Rica presenta los valores más bajos en todos los indicadores, y el entorno rural presenta un grado aún más bajo de penetración de computadores

Un segundo cuestionario fue aplicado al final de la experiencia estudiando el interés de los estudiantes (Tabla 1-13). Podemos ver que los cursos con la versión lúdica de la actividad tuvieron un mayor nivel de interés comparados con la versión no lúdica, en todos los países y entornos. Existe una correlación de -0.87 entre los resultados del cuestionario y los resultados de la encuesta de exposición tecnológica. Esto muestra que a la menor exposición que un grupo tuvo a la tecnología, mayor es su interés en la actividad, lo que sugiere que mientras más cómodos estén los estudiantes con la tecnología, mayor serán sus demandas respecto a la actividad. Como el Computador Interpersonal tiene gráficos limitados y falta de efectos de

sonido, los niños acostumbrados a los videojuegos no tuvieron sus expectativas totalmente satisfechas.

País	Chile				Brasil		Costa Rica		
Entorno	Rural		Urbano		Urbano		Rural	Urbano	
Preguntas	Lúdico	No Lúdico	Lúdico	No Lúdico	Lúdico	No Lúdico	Lúdico	Lúdico	No Lúdico
¿El tiempo paso rápido mientras jugaba?	85%	88%	68%	50%	67%	65%	80%	82%	75%
¿Olvidé que estaba en clases mientras jugaba?	82%	78%	76%	64%	65%	61%	76%	86%	82%
¿Quiero seguir jugando?	94%	92%	88%	60%	97%	85%	99%	98%	85%
¿Lo pasé bien mientras jugaba?	95%	92%	89%	76%	98%	87%	99%	97%	92%
¿Es divertido jugar?	82%	75%	81%	76%	71%	67%	94%	89%	82%

**Tabla 1-13: Interés hacia la actividad**

Para medir las interacciones sociales, fueron anotadas las siguientes conductas de los estudiantes durante cada experiencia: comportamiento disruptivo, respuesta proactivo ante la retroalimentación recibida; Falta en la comprensión de la actividad; colaboración entre pares, y satisfacción de haber participado en la actividad (Tabla 1-14). Tres observadores en cada país usaron una pauta de observación, la que fue aplicada durante todas las sesiones. De forma adicional, todas las actividades fueron grabadas para posteriormente validar los resultados observados. La Tabla 1-14 muestra el número promedio de observaciones registradas por niño, así como las citas más representativas de cada comportamiento definido de los estudiantes.

Tomando en consideración como las diferencias culturales pueden influenciar las perspectivas, los observadores en los tres países fueron entrenados para mantener un criterio estandarizado de observación al analizar varios videos iniciales de prueba.

Estos videos mostraron a niños en Chile y definieron los aspectos del comportamiento observado y sus rubricas correspondientes. La persona a cargo de este entrenamiento también actuó como supervisor durante la observación, y estuvo presente en todas las actividades en cada uno de los tres países.

Comportamiento Observado	Chile				Brasil		Costa Rica		
	RL	RNL	UL	UNL	UL	UNL	RL	UL	UNL
Comportamiento Disruptivo	3,9	6,4	3,1	8,8	6,3	3,5	10,0	6,7	11,1
	Ej.: "Profesor, ¿puedo ir al baño?" "Profesor, ya no quiero jugar más" "¿No hay otros juegos?" Molesta o habla con sus compañeros								
Respuesta proactiva ante la retroalimentación recibida	13,7	8,8	18,7	11,5	18,4	9,8	58,5	57,7	54,7
	Ej. Lúdico "¡Terminé el puente!" "¡Gané tres monedas!" "Tengo N gallinas" Ex. No Lúdico "Tengo N medallas" "Tengo todo el puntaje verde"								
Confusión respecto a la actividad	1,7	3,8	1,4	3,0	9,3	13,9	5,7	1,5	3,5
	Ej.: "¿Profesor, cuanto es X + Y?" "¿Profesor, como se hace esto?" "No sé cómo sumar esto"								
Colaboración entre pares	4,1	3,2	9,9	6,8	5,5	3,6	2,1	1,8	1,2
	Ej.: Un estudiante enseña a otro como responder la pregunta. Un estudiante demuestra un modo diferente de responder la pregunta. "Así no se hace ... Mira, ..." Un estudiante da una respuesta a otro estudiante. "¡Pon 54! ¡54!" Un estudiante deja que otro estudiante use sus dedos para contar. Ej. Lúdico "¿Quién es la estrella roja?"								
Satisfacción al participar en la actividad	46,8	34,8	35,2	21,3	35,9	30,7	75,6	71,4	63,0
	Ej. Lúdico "¡Profesor mire! ¡Tengo estrella verde!" "¡Tengo N medallas!" Ej. No Lúdico "Tengo N medallas"								

**Tabla 1-14: Comportamientos sociales observados (promedio por niños en el experimento)**

Los profesores comentaron que los niños tendían a estar muy concentrados en su propio espacio personal, presentando niveles más bajos de disrupción que en las

clases tradicionales. Además, se observe que los grupos con la actividad lúdica fueron menos disruptivos, excepto en Brasil, que por otro lado presentaron mayor proporción de estudiantes hiperactivos. También se observa que un número mayor de respuestas proactivas a la retroalimentación recibida en los cursos con la actividad lúdica, usando la retroalimentación como elemento narrativo, los estudiantes se volvieron más involucrados en las actividades pedagógicas. En las actividades lúdicas hubo también un número menor de expresiones de confusión debido a la mayor inmersión. Vale mencionar que en Brasil hubo una mayor cantidad de expresiones de confusión, pero considerando que la mediana de reglas pedagógicas completadas por cada estudiante fue mayor, los niños fueron expuestos a actividades más complicadas, que requerían mayor interacción entre los estudiantes y el profesor. Correspondientemente, es en la actividad Lúdica donde hay una mayor frecuencia en la colaboración entre pares. Esta obtuvo una correlación de 0.78 con el cuestionario sobre exposición tecnológica, por ejemplo, mientras más familiares son con la tecnología, mayor será su tendencia a colaborar. De acuerdo con lo anterior, y con la correlación obtenida entre la exposición a la tecnología y el interés en la actividad (Tabla 1-12), resultó una correlación de -0.87 entre la exposición tecnológica y el grado de satisfacción con la actividad.

## **2.4 Conclusión**

En nuestra pregunta de investigación preguntamos si Es posible desarrollar una actividades lúdicas pedagógicas individual (en aritmética, sobre un Computador Interpersonal, con un curso completo con cada alumno con su propio mouse, compartiendo todos una pantalla) que sea mejor que la actividad pedagógicas sin la

componente lúdica sobre la misma tecnología, considerando las siguientes variables: aprendizaje adquirido, nivel de disrupción, interés en la actividad, respuestas proactivas a la retroalimentación, colaboración entre pares y satisfacción por participar de la actividad. Para responder a esta pregunta se desarrollaron y compararon un conjunto de 6 videojuegos con una actividad no lúdica. Ambas actividades fueron realizadas en un Computador Interpersonal con estudiantes en tres países distintos, en dos colegios por país (rural y urbano), además de un grupo de control, trabajando a su propio paso en un total de ocho sesiones. Los resultados muestran que no hubo una diferencia significativa entre los resultados finales del sistema lúdico y el no lúdico. Por otro lado, en los tres países el grupo de control sin el uso de tecnología mostró resultados de adquisición de conocimiento consistentemente inferior al ser comparados a los grupos con tecnología. Esto se explica principalmente por el hecho de que los sistemas tecnológicos pueden entregar retroalimentación inmediata e individual a los estudiantes. Sin embargo, la actividad lúdica se distinguió por capturar un mayor involucramiento por parte de los estudiantes en la actividad. Esto desestima la existencia de efectos negativos que una mayor carga cognitiva pudiera tener sobre el aprendizaje a raíz de la incorporación de animaciones y la mayor variedad de objetos en pantalla. Nuestros resultados no pueden ser generalizados, las muestras no fueron ni aleatorias ni representativas de sus países respectivos. Dejamos a futuras investigaciones para realizar un estudio aleatorio representativo de un año de duración para observar si este mayor involucramiento se traduce en mejoras en el aprendizaje. Además, este resultado surge a pesar de las fallas de diseño de la herramienta.

El diseño de videojuegos educativos no es una tarea fácil. Mientras en la versión no lúdica, los niños construyen su respuesta digito a digito, en la versión lúdica escogen una de tres alternativas, mostrando un aumento significativo en comportamientos de prueba y error. Si se asume que el mayor alejamiento que tiene el sistema de respuesta de la versión lúdica de los algoritmos propios de la operatoria aritmética en lápiz y papel conforman una desventaja en el aprendizaje adquirido bajo dicha versión, entonces una re-edición de la versión lúdica bajo el mismo sistema de respuestas que la versión no lúdica (más cercana a los algoritmos de lápiz y papel al construirse la respuesta digito a digito) podría lograr una ventaja de la versión lúdica sobre la no lúdica, favoreciendo el eventual aporte de una componente lúdica en la actividad. Dejamos a futuros trabajos el desarrollo de actividades lúdicas donde las respuestas son construidas digito a digito, para observar si la inmersión se mantiene y el aprendizaje mejora. Un objetivo que no se logró fue la desconexión de los estudiantes de su entorno, donde los jugadores se vuelven menos conscientes de su realidad y de sí mismos (Fong-Ling Fu et al., 2009). El computador Interpersonal limita la mecánica de juego (debido a la baja cantidad de pixeles correspondientes a cada niño y la falta de sonido), y por lo tanto más se necesitan más estudios para determinar formas de crear actividades más inversivas para esta plataforma.

