

# Diseño de Juegos Serios Utilizando los Buenos Principios del Aprendizaje Basados en los Videojuegos y el Modelo de Generación de Conocimiento para Analítica Visual

R.U. González-Arroyo, J. Arámburo-Lizárraga

**Abstract**— This article aims to improve learning by proposing a process to design a serious game as an environment where the user deduces knowledge through the challenges of the game, using the knowledge to be acquired as a strategy. The proposed process is a combination of the Good Principles of Learning based on video games [1] and the Knowledge Generation Model for Visual Analysis [2]. Taking into account the proposed method, a design will be generated that uses the game mechanics to collect data, measure and evaluate the change in player behavior within the game in relation to the different game states.

**Index Terms**— Educational Games, Learning Technologies, Mobile learning, Software design.

## I. INTRODUCTION

LOS juegos serios han sido una herramienta de apoyo para la educación, economía, sociedad, salud e investigación desde de 1970 [3]. De acuerdo con [4], los juegos serios tienen como objetivo principal diversas formas de educación, por encima del entretenimiento. Existe un creciente interés en el uso de juegos serios [5], [6], [7], en la educación formal y no formal, con el objetivo de investigar si son herramientas convenientes para mejorar el aprendizaje [3]. Entre los problemas con relación al uso de juegos serios, se encuentra que: 1) se pierde tiempo en el salón de clases, ya que una serie de actividades predefinidas deberán de realizarse a la par del uso de los juegos, 2) las empresas desarrolladoras de juegos no pueden caracterizar de forma adecuada el concepto de aprendizaje y contenido educativo, 3) los profesores no comprenden del todo los juegos educativos [8], por lo que no existe motivación para utilizarlos como estrategia docente, 4) el uso de juegos que no son divertidos resulta en una

experiencia insatisfactoria, 5) los objetivos curriculares y la implementación del juego son incongruentes, 6) la combinación de educación y entretenimiento elimina las características deseadas de cada uno, conservando las características no deseadas [9], [10]. El uso de juegos serios aporta experiencias educativas atractivas que permiten a los estudiantes adquirir conocimientos y habilidades [11], [12], [13], [14], permiten la contextualización del conocimiento en su propio espacio, tiempo y grupo de afinidad, relacionando las habilidades y valores de los usuarios [15], generando emociones positivas [16], y una actitud más positiva hacia el aprendizaje en relación a los métodos de enseñanza tradicionales [17].

El diseño de juegos serios es abordado de diferentes formas: 1) enfocado a desarrollar un diseño colaborativo para generar un juego serio [18], 2) generar una buena metodología de diseño que oriente la asistencia de los equipos de desarrollo [19], 3) establecer un modelo conceptual mediante la teoría de aprendizaje y pedagogía en combinación de los requerimientos del juego [20], 4) diseñar juegos educativos de aventura [21], o bien, 5) modelar juegos serios de manera independiente del hardware o sistema operativo [22]. Para el análisis de juegos serios se utilizan: casos de estudio, simulaciones por computadora, investigación experimental y métodos participativos de investigación que utilizan como medición entrevistas, biometría, encuestas, análisis de datos a gran escala entre otros, en algunos de los casos se dejan de lado las acciones y eventos generados en el transcurso del juego [23]. Sin embargo, no existen métodos de análisis y medición que sean un estándar para la evaluación del diseño de un juego serio. Para comprender las relaciones entre las acciones de los jugadores y las inferencias realizadas [24] se requieren múltiples ciclos de exploración de datos, generación y confirmación de hipótesis. La generación de micro patrones refleja el cambio de estrategia en el juego, para conocer si es resultado del pensamiento analítico, la planificación, la ejecución, la toma de decisiones y la rápida adaptación al cambio [24]. En [25], se enfatiza que la recolección de datos deberá de estar dirigida a medir los cambios en el conocimiento, actitud, habilidad o comportamiento,

R. U. González-Arroyo student at PhD in Information Technologies CUCEA, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México (e-mail: rene\_ulises@icloud.com).

J. Arámburo-Lizárraga was with the PhD in Information Technologies CUCEA, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México (e-mail: jaramburo@cucea.ugd.mx).