El nivel de involucramiento y compromiso de los niños en el grupo de la versión lúdica luego de tomar el post-test (en papel) fue menor que el de los niños en el grupo de la versión no lúdica. Una explicación posible es el cambio en el ambiente de trabajo, de un videojuego al papel. Dejamos a futuros trabajos el discernir como evaluar el grupo lúdico con un videojuego para observar si esto mejora su post-test.

Sin embargo, al mismo tiempo es necesario observar si estos niños son capaces de transferir lo que ellos aprendieron a otros medios, como el papel.

En los tres países, fue claro que los profesores no consiguieron una mediación efectiva. Mientras las sesiones continuaban, sin embargo, los profesores mostraron una mayor afinidad con el sistema, mejorando su efectividad como mediadores. La capacitación de los profesores es fundamental para que puedan adueñarse de la tecnología, fomentando la tecnología en la sala de clases desde el comienzo. En trabajos futuros se deben buscar manera para apoyar efectivamente a los profesores en el proceso de incorporar tecnología y guiarlos hacia la forma más óptima para integrar los recursos digitales y no digitales en la sala de clases (Nussbaum, Dillenbourg, Fischer, Looi, & Roschelle, 2011).su disposición a la actividad

## **2.5 Agradecimientos.**

Este estudio fue parcialmente financiado por LACCIR, Microsoft Research, CONICYT- FONDECYT 1120177, y la Vicerrectoría de Investigación dela Pontificia Universidad Católica de Chile. También queremos agradecer a Daniela S. Castro, Diego Campos, Érica Rodrigues, Juan F. Lobos, Kathya V.A. Pérez, Marco J. A. Alvarado, Maria I. L. Andrade, Natália G. S. de Souza por su trabajo como observadores en la sala de clases.



## BIBLIOGRAFIA

- Alcoholado, C., Nussbaum, M., Tagle, A., Gomez, F., Denardin, F., Susaeta, H., Villalta, M., & Toyama, K. (2011), One Mouse per Child: interpersonal computer for individual arithmetic practice. *Journal of Computer Assisted Learning*. doi=10.1111/j.1365-2729.2011.00438.x
- Aleven, V., Myers, E., Easterday, M., & Ogan, A. (2010). Toward a Framework for the Analysis and Design of Educational Games. *Proceedings of the 2010 Third IEEE international Conference on Digital Game and intelligent Toy Enhanced Learning, DIGITEL. IEEE Computer Society*, 69-76. doi=10.1109/DIGITEL.2010.55
- Annetta, L. A. (2010).The “Ts” have it: A framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14(2), 105-112. doi=10.1037/a0018985
- Annetta, L., Minogue, J., Holmes, S. Y., & Cheng, M. (2009). Investigating the impact of video games on high school students’ engagement and learning about genetics. *Computers & Education*, 53(1), 74–85. doi:10.1016/j.compedu.2008.12.020, Elsevier Ltd.
- Baek, Y. (2008). What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games. *Cyberpsychology & behavior: the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 11(6), 665-671.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1997). *Statistics notes: Cronbach's alpha*. *BMJ*, 314, 572.
- Bowman, R.F. (1982). A Pac-Man theory of motivation. Tactical implications for classroom instruction. *Educational Technology*, 22(9), 14-17.
- Bracey, G.W. 1992. The bright future of integrated learning systems. *Educational Technology*, 32(9), 60-62.
- Clarke, J., & Dede, C. (2007). MUVES as a powerful means to study situated learning. In C. Chinn, G. Erkins, & S. Puntambekar (Eds.). *The proceedings of CSCL 2007: Of mice, minds and society*. (New Brunswick, NJ, USA).
- Connolly, T. M., & Stansfield, M. (2007). From e-learning to games-based e-learning: using interactive technologies in teaching and IS course. *J. Inf. Technol. Manage.* 6(2-4), 188-208. doi=10.1504/IJITM.2007.014000
- Csikszentmihalyi, M., & Larson, R. (1980). *Intrinsic rewards in school crime. Dealing in Discipline*, Omaha: University of Mid-America.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper & Row.

- Cuenca López, J. M., & Martín Cáceres, M. J. (2010). Virtual games in social science education. *Computers & Education*, 55(3), 1336–1345. doi:10.1016/j.compedu.2010.05.028, Elsevier Ltd.
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66–69. doi:10.1126/science.1167311.
- Desurvire, H., Caplan, M., & Toth, J.A., (2004). Using heuristics to evaluate the playability of games. *Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, New York, 1509-1512.
- Dickey, M. (2007). Game design and learning: a conjectural analysis of how massively multiple online role-playing games (MMORPGs) foster intrinsic motivation. *Educational Technology Research and Development*, 55 (3), 253-273. DOI=http://dx.doi.org/10.1007/s11423-006-9004-7
- Dillenbourg, P., Huang, J., Cherubini, M., Kaplan, F., Do-Lenh, S., Bachour, K., Kao, G. Y., & Gault, C. (2009) Interpersonal Computers for Higher Education. Interactive Artifacts and Furniture Supporting Collaborative Work and Learning. *Computer-Supported Collaborative Learning Series*, 10, 129-145, Springer US.
- Driskell, J.E. & Dwyer, D.J. 1984. Microcomputer videogame based training. *Educational Technology*, 24(2), 11-15.
- Durkin, K. (2010). Videogames and young people with developmental disorders. *Review of General Psychology*, 14(2), 122-140. doi=10.1037/a0019438
- Echeverría, A., Garcia-Campo, C., Nussbaum, M., Gil, F., Villalta, M., Améstica, M. & Echeverría, S. (2011). A framework for the design and integration of collaborative classroom games. *Computers & Education*, 57 (1), 1127-1136.
- Fang, X., & Zhao, F. (2010). Personality and enjoyment of computer game play. *Computers in Industry*. 61(4), 342-349. doi=10.1016/j.compind.2009.12.005
- Federoff, M.A., (2002). *Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games*. Thesis of MS in the Department of Telecommunications of Indiana University, USA.
- Fitzgerald, G. (1990). Using the Computer with Students with Emotional and Behavioral Disorders. Tech Use Guide: Using Computer Technology. Council for Exceptional Children, Reston, VA. Center for Special Education Technology.
- Fong-Ling Fu, Rong-Chang Su, & Sheng-Chin Yu. (2009). EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Comput. Educ.* 52(1), 101-112. doi=10.1016/j.compedu.2008.07.004

Gee, J.P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan, New York.

Hunicke *et al.* (2004) *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*.

Infante, C., Hidalgo, P., Nussbaum, M., Alarcón, R., & Gottlieb, A. (2009), Multiple Mouse Based Collaborative One-to-One Learning, *Computers & Education*, 53(2), 393-401.

Infante, C., Weitz, J., Reyes, T., Nussbaum, M., Gómez, F., & Radovic, D. (2010), Co-located Collaborative Learning Video Game with Single Display Groupware. *Interactive Learning Environments*, 18(2), 177-195.

Jenkins, H. (2002). Game theory: How should we teach kids Newtonian physics? Simple. Play computer games. Technology Review.

Keller, S. (1992). Children and the Nintendo. ERIC ED405069.

Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives – the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203–228. doi:10.1007/s11423-007-9037-6.

Lee, C., & Chen, M. (2009). A computer game as a context for non-routine mathematical problem solving: the effects of type of question prompt and level of prior knowledge. *Computers & Education*, 52(3), 530–542. doi:10.1016/j.compedu.2008.10.008, Elsevier Ltd.

Lou, Y., Abrami, P., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449-521.

Malone, T. W. 1981. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*, (4), 333-369.

Mandinach, E. (1987). Clarifying the “A” in CAI for Learners of Different Abilities. *Journal of Educational Computing Research*, 3(1), 113–128.

Mayo, M. J. (2009). Video games: a route to large-scale STEM education? *Science*, 323 (5910), 79-82. DOI=<http://dx.doi.org/10.1126/science.1166900>

Mayo, M. J. (2009). Video games: a route to large-scale STEM education? *Science*, 323(5910), 79-82. doi=10.1126/science.1166900

McDougall, S. J., de Bruijn, O., & Curry, M. B. (2000). Exploring the effects of icon characteristics on user performance: The role of icon concreteness, complexity, and distinctiveness. *Journal of Experimental Psychology*, 6(4), 291-306.

- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games: An exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process*, 1-26. (On line). Available: <http://www.mendeley.com/research/report-on-the-educational-use-of-games-an-exploration-by-teem-of-the-contribution-which-games-can-make-to-the-education-process/>. Date of last access: 01/05/2011
- MEC - Ministério de Educação. (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. (On line). Available: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>. Date of last access: 02/06/2012
- MEP - Ministerio de Educación Pública. (2005). *Programa de Estudio de Matemáticas Ciclos I y II*. (On line). Available: <http://www.educatico.ed.cr/ProgramasdeEstudio/Matem%C3%A1tica.zip>. Date of last access: 02/06/2012
- Mineduc - Ministerio de Educación. (2009). *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios 1° básico a IV medio - Matemática*. (On line). Available: [http://curriculumenlinea.mineduc.cl/descargar.php?id\\_doc=201203011131420](http://curriculumenlinea.mineduc.cl/descargar.php?id_doc=201203011131420). Date of last access: 02/06/2012
- Mitchell, R., Dede, C., & Dunleavy, M. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. doi:10.1007/s10956-008-9119-1.
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, 24(6), 2530-2540. doi=10.1016/j.chb.2008.03.012
- Nussbaum M., Dillenbourg P., Fischer F., Looi, C., & Roschelle J., (2011), Workshop: How to Integrate CSCL in Classroom Life: Orchestration, *Proceedings CSCL 2012*, July 4-8, Hong Kong, 1199.
- Nussbaum, M., Alcoholado, C., Tagle, A., Gomez, F., Denardin, F., Susaeta, H., and Villalta, M., (2010) One Mouse per Child: Interpersonal Computer for Personal Formative Assessment, Accepted for publication in *Computers and Education*.
- Piaget, J. (1951) *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Paek, T., Agrawala, M., Basu, S., Drucker, S., Kristjansson, T., Logan, R., Toyama, K., & Wilson, A. (2004). Toward universal mobile interaction for shared displays. *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work. CSCW '04. ACM*, 266-269. doi=10.1145/1031607.1031649
- Pagulayan, R., Keeker, K., Wixon, D., Romero, R., & Fuller, T. (2003). *User-centered design in games. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving*

*Techniques and Emerging Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 883-905.

Piaget, J. (1951) *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. Routledge and Kegan Paul, London.

Pilke, E. M. (2004). Flow experiences in information technology use. *International Journal of Human-Computer Technology*, 61(3), 347-357.

Preiss, D.D., & Sternberg, R.J. (2005). *Technologies for Working Intelligence*. Intelligence and technology: The impact of tools on the nature and development of human abilities. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 183-208.

Prensky, M. (2001). *Digital game based learning*. New York: McGraw-Hill.

Provost, J. A. (1990). *Work, play and type: Achieving balance in your life*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.

Qin H., Rau, P. P., & Salvendy, G. (2009). Effects of different scenarios of game difficulty on player immersion. *Interact. Comput.* 22(3), 230-239. doi=10.1016/j.intcom.2009.12.004

Ramli, R.Z., Zin, N.A.M., & Ashaari, N. (2011). Factoring culture as the main role to design game interface model. *Pattern Analysis and Intelligent Robotics (ICPAIR), 2011 International Conference*, 2, 203-206. doi=10.1109/ICPAIR.2011.5976926

Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations and games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58.

DOI=<http://doi.acm.org/10.1007/BF02300540>

Rogoff, B. (1993). *Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social*. Barcelona: Paidós.

Rollings & Adams (2003) *Fundamentals of Game Design*

Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., Grau, V., Lagos, F., López, X., López, V., Rodriguez, P., & Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*. 40(1), 71-94. doi=10.1016/S0360-1315(02)00099-4

Salomon, G., & Perkins, D. (2005). *Do technologies make us smarter? Intellectual Amplification With, Of and Through Technology*. In D. D. Preiss (Ed.), *Intelligence and technology. The Impact of tools on the nature and development of human skills*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sancho-Thomas, P., Fuentes-Fernández,R., Gómez-Martín, P., & Fernández-Manjón,B. (2009). Applying Multiplayer Role-Based Learning in Engineering Education: Three Case Studies to Analyze the Impact on Students' Performance. *International Journal of Engineering Education*, 25(4), 665-679.

Sangster M. (2006) The role of pace within primary mathematics lessons. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics* 26, 77–82.

Schumann, J. H. (2009). *Culture Analysis in Cross-Cultural Research. The Impact of Culture on Relationship Marketing in International Services*: Gabler, 47-74.

Shih, J., Shih, B., Shih, C., Su, H., & Chuang, C. (2010). The influence of collaboration styles to children's cognitive performance in digital problem-solving game "William Adventure": A comparative case study. *Computers & Education*, 55(3), 982-993. doi=10.1016/j.compedu.2010.04.009

Smith, A., Gentry, A., & Blake, S. (2011). Mathematics Learning through. D. W. Sally Blake, *Technology and Young Children: Bridging the Communication-Generation Gap*. 199-221. IGI Global.

Squire, K. (2003). Video games and education. *Computers in Entertainment*, 1(1), 10.

Squire, K., Barnett, M., Grant, J. M., & Higginbotham, T. (2004). Electromagnetism supercharged!: learning physics with digital simulation games. In 6th international conference on learning sciences, Santa Monica, CA.

Sweetser, P., & Johnson, D., 2004. Player-centered game environments: assessing player opinions, experiences and issues. *Entertainment Computing - ICEC 2004: Third International Conference*. Springer Verlag, New York, USA. 321-332.

Trucano, M. (2010). EduTech A World Bank Blog on ICT use in Education.(On line). Available: <http://blogs.worldbank.org/edutech/one-mouse-per-child>. Date of last access: 02/01/2012

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind and society: The development of higher mental processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Watson, W., Mong, C., & Harris, C. (2011). A case study of the in-class use of a video game for teaching high school history. *Computers & Education*, 56(2). doi:10.1016/j.compedu.2010.09.007.

Zaharias, P., & Papargyris, A.(2009). The gamer experience: Investigating relationships between culture and usability in massively multiplayer online games. *Comput. Entertain*, 7(2). doi=10.1145/1541895.1541906

Ziemek, T. (2005). Electronic games: 2D or not 2D? ACM SIGGRAPH 2005 Educators Program. P. Beckmann-Wells, Ed. SIGGRAPH '05. ACM, 7. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/1187358.1187367>

Zimmerman, B. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: an overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3–17. DOI=[http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep2501\\_2](http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2)

**ANEXOS**

## ANEXO A : TEACHING ARITHMETIC USING EDUCATIONAL VIDEO GAMES WITH AN INTERPERSONAL COMPUTER

Vagner Beserra <sup>a,\*</sup>, Miguel Nussbaum <sup>a</sup>, Werner Rodriguez <sup>b</sup>, Ricardo Zeni <sup>c</sup>, Gabriel Wurman <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile, Department of Computer Science, Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

<sup>b</sup> Universidad de Costa Rica, School of Agronomy, 2060, San José, Costa Rica.

<sup>c</sup> Universidade Estadual Paulista, Department of Mathematics, Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha 333, Guaratinguetá, São Paulo, Brazil.

\*Address for correspondence: Vagner Beserra, Phone: (56-9)9589-0382, Fax: (56-2)354-4444, Email: vagner.beserra@gmail.com

### Abstract

Studies show the positive effects that video games can have on student performance and their attitude towards learning, when compared to traditional teaching methods. On the other hand, in the past few years, strategies have been generated to optimize the use of technological resources with the aim of facilitating widespread adoption of technology in the classroom. Standing out in particular, given its low acquisition and maintenance costs, is the Interpersonal Computer, which allows for interactive, simultaneous learning with large groups of students. The objective of this work was to study how to introduce game-based pedagogical activities into the classroom using the Interpersonal Computer and analyze its impact in various socio-cultural contexts. In order to do so, a set of educational games for teaching arithmetic were developed and tested in three countries: Brazil, Chile, and Costa Rica, in both rural and urban schools. The results show that there were no significant differences in the learning acquired from game-based vs. non-game-based activities. However, the game-based activities were noteworthy in their ability to better capture student interest, and generate more student involvement in the activity.

**Keywords:** cross-cultural projects; elementary education; improving classroom teaching; intelligent tutoring systems.

### 1. Introduction

Play, in its diverse forms, constitutes an important part of children's cognitive and social development (Csikszentmihalyi, 1990; Durkin, 2010, Piaget, 1951). Video games have become what Preiss and Sternberg (2005) called, "a radical technology". Radical technologies are frequently-used and highly-disseminated technologies, such as the alphabet and the Arabic numeric system. According to Preiss and Sternberg, radical technologies are so frequently used that they become a part of our mindset and have the power to restructure human cognition. They do not have isolated effects on specific skills, but instead fundamentally shape the way information is processed and represented. Thus effects of radical technologies correspond more or less to what Salomon and Perkins (2005) call "effects through technology"; that is to say, their impact re-organizes cognitive activity.

One of the possible explanations for the success of video games is how different they are compared to traditional mediums (like books, movies, or television); video games are characterized by their ability to allow players active participation in a virtual world, where they have control over what may or may not happen (Gee, 2003).

Because of this, video games can be used as powerful learning tools, enabling players to enter into an optimal state of concentration, immersion, or "flow" (Bowman, 1982, Csikszentmihalyi & Larson, 1980). Various studies indicate that overall, learning with computer games has a positive effect on student achievement, attitudes towards learning, and self-concept, when compared to traditional instruction (Lou, Abrami, & d'Apollonia, 2001).

Educational games are a game-based tool for supporting the teaching and learning process. Playing is, above all, a learning experience (Rosas, Nussbaum, Cumsille, Marianov, Correa, Flores et al., 2003). The use of computer games favors the development of complex thinking skills related to problem solving (Sancho-Thomas, Fuentes-Fernández, Gómez-Martín, & Fernandez-Manjón, 2009; Shih, Shih, Shih, Su, & Chuang, 2010), strategic planning (McFarlane, Sparrowhawk, & Heald, 2002), and self-regulated learning (Mayo, 2009). Computer games can also support different learning styles (Connolly & Stansfield, 2007), since speed and level of difficulty can be adjusted according to the player (Alcoholado, Nussbaum, Tagle, Gomez, Denardin, Susaeta et al., 2011).

Parallel to the development of educational video games, in the past few years, strategies to optimize the use of technological resources have been developed with the goal of facilitating wide-scale adoption of technology in classrooms. In particular, the Interpersonal Computer stands out because of its low acquisition and maintenance costs (Dillenbourg, Huang, Cherubini, Kaplan, Do-Lenh, Bachour et al., 2009). With an Interpersonal Computer, multiple users located in the same space share one output device, like a computer screen, but each user has their own input device which they use to interact simultaneously with the virtual world.

The Interpersonal Computer is very attractive for schools in developing countries, where computational infrastructure is an entry barrier (Trucano, 2010). Cost is a key element in the wide-spread adoption of technology in classrooms, which is why the Interpersonal Computer is such an attractive proposal, since it centralizes resources by minimizing the amount of equipment and technical support required.

The use of multiple inputs has been studied by a number of researchers who have sought to demonstrate its effects on peers working with a single screen (Paek, Agrawala, Basu, Drucker, Kristjansson, Logan et al., 2004). The Interpersonal Computer bolsters the learning process when teacher and student are in the same physical space, since the technology does not just capture student attention and motivate them, but also significantly mediates the construction of concepts (Smith, Gentry, & Blake, 2011). The results show that children controlling their own input devices in a situation with shared screens are more active, and therefore demonstrate less boredom and fewer disruptive attitudes (Infante, Weitz, Reyes, Nussbaum, Gómez, & Radovic, 2010). A fundamental aspect that favors interactivity among the students, and particularly their level of motivation, is the fact that the activity makes each of the students work with their own objects; each student controls their own input device, which forces them to participate and become protagonists of their own learning (Infante, Hidalgo, Nussbaum, Alarcón, & Gottlieb, 2009). Based on this model, various pedagogical activities have been developed to support different academic needs (Infante et al., 2009; Alcoholado et al., 2011).

Consistent with the above, and understanding the potentialities of using video games in the teaching-learning process and the real opportunity of technological adoption that the Interpersonal Computer affords, our first research question is the following: Is it possible to develop game-based pedagogical activities for the Interpersonal computer that improve learning when compared to non-game-based activities?

On the other hand, according to Zaharias and Papargyris (2009), culture is a potentially important factor in deciding performance and user satisfaction with video games. Culture is also one of the factors that influence user preferences, according to Ramli, Zin and Ashaari (2011). How to play and how to solve a video game challenge are activities commonly influenced by a player's background and environment (Fang & Zhao, 2010), which are in turn considered cultural values (Shumann, 2009). Thus emerges our second research question: Is culture a factor that influences learning and/or student interest when interacting with game-based activities on the Interpersonal Computer?

In the following section, we present the developed video game, based on using the Interpersonal Computer to teach basic mathematics, and used to answer our research questions. The experimental design is presented in Section 3. The results obtained in the three countries studied (Brazil, Chile and Costa Rica) are explained in Section 4. Finally, Section 5 closes the paper with our conclusions.

## 2. Game-based pedagogical mathematics activities for the Interpersonal Computer (GPMAC)

### 2.1. Interpersonal Computer Structure

Each student is assigned a cell on a shared screen (Figure 1), where they work individually, with no possibility of leaving the assigned cell. Through data persistence the system stores a record of each stage that a student completes. This allows each student to work at their own pace over various sessions. To facilitate the process of identification, each student is assigned a unique symbol which appears on the screen (Alcoholado et al., 2011). The use of symbols speeds up the information search process and promotes rapid user assimilation of the software (McDougall, de Bruijn, & Curry, 2000).

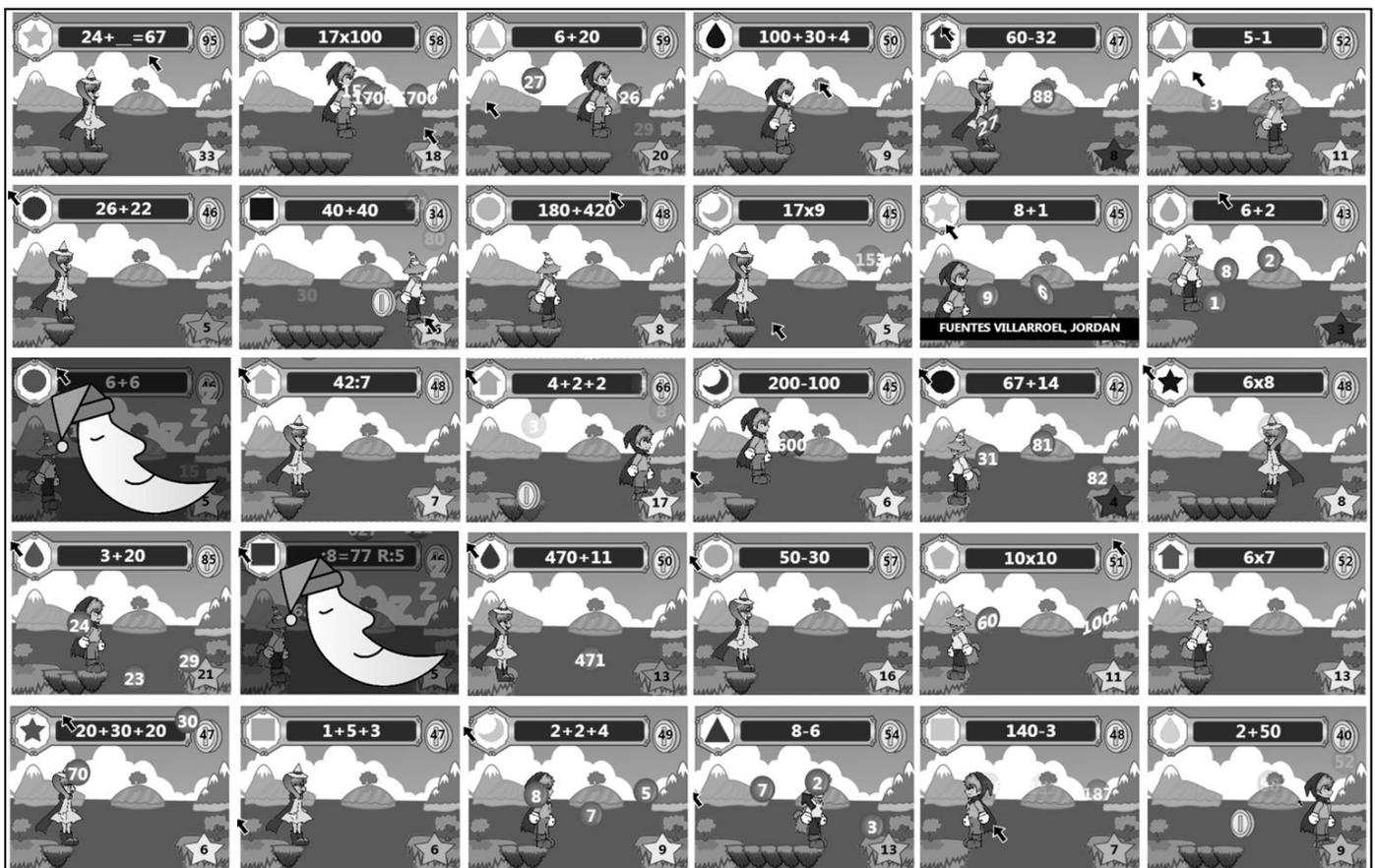


Figure 1 – Shared Screen.

Teacher mediation is essential; they are responsible for providing the scaffolding that will guide the students from their Zone of Proximal Development (Vygotsky, 1978) where they develop their learning potential to the maximum. However, learning is not necessarily related to intelligence, but rather to social context; many children require the tasks assigned to them be better structured, which in turn requires greater mediation and guidance. With this in mind, the system provides the teacher with instant feedback regarding the state of each student via the same shared screen, which allows the teacher to identify which students need help and how they are doing. In each of the student workspaces, the number of completed exercises is displayed, and the

ratio of correct to incorrect answers. This gives the teacher an instant overview of the progress of the class and each student, in turn allowing them to intervene wherever they are most needed.

The teacher can find a specific student by moving their cursor, which can move freely across the screen, to the workspace of the student they want to support; when the symbol identifying that student is chosen, it will show the student's name.

## 2.2. Game-based Pedagogical Design

GPMAIC is designed to teach arithmetic using games, allowing for the creation of exercises according to each child's rate of progress. It occupies a system based on rules developed by Alcoholado et al., (2011) formed by 65 pedagogical rules, of which 18 refer to addition, 18 to subtraction, 13 to multiplication and 16 to division. The order of these rules follows the sequence defined by the Chilean (Mineduc, 2009), Brazilian (MEC, 1997), and Costa Rican (MEP, 2005) curricular frameworks, respectively. The number of exercises assigned for each rule depends on the skill level of each student; in order to move on from a concept, i.e., a rule, the student must successfully solve at least 10 consecutive exercises or 8 exercises out of at least 15, with the last 3 exercises being correct (Alcoholado et al., 2011).

In order to ensure that the activity is carried out in a fantasy environment and achieve greater student immersion in the game, it is necessary to develop a narrative that incorporates elements of challenge and reward (Aleven, Myers, Easterday, & Ogan, 2010; Baek, 2008; Moreno-Ger, Burgos, Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2008).

According to Sweetser and Johnson (2004), a video game's narrative is important in attracting players to the game and keeping them immersed, since it provides the players with a plot and background, and makes them feel like part of the story. In addition, according to Fong-Ling Fu, Rong-Chang Su, and Sheng-Chin Yu (2009), narratives are an effective medium for teaching a player how to play. The game's narrative, used as much to develop the story (Qin, Rau, & Salvendy, 2009) as to solve problems, can be divided in two parts:

- (1) Story- at the beginning of the activity, the teacher presents the story and general objective to the students (in a magical country a wizard stole their magical rocks, burying them deep in the ocean, and forming small islands; the challenge is to explore the different islands with the goal of finding the stolen magic rocks and reestablishing geographic order.)
- (2) Specific objectives- The objectives of the game should be transmitted clearly and directly to the player (Pagulayan, Keeker, Wixon, Romero, & Fuller, 2003). As the students explore the islands, they will encounter various challenges represented by the different games related to the main story (Figure 1). Six different challenges were defined by the corresponding pedagogical activities (Table 1).

Each individual's game space is composed of 9 elements (Figure 2):

1. Identification: Each player is assigned a unique colored symbol to identify them.
2. Equation: Area displaying the mathematical equation that the student must complete.
3. Alternatives: The child must choose the correct answer from a set of alternatives.
4. Reward: Game-based element that represents the total rewards earned in each session. These can be acquired from each correct answer or for each level completed on the game. The games should use the players' scores to represent their progress and give positive feedback to improve their mastery of the game (Federoff 2002;. Fong-Ling Fu et al., 2009)
5. Player's pointer: Represents each child's cursor, which can only move within their own cell.

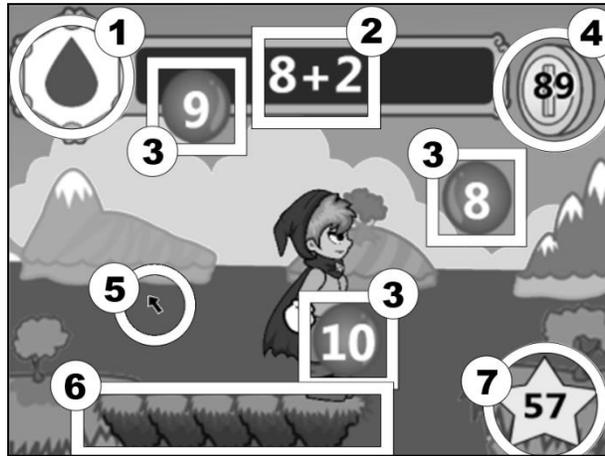


Figure 2 – Individual game space.

6. Feedback of game progress: This shows how much progress has been made in the game for a specific game-based activity. In this case, the number of parts of the bridge that are still to be built. “Video games need to provide frequent feedback so that the players can determine the distance from and progress they’ve made towards the established objectives” (Fong-Ling Fu et al., 2009).
7. Pedagogical feedback: Represents the number of questions answered in the session, with colors indicating achievement: 66.6% or more correct is green, 33.3%-66.6% is yellow, and 66.6% or more incorrect is red.
8. Feedback for the chosen alternative: Considering Fong-Ling Fu’s assertion (2009), players are always able to see their results and progress in the game with immediate access to all information regarding each player’s actions. This is achieved using three animations that indicate when an exercise is answered successfully (Figure 3a), when a level of the game is completed successfully (Figure 3b), and when an exercise is answered incorrectly (Figure 3c).
9. Alert: In the case of a child who does not take part in the activity, i.e., is inactive for more than 120 seconds, a sleeping symbol is displayed in their cell (Figure 3d).
10. Avatar: At the beginning of the first session, each student chooses their character for the game, their Avatar, which according to Anneta (2010), allows the players to identify themselves as individual members of the community of game-players. (Three different avatars are shown in Figure 1).



Figure 3 - (a) Positive Feedback - (b) Game Progress Feedback - (c) Negative Feedback and (d) Inactivity

Game graphics	Contexts	Elements
	<p><b>Building bridges:</b> game-based pedagogical activity linked to the main narrative of the game. The objective is to move the avatar forward by adding pieces onto the bridge.</p>	<p>The “magical spheres” fall from the sky or become opaque in a random position on the screen.  <b>Positive feedback:</b> A piece is added to the bridge.  <b>Negative feedback:</b> The avatar retreats and the bridge loses a piece.</p>
	<p><b>Catching chickens:</b> after the magical country is shaken up, the farmers are left with broken fences. The objective is to capture all the chickens that have escaped.</p>	<p>The chickens jump randomly.  <b>Positive feedback:</b> A chicken is captured and sent back into the barn.  <b>Negative feedback:</b> A chicken escapes by jumping the fence.</p>
	<p><b>Scaring Away Bats:</b> The wizard has sent bats to rob the riches. The objective is to scare away the bats and save the riches.</p>	<p>The bats move in a circular pattern around the avatar.  <b>Positive feedback:</b> The bat is scared away and a gold coin is recovered. <b>Negative feedback:</b> The bat attacks the avatar, stealing a coin.</p>
	<p><b>Fishing:</b> A moment of rest, where anything caught fishing can be sold to accumulate coins for the journey.</p>	<p>The fish move randomly from right to left.  <b>Positive feedback:</b> The fish is stored in the boat and coins appear.  <b>Negative feedback:</b> The fish escapes and another fish jumps out of the boat.</p>
	<p><b>Dam:</b> Due to the country being shaken up, the dams are close to collapsing. The objective is to maintain the dam’s pressure indicator in the green zone so the dam does not break.</p>	<p>The screws that control the water pressure become opaque.  <b>Positive feedback:</b> The screw lets out some of the dam’s pressure and some gold coins are earned.  <b>Negative feedback:</b> The dam breaks and the player loses a coin.</p>

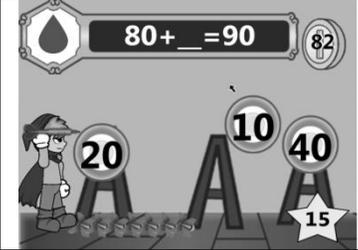
	<p><b>Pirate Ship:</b> A moment of rest, but also the most difficult due to the complexity of the targets' movements.</p>	<p>The targets move randomly, including the possibility of overlapping one another.  <b>Positive feedback:</b> The dart is stored in the floor and coins are earned.  <b>Negative feedback:</b> The dart falls and coins are lost.</p>
--	---	--

Table 1 – Pedagogical Activities.

Considering the reduced size of each cell, and taking into consideration the suggestions made by Federoff (2002), the interface was developed to be as simple and unobtrusive as possible in order to facilitate use of the video game. Pilke (2004) indicates that the user interface should be as clear and easy to use as possible to reduce unnecessary cognitive processing. The more intuitive the video game-player interaction is, the greater the possibility that “flow” will exist. Making use of the conventions and the design tendencies of video games, the player learning curve is minimized (Federoff, 2002; Desurvire, Caplan, & Toth, 2004; Fong-Ling Fu et al., 2009). The interfaces should be consistent throughout the video game and should adhere to standards in the field (Fong-Ling Fu et al., 2009). The student should not need to learn how to manage all the interface’s elements in order to access the pedagogical content, which is, after all, the objective of the video game.

A video game is adequate when it creates “flow”, which allows a child to maintain interest in the game (Csikszentmihalyi, 1990; Annetta, 2010). An educational video game should strike a balance between fun and educational value (Prensky, 2001). The teacher is in charge of regulating the game-based dimension, since the child progresses through the different levels based on the teacher’s observations of the student’s needs, while the pedagogical requirements are regulated by the previously established system of rules. In order to do so, the teacher must decide which of the secondary narratives (i.e. the various games) to choose and when.

### 3. Experimental Design

We posed two research questions: (1) Is it possible to develop game-based pedagogical activities for the Interpersonal Computer that improve learning when compared to non-game-based activities? and (2) Is culture a factor that influences learning and/or student interest when interacting with game-based activities on the Interpersonal Computer? In order to answer these questions, we designed an experimental comparative study in the following cities: Santiago, Chile; Guaratinguetá, Brazil; and San Ramón, Costa Rica. For each city, one urban and one rural school were chosen. The data comparison between schools is shown in Table 2. Chilean classes had the most students, followed by classes in Costa Rica, and then in Brazil. There are computer laboratories in all the urban locations (and in the rural Chilean school), but only in Chile and Brazil they have frequent use. The socio-demographic situation in the three countries is similar, but with some variations. Table 2 illustrates how rural areas are notable for the prevalence of agricultural labor, compared to the urban areas which mainly depend on service industry jobs.

To answer the first research question regarding the added value of a game-based component in a pedagogical activity for the Interpersonal Computer, two applications were compared at each one of the participating schools; one with the previously described game-based component, and one without (Alcoholado et al., 2011). However, this was not possible in Brazil, since in the rural location there were no schools with at least two third grade classes representative of the region. The main characteristics of each one of the participating classes are presented in Table 3. The discrepancy between the number of students in each class and the number of students that participated (in the experience) was caused by the way “participant” was defined; only those students who took the two assessments (pre and post) were considered participants. Additionally, in each

Questions	Locations					
	Chile		Brazil		Costa Rica	
	Rural	Urban	Rural	Urban	Rural	Urban
# of students in the school	600	1690	120	495	400	645
# of classes at the school	18	47	6	16	16	26
Average # of students per class	32	37	20	19	25	24
Computer laboratory	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes
Frequency of computer laboratory use (per week)	1	1	-	2	-	-
Parents' education level	Primary	Primary	Primary Incomplete	Secondary Incomplete	Primary Incomplete	Secondary Incomplete
Parents' age (years)	32-35	25-30	35-38	40-44	37-42	40-44
Number of family members	5	3	7	4	5	4
Professional profile	Farmworkers	Workers and housewives	Farmworkers	Service industry workers	Farmworkers	Housewives and service industry workers

Table 2 – School and location data.

class, with the help of the teacher, students whose unruly behavior stood out were identified as hyperactive students. We also identified students with Attention Deficit Disorder and repeaters. It is important to note that a single student can fit in more than one of these three categories.

Country	Chile					Brazil				Costa Rica			
Location	Rural		Urban			Rural	Urban			Rural	Urban		
Type	Game-based	Non-Game-based	Control	Game-based	Non-Game-based	Game-based	Control	Game-based	Non-Game-based	Game-based	Control	Game-based	Non-Game-based
Students in the class	36	32	32	35	36	22	27	19	23	28	23	24	25
Participating students	28 (15;13)	25 (12;13)	25 (18;7)	25 (14;11)	22 (10;12)	19 (10,9)	18 (10;8)	17 (9;8)	16 (7;9)	17 (8;9)	20 (9;11)	18 (10;8)	21 (12;8)
Hyperactive students	3	2	3	2	3	2	3	4	3	1	2	2	3
Students with Attention Deficit Disorder	5	2	2	3	2	3	4	2	1	2	2	2	1
Repeating students	3	3	3	2	3	2	2	2	0	0	1	1	2
Duration of the activity [weeks]	6	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	3	3

Table 3 – Class characteristics.

The participants, both boys and girls (indicated in the second row of Table 3, with the number of girls being the first number in the pair), were taken from 3rd grade classes and ranged in age from 8 to 10 years old.

For every school, a total of eight sessions of approximately 45 minutes each were conducted, distributed over time according to the school's availability (between three and six weeks). The longest period of time occurred in the rural Chilean school, product of the number of national holidays during the experimental period, and the shortest time occurred in the urban Costa Rican school, due to the restrictions imposed by the school which hurried the conclusion of school activities. In the rural Costa Rican school, from the 5<sup>th</sup> session onwards, a significant number of students did not attend the activities because of the coffee harvesting season. This made it impossible to apply the post-test, which impeded the non-game-based experiment from being fully

concluded. Interestingly, however, at the same rural school in Costa Rica where the non-game-based experiment was canceled, it was possible to carry out the game-based experiment in conditions similar to the urban Costa Rican school. The staff from all the classes indicated that in general, attendance was above average compared to a regular day. Student attendance (during sessions) is presented in Table 4.

Country	Chile				Brazil			Costa Rica		
Location	Rural		Urban		Rural	Urban		Rural	Urban	
Model	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based
Mean	7.26	6.6	6.76	7.55	6.85	6.74	6.81	6.39	6.17	6.05
s	0.81	1.5	0.52	0.8	1.44	1.88	1.52	1.24	1.15	1.14
Max	8	8	7	8	8	8	8	7	7	7
Min	5	3	5	5	6	5	3	3	3	3

Table 4 – Student attendance at the experiments (sessions)

## 4. Results.

### 4.1. Quantitative Results.

In all the participating classes, a pre-test was applied at the beginning of the experimental study. This consisted of an individual evaluation of each student's previous knowledge of addition, subtraction, multiplication, and division, lasting a maximum of 45 minutes. This evaluation contained 45 mathematics exercises designed to identify the 3<sup>rd</sup> graders' skills (Alcoholado et al., 2011). At the end of the 8 sessions, a post-test was conducted with the same instrument and in the same conditions.

Country	Location	Type	Significance	Pre-Test		Post-Test		$\Delta\%$ Group	Cronbach's alpha	Cohen's d	Impact
				$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s				
Chile	Rural	Game-Based	<0.001	26,70	6,85	30,26	8,23	13%	0,91	0,48	medium
		Non-Game-Based	<0.00001	28,24	9,58	31,68	9,91	12%	0,92	0,36	small
	Urban	Control	<0.001	12,35	5,99	14,39	6,38	17%	0,88	0,34	small
		Game-Based	<0.0001	13,64	5,31	16,36	4,67	20%	0,74	0,55	medium
		Non-Game-Based	<0.0001	11,09	5,14	13,95	4,80	26%	0,85	0,59	medium
Brazil	Urban	Control	<0.001	29,83	9,68	33,78	8,54	13%	0,94	0,44	medium
		Game-Based	<0.001	23,06	9,48	27,06	9,70	17%	0,93	0,43	medium
		Non-Game-Based	<0.001	28,19	9,64	32,63	9,24	16%	0,93	0,49	medium
Costa Rica	Rural	Game-Based	<0.0001	18,94	5,68	23,71	5,11	25%	0,79	0,91	large
	Urban	Control	<0,00001	19,15	8,98	22,25	8,28	16%	0,93	0,37	small
		Game-Based	<0,001	17,06	8,56	20,50	8,74	20%	0,91	0,41	medium
		Non-Game-Based	<0,001	19,67	5,64	23,62	7,40	20%	0,78	0,62	medium

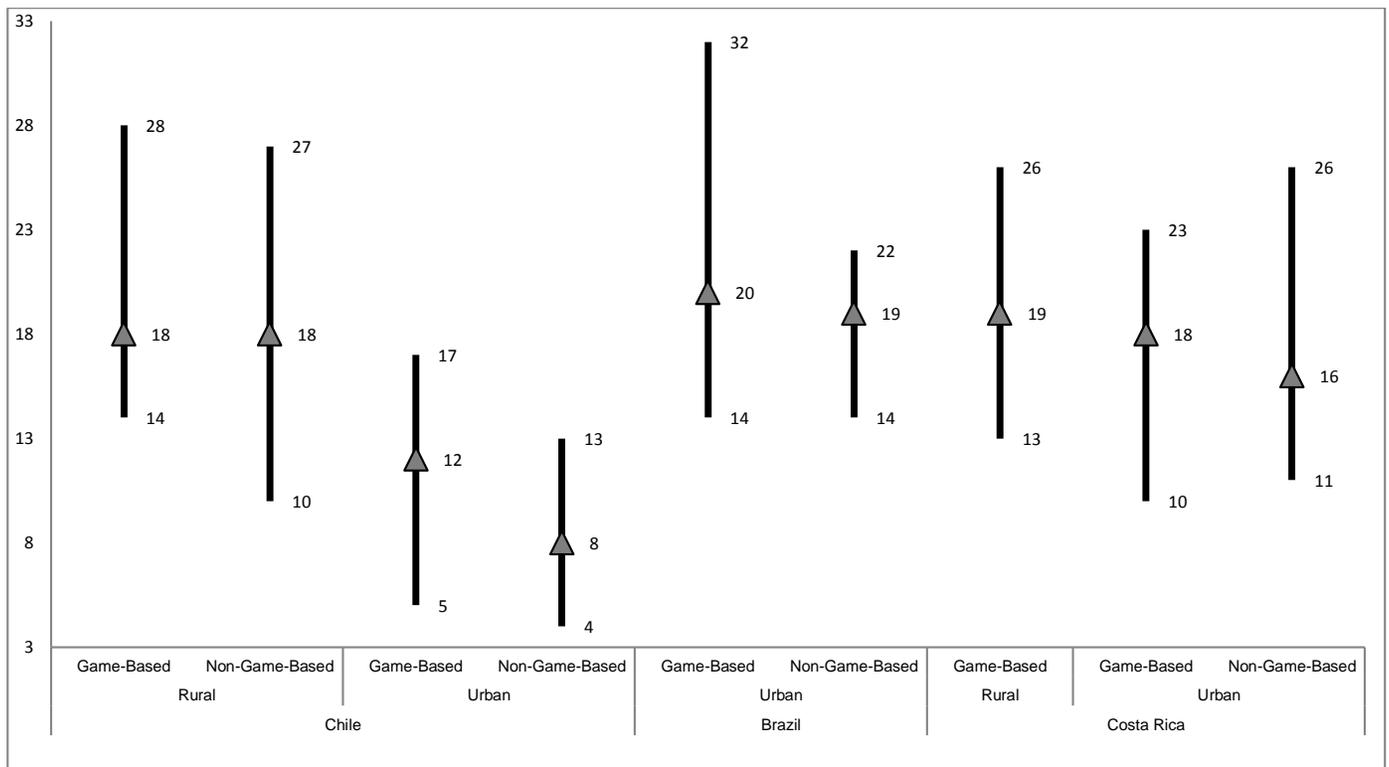
Table 5 - Pre-test and post-test results

According to Bland and Altman (1997), a value of higher than 0.6 for Cronbach's Alpha indicates that the applied test is acceptable for classifying students, based on the content delivered. For all the samples, the

applied pre-tests obtained a Cronbach’s Alpha greater than 0.79, except for the rural Brazilian group, which only reached 0.52 and was removed from the sample.

The progress achieved by the 12 groups was significant in all cases, as shown in Table 5. It is possible to note that in comparable contexts, i.e. between classes at an urban school, or between rural school classes within the same country, the students who used the game-based application and those who used the non-game-based application presented similar final results (Table 5, Δ% Group). For example, in urban Brazil, the difference between the game-based and non-game-based method was 1%, while in urban Costa Rica there was no difference between the two groups. On the other hand, in all three countries, the technological groups (game-based and non-game-based) consistently obtained better results than the control groups. For all the technological groups, the pre-test results had a -0.85 correlation with the final results (Table 5, Δ% Group); the lower the scores obtained on the pre-test by the group, the higher their scores post-test, which indicates that the application was more effective for the weaker groups.

Graph 1 illustrates each child’s progress by the end of the experience, measured in pedagogical rules (Y-axis), for each one of the schools studied (X-axis). Three values are indicated for each school: the greatest is the average of the 25% of those students who at the end of the experience had made the most progress in the number of pedagogical rules, while the lowest corresponds to the average of the 25% of students who made the least progress in the pedagogical rules. The value located between the previous two values (next to a triangle) corresponds to the median of this group. As the results in Table 5 illustrate, the medians of the game-based and non-game-based classes of comparable pairs are similar. Looking at the totality of the medians, there exists a correlation of 0.77 with the pre-test; the higher the pre-test score, the greater the class median.



Graph 1 – Distribution of the number of pedagogical rules studied.

#### 4.2. Qualitative Results.

A questionnaire composed of four questions was given at the beginning of the activity to evaluate the degree of technology penetration and use between the different countries and schools. This test was validated previously by applying it to 85 students at two Chilean schools (one urban and one rural), with the goal of defining the necessary set of questions and possible answers needed to classify the students. Table 6 presents the collected data.

Country	Chile				Brazil		Costa Rica		
Location	Rural		Urban		Urban		Rural	Urban	
Questions	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based
Was the first time you played a video game before 6 years of age?	45%	48%	55%	65%	52%	59%	41%	48%	44%
Do you play video games at least 6 times a week?	66%	69%	72%	75%	65%	73%	44%	47%	53%
Do you have a computer at home?	44%	35%	67%	75%	73%	71%	33%	57%	56%
Do you have an internet connection at home?	32%	36%	60%	66%	61%	53%	37%	23%	25%

Table 6 – Exposure to technology.

From Table 6 we can see that at least 41% of the students had their first experience with video games before 6 years of age, and that except for Costa Rica, at least 65% of the students use this technology 6 times or more per week. Costa Rica presented the lowest values in all the indicators, and the rural locations presented a lower degree of computer penetration.

A second questionnaire applied at the end of the experience studied student interest in the activity (Table 7). We can see that the classes with the game-based activities had a higher level of interest when compared to non-game-based classes, for all the locations. There exists a -0.87 correlation between the exposure to the technology questionnaire results and the results from the student interest questionnaire. This shows that the less exposure a group had to technology, the more interested they were in the activity, which suggests that the more comfortable students are with technology, the more demanding they are. As the Interpersonal Computer has limited graphics and a lack of sound effects, the children accustomed to video games did not have their expectations completely satisfied.

Country	Chile				Brazil		Costa Rica		
Location	Rural		Urban		Urban		Rural	Urban	
Questions	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based	Game-Based	Game-Based	Non-Game-Based
Did time pass quickly while I was playing?	85%	88%	68%	50%	67%	65%	80%	82%	75%
Did I forget I was in class while playing?	82%	78%	76%	64%	65%	61%	76%	86%	82%
Do I want to keep playing?	94%	92%	88%	60%	97%	85%	99%	98%	85%
Did I have a good time while I was playing?	95%	92%	89%	76%	98%	87%	99%	97%	92%
Is it fun to play?	82%	75%	81%	76%	71%	67%	94%	89%	82%

Table 7 – Interest in the Activity.

In order to measure social interactions, the following student behaviors during each experience were noted: disruptive behavior; proactive responses to received feedback; lack of understanding of the activity; collaboration amongst peers, and satisfaction at having participated in the activity (Table 8). Three observers in each country used an observation guideline which was applied during all the sessions. Additionally, all the activities were taped to later validate the observed results. Table 8 shows the average number of observations registered per child, and the children's most representative quotes for each of the defined student behaviors.

Taking into account how cultural differences can influence perspective, the observers in each of the three countries were trained to maintain standardized observation criteria by analyzing various initial test videos. These videos showed children in Chile and defined which aspects of behavior to observe and their corresponding rubrics. The person in charge of these trainings also acted as a supervisor during the observations, and was present in all the activities in each of the three countries.

Observed behavior	Chile				Brazil		Costa Rica		
	R GB	R NGB	U GB	U NGB	U GB	U NGB	R GB	U GB	U NGB
Disruptive behavior	3,9	6,4	3,1	8,8	6,3	3,5	10,0	6,7	11,1
	Ex: "Teacher, can I go to the bathroom?" "Teacher, I don't want to play anymore" "Aren't there any other games?" Bothers or talks to classmates								
Proactive response to received feedback	13,7	8,8	18,7	11,5	18,4	9,8	58,5	57,7	54,7
	Ex. Game-based "I finished the bridge!" "I won 3 coins!" "I have N chickens" Ex. Non-Game-Based "I have N medals" "I have all green scores"								
Confusion regarding the activity	1,7	3,8	1,4	3,0	9,3	13,9	5,7	1,5	3,5
	Ex: "Teacher, how much is X + Y?" "Teacher, how do you do this?" "I don't know how to add this"								
Peer collaboration	4,1	3,2	9,9	6,8	5,5	3,6	2,1	1,8	1,2
	Ex: A student teaches another how to answer a question. A student demonstrates a different way to answer a question. "That's not how you do it ... Look, ..." A student gives an answer to another student. "Put 54! 54!" A student lets another student use his fingers for counting. Ex. Game-based "Who is the red star?"								
Satisfaction at participating in the activity	46,8	34,8	35,2	21,3	35,9	30,7	75,6	71,4	63,0
	Ex. Game-based "Teacher, look! I got the green star!" "I have N medals!" Ex. Non-Game-Based "I have N medals"								

Table 8 – Observed social behaviors (average per child in the experiment)

The teachers commented that the children tended to be very concentrated on their own personal space, presenting lower levels of disruption than in traditional classes. In addition, it was observed that the groups with the game-based activity were less disruptive, except in Brazil, which on the other hand presented a higher ratio of hyperactive students. Also observed were a greater number of proactive responses to the feedback received

in the game-based classes; by using the feedback as a narrative element, the students became more involved in the pedagogic activities. In the game-based activities there was also a lower number of expressions of confusion, due to greater immersion of the children. It is worth noting, that in Brazil there was a greater number of expressions of confusion, but considering that the median in the pedagogic rules completed by each student was greater, the children were exposed to more complex activities that required greater student-teacher interaction. Correspondingly, it is in the game-based activities where there is more frequent collaboration among peers. The collaboration among peers has a 0.78 correlation with the questionnaire about exposure to technology, i.e., the more familiar they are with technology, the greater their tendency to collaborate. In accordance with the above, and with the correlation obtained between exposure to technology and interest in the activity (Table 6), a correlation of -0.87 resulted between exposure to technology and degree of satisfaction with the activity.

## 5. Conclusion

Our first research question asked, is it possible to develop game-based pedagogical activities for the Interpersonal Computer that improve learning when compared to non-game-based activities? To answer this question, a set of arithmetic video games were developed and compared with a non-game-based activity. The activities were both performed on an Interpersonal Computer, with students from three different countries, in two schools per country (rural and urban), plus a control group, working at their own speed over eight sessions. The results show that there was no significant difference between the final results of the game-based and non-game-based systems. On the other hand, in all countries the control group, with no technology, was shown to produce consistently inferior acquired knowledge results when compared to the technological groups. This being principally due to the fact that the technological systems could provide immediate and individualized feedback for each student. However, the game-based activity distinguished itself by capturing greater student interest, which achieved a greater involvement in the activity. Our results cannot be generalized; the samples were neither random nor representative of their countries. We leave as future work to develop a year-long randomized representative study to observe if this greater involvement translates into improved learning. Our second research question asked, is culture a factor that influences learning and/or student interest when interacting with game-based activities on the Interpersonal Computer? Only in Chile did we observe children quickly familiarizing themselves with the game's narrative and, without being prompted, expressing excitement when completing the different stages. In Costa Rica the number of student interjections regarding "Proactive responses to received feedback" and "Satisfaction of participating in the activity" were greater, but the intensity of the commentaries received was greater in Chile. This lead us to conclude that children with less exposure to the game and technology achieved greater immersion; however, involvement is greater when the narrative is closer to the socio-cultural context of the child. Through the observations we also noted that children from the game-based groups in Costa Rica, after finishing each one of their sessions, asked each other about how far they had got in the game and ranking one another. This shows that in Costa Rica, the two game-based groups (rural and urban) transcended the narrative, and naturally created an environment of healthy competition. We leave as an open question how a greater level of competitiveness among children could improve the results in the various cultural contexts.

The design of educational games is not an easy task. While in the non-game-based version, the children built their answers number by number, in the game-based version they chose from three alternatives, showing a significant increase in trial and error behavior. We leave as future work the development of game-based activities where answers are constructed number by number, to observe if immersion is maintained and learning improved. An objective that was not fulfilled was the disconnection of students from their

surroundings, where players become less conscious of their reality and of themselves (Fong-Ling Fu et al., 2009). The Interpersonal Computer limits the game's mechanics (due to the low pixel count that corresponds to each child and the lack of sound), and thus more studies are needed to determine ways of creating more engaging activities for this platform.

The level of involvement and commitment of the children in the game-based groups after taking the post-test (on paper) was less than the non-game-based group. One possible cause is the change of work environment, from video game to paper work. We leave as future work discerning how to evaluate the video game group with video games, in order to observe if this improves their post-test. However, at the same time it is necessary to observe if these children are capable of transferring what they have learned to other mediums, like paper.

In all three countries, it was clear that the teachers did not achieve an effective mediation. As the sessions continued, however, the teachers showed greater ease with the system, improving their effectiveness as mediators. Teacher training is fundamental so that they can take ownership of the technology, fostering technology in the classroom from the beginning. Future work is to find a way to effectively support teachers in the process of incorporating technology and guide them as to the optimal way of integrating digital and non-digital resources in the classroom (Nussbaum, Dillenbourg, Fischer, Looi, & Roschelle, 2011).

## 6. Acknowledgments.

This study was partially funded by LACCIR, Microsoft Research, CONICYT- FONDECYT 1120177, and the Vicerectorship of Investigation at Pontificia Universidad Católica de Chile. We also want to thank Daniela S. Castro, Diego Campos, Érica Rodrigues, Juan F. Lobos, Kathya V.A. Pérez, Marco J. A. Alvarado, Maria I. L. Andrade, Natália G. S. de Souza for their work as observers in the classroom.

## 7. References.

- Alcoholado, C., Nussbaum, M., Tagle, A., Gomez, F., Denardin, F., Susaeta, H., Villalta, M., & Toyama, K. (2011), One Mouse per Child: interpersonal computer for individual arithmetic practice. *Journal of Computer Assisted Learning*. doi=10.1111/j.1365-2729.2011.00438.x
- Aleven, V., Myers, E., Easterday, M., & Ogan, A. (2010). Toward a Framework for the Analysis and Design of Educational Games. *Proceedings of the 2010 Third IEEE international Conference on Digital Game and intelligent Toy Enhanced Learning, DIGITEL. IEEE Computer Society*, 69-76. doi=10.1109/DIGITEL.2010.55
- Annetta, L. A. (2010). The "I's" have it: A framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14(2), 105-112. doi=10.1037/a0018985
- Baek, Y. (2008). What hinders teachers in using computer and video games in the classroom? Exploring factors inhibiting the uptake of computer and video games. *Cyberpsychology & behavior: the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 11(6), 665-671.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1997). *Statistics notes: Cronbach's alpha*. *BMJ*, 314, 572.
- Bowman, R.F. (1982). A Pac-Man theory of motivation. Tactical implications for classroom instruction. *Educational Technology*, 22(9), 14-17.
- Connolly, T. M., & Stansfield, M. (2007). From e-learning to games-based e-learning: using interactive technologies in teaching and IS course. *J. Inf. Technol. Manage.* 6(2-4), 188-208. doi=10.1504/IJITM.2007.014000
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper & Row.
- Csikszentmihalyi, M., & Larson, R. (1980). *Intrinsic rewards in school crime. Dealing in Discipline*, Omaha: University of Mid-America.
- Desurvire, H., Caplan, M., & Toth, J.A., (2004). Using heuristics to evaluate the playability of games. *Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, New York, 1509-1512.
- Dillenbourg, P., Huang, J., Cherubini, M., Kaplan, F., Do-Lenh, S., Bachour, K., Kao, G. Y., & Gault, C. (2009) Interpersonal Computers for Higher Education. *Interactive Artifacts and Furniture Supporting Collaborative Work and Learning. Computer-Supported Collaborative Learning Series*, 10, 129-145, Springer US.
- Durkin, K. (2010). Videogames and young people with developmental disorders. *Review of General Psychology*, 14(2), 122-140. doi=10.1037/a0019438
- Fang, X., & Zhao, F. (2010). Personality and enjoyment of computer game play. *Computers in Industry*. 61(4), 342-349. doi=10.1016/j.compind.2009.12.005

- Federoff, M.A., (2002). *Heuristics and Usability Guidelines for the Creation and Evaluation of Fun in Video Games*. Thesis of MS in the Department of Telecommunications of Indiana University, USA.
- Fong-Ling Fu, Rong-Chang Su, & Sheng-Chin Yu. (2009). EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Comput. Educ.* 52(1), 101-112. doi=10.1016/j.compedu.2008.07.004
- Gee, J.P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan, New York.
- Infante, C., Hidalgo, P., Nussbaum, M., Alarcón, R., & Gottlieb, A. (2009), Multiple Mouse Based Collaborative One-to-One Learning, *Computers & Education*, 53(2), 393-401.
- Infante, C., Weitz, J., Reyes, T., Nussbaum, M., Gómez, F., & Radovic, D. (2010), Co-located Collaborative Learning Video Game with Single Display Groupware. *Interactive Learning Environments*, 18(2), 177-195.
- Lou, Y., Abrami, P., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449-521.
- Mayo, M. J. (2009). Video games: a route to large-scale STEM education? *Science*, 323(5910), 79-82. doi=10.1126/science.1166900
- McDougall, S. J., de Bruijn, O., & Curry, M. B. (2000). Exploring the effects of icon characteristics on user performance: The role of icon concreteness, complexity, and distinctiveness. *Journal of Experimental Psychology*, 6(4), 291-306.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games: An exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process*, 1-26. (On line). Available: <http://www.mendeley.com/research/report-on-the-educational-use-of-games-an-exploration-by-teem-of-the-contribution-which-games-can-make-to-the-education-process/>. Date of last access: 01/05/2011
- MEC - Ministério de Educação. (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*.(On line). Available: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>. Date of last access: 02/06/2012
- MEP - Ministerio de Educación Pública. (2005). *Programa de Estudio de Matemáticas Ciclos I y II*. (On line). Available: <http://www.educatico.ed.cr/ProgramasdeEstudio/Matem%C3%A1tica.zip>. Date of last access: 02/06/2012
- Mineduc - Ministerio de Educación. (2009). *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios 1º básico a IV medio - Matemática*. (On line). Available: [http://curriculumenlinea.mineduc.cl/descargar.php?id\\_doc=201203011131420](http://curriculumenlinea.mineduc.cl/descargar.php?id_doc=201203011131420). Date of last access: 02/06/2012
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, 24 (6), 2530-2540. doi=10.1016/j.chb.2008.03.012
- Nussbaum M., Dillenbourg P., Fischer F., Looi, C., & Roschelle J., (2011), Workshop: How to Integrate CSCL in Classroom Life: Orchestration, *Proceedings CSCL 2012*, July 4-8, Hong Kong, 1199.
- Paek, T., Agrawala, M., Basu, S., Drucker, S., Kristjansson, T., Logan, R., Toyama, K., & Wilson, A. (2004). Toward universal mobile interaction for shared displays. *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work. CSCW '04. ACM*, 266-269. doi=10.1145/1031607.1031649
- Pagulayan, R., Keeker, K., Wixon, D., Romero, R., & Fuller, T. (2003). *User-centered design in games. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Techniques and Emerging Applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 883-905.
- Piaget, J. (1951) *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Pilke, E. M. (2004). Flow experiences in information technology use. *International Journal of Human-Computer Technology*, 61(3), 347-357.
- Preiss, D.D., & Sternberg, R.J. (2005). *Technologies for Working Intelligence*. Intelligence and technology: The impact of tools on the nature and development of human abilities. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 183-208.
- Prensky, M. (2001). *Digital game based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Qin H., Rau, P. P., & Salvendy, G. (2009). Effects of different scenarios of game difficulty on player immersion. *Interact. Comput.* 22(3), 230-239. doi=10.1016/j.intcom.2009.12.004
- Ramli, R.Z., Zin, N.A.M., & Ashaari, N. (2011). Factoring culture as the main role to design game interface model. *Pattern Analysis and Intelligent Robotics (ICPAIR), 2011 International Conference*, 2, 203-206. doi=10.1109/ICPAIR.2011.5976926
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., Grau, V., Lagos, F., López, X., López, V., Rodriguez, P., & Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*. 40(1), 71-94. doi=10.1016/S0360-1315(02)00099-4
- Salomon, G., & Perkins, D. (2005). *Do technologies make us smarter? Intellectual Amplification With, Of and Through Technology*. In D. D. Preiss (Ed.), *Intelligence and technology. The Impact of tools on the nature and development of human skills*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sancho-Thomas, P., Fuentes-Fernández,R., Gómez-Martín, P., & Fernández-Manjón,B. (2009). Applying Multiplayer Role-Based Learning in Engineering Education: Three Case Studies to Analyze the Impact on Students' Performance. *International Journal of Engineering Education*, 25(4), 665-679.
- Schumann, J. H. (2009). *Culture Analysis in Cross-Cultural Research. The Impact of Culture on Relationship Marketing in International Services*: Gabler, 47-74.

- Shih, J., Shih, B., Shih, C., Su, H., & Chuang, C. (2010). The influence of collaboration styles to children's cognitive performance in digital problem-solving game "William Adventure": A comparative case study. *Computers & Education*, 55(3), 982-993. doi=10.1016/j.compedu.2010.04.009
- Smith, A., Gentry, A., & Blake, S. (2011). Mathematics Learning through. D. W. Sally Blake, *Technology and Young Children: Bridging the Communication-Generation Gap*. 199-221. IGI Global.
- Sweetser, P., & Johnson, D., 2004. Player-centered game environments: assessing player opinions, experiences and issues. *Entertainment Computing - ICEC 2004: Third International Conference*. Springer Verlag, New York, USA. 321-332.
- Trucano, M. (2010). EduTech A World Bank Blog on ICT use in Education.(On line). Available: <http://blogs.worldbank.org/edutech/one-mouse-per-child>. Date of last access: 02/01/2012
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind and society: The development of higher mental processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Zaharias, P., & Papargyris, A.(2009). The gamer experience: Investigating relationships between culture and usability in massively multiplayer online games. *Comput. Entertain*, 7(2). doi=10.1145/1541895.1541906

**CARTA DE RECEPCIÓN DE PUBLICACIÓN:**

From: **Computers & Education** <[cae@elsevier.com](mailto:cae@elsevier.com)>

Date: 2012/6/4

Subject: A manuscript number has been assigned: CAE-D-12-00563

To: [vagner.beserra@gmail.com](mailto:vagner.beserra@gmail.com)

Ms. Ref. No.: CAE-D-12-00563

Title: Teaching Arithmetic Using Educational Video Games with an Interpersonal Computer  
Computers & Education

Dear [Vagner](mailto:vagner.beserra@gmail.com),

Your submission entitled "Teaching Arithmetic Using Educational Video Games with an Interpersonal Computer" has been assigned the following manuscript number: CAE-D-12-00563.

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/cae/>.

Your username is: [vagner.beserra](mailto:vagner.beserra@gmail.com)

If you need to retrieve password details, please go to: [http://ees.elsevier.com/cae/automail\\_query.asp](http://ees.elsevier.com/cae/automail_query.asp)

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

D. Jones

Administrative Support Agent [30-Mar-11]

Computers & Education