permitiendo la observación de habilidades individuales. El proceso cognitivo no puede ser observado de manera directa, cualquier inferencia hecha acerca de las experiencias positivas o negativas deberá considerar las acciones del usuario dentro del juego y su comportamiento en relación a las diferentes situaciones que se le presentan dentro del juego [26], [27]. Los eventos dentro del juego permiten obtener información del proceso de aprendizaje [28], [29]. Los datos recolectados pueden ser analizados para relacionar el comportamiento del usuario con las etapas del proceso de aprendizaje, por lo que, desde la etapa de diseño, se debe concebir el cambio de las acciones del usuario, a medida que adquiere nuevo conocimiento. En [30] y [15] mencionan que la productividad de los juegos radica en que los usuarios son libres de descubrir y crear formas de aprendizaje adecuadas para ellos. En [31], mencionan que la capacitación, aprendizaje y educación resultan más efectivas cuando el aprendizaje es activo, experimental, situado, basado en problemas y proporcionan retroalimentación inmediata. Las cualidades mencionadas deben estar presentes en todo juego educativo, sin importar si será utilizado en educación formal, no formal e informal. Por lo tanto, es necesario que el diseño contemple la recolección de datos que muestren como se construye el conocimiento.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este artículo se propone un proceso para diseñar juegos serios cuyas características deseables son: 1) contextualizar el conocimiento y utilizarlo como estrategia para completar el juego, 2) que el uso del juego sea de manera voluntaria derivada de la diversión que provoca, 3) utilizar cualquier teoría de aprendizaje para su diseño, 4) que sea un apoyo educativo en la educación formal, no formal e informal, y 5) proponer un entorno educativo para deducir el conocimiento mediante el juego. De acuerdo con [5], existen dos enfoques de diseño para los juegos serios: a) se coloca el contenido educativo dentro de un juego, haciendo que la experiencia sea divertida, pero no es posible probar con certeza el aprendizaje del contenido educativo, y b) se pretende que el contenido educativo sea un juego, pero no se logra que sea divertido. Para que este tipo de tecnologías sean aceptadas como instrumentos adecuados, se necesita evidencia que describa como se obtuvieron las nuevas habilidades. Debido a los costos, la elaboración de un juego serio representa un riesgo, ya que no existen garantías sobre la recuperación de la inversión, esto dificulta la adopción de los juegos serios en la educación [11], [24], además de que existen pocos ejemplos de la medición de su efectividad [32], [33], [34], debido a una poca integración entre los contenidos educativos y el juego. La integración del aprendizaje y el juego de manera efectiva, implica que la mecánica de juego se traduzca en un modelo mental, por medio del cual, el usuario adquiere las habilidades que se buscan desarrollar [4], [35], [36]. En [37], se menciona que las características deseadas para un juego serio son; metas claras, tareas repetibles, registro del avance del progreso del

usuario, incremento del tiempo asignado a cada tarea y un nivel de dificultad de aprendizaje ajustable. No obstante, es posible encontrar ejemplos en los que el nivel educativo ofrecido es insuficiente, incluso se puede considerar nulo [12]. El equilibrio del contenido educativo con relación a la parte divertida no es adecuado para el diseño y generación de este tipo de juegos [38], ya que no existe una visión unificada de metodologías de diseño para juegos serios [39]. En [5], se menciona que no basta con que el juego este bien diseñado para que su uso resulte en aprendizaje. Es esencial reunir evidencia del aprendizaje de los estudiantes, generando métodos que combinen el juego y el aprendizaje basados en metas de evaluación formativas [24]. El diseño del juego debe considerar los ciclos a través de los cuales el usuario debe pasar para obtener conocimiento, donde la mecánica de juego se expone a entradas externas al sistema, que influyen en la dinámica del juego [40].

Debido a la naturaleza multidisciplinaria de los juegos serios se han propuesto diferentes clasificaciones [41], [4], [42], [43], [44], [6], [45], [30], que han dado lugar a diferentes marcos de referencia, tanto generales [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], como particulares [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61]. Sin embargo, en estos no se describe las diferentes interacciones entre el usuario y la mecánica de juego. Esto es relevante para observar si las experiencias de aprendizaje están relacionadas y conocer si el juego es percibido como tal, o como una actividad escolar y finalmente observar si las acciones dentro del juego llevan al jugador a obtener conocimiento. En el apartado siguiente se propone un proceso de diseño de juegos serios educativos, este contempla desde la etapa de diseño, el conjunto de acciones e interacciones entre el usuario y la mecánica de juego, con el objetivo de visualizar la modificación de las acciones del jugador, como resultado del uso del juego.

## III. DISEÑO DE JUEGO SERIO

En este artículo se propone un proceso para diseñar un juego serio tomando como base Los Buenos Principios de Aprendizaje Basados en los Videojuegos (BPABV) propuesto en [1] y el modelo de generación de conocimiento para analítica visual (MGCAV), propuesto en [2]. En la figura 1 el cuadro rojo, indica que un juego serio reemplaza al sistema de análisis visual del modelo original, y se mantiene la parte del cuadro azul que representa al comportamiento humano [2]. La adaptación de la figura 1 busca que la interacción entre el usuario y la mecánica de juego, se realice en base a los distintos ciclos descritos en la parte humana de MGCAV, como se muestra en la Figura 2. En [62], se menciona que la presentación explícita del contenido educativo representa una interrupción en el flujo del juego, para evitar esto se propone que las actividades reflejen al menos un principio de BPABV en correspondencia con cada una de las etapas descritas en MGCAV, de esta manera se asegura que el usuario comprenda

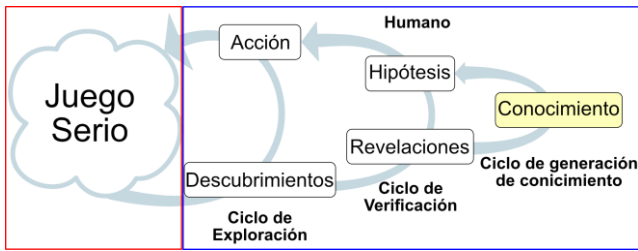


Fig. 1. Modificación al Modelo de Generación de Conocimiento para Analítica Visual

MODELO DE GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA ANALITICA VISUAL				
Ciclo de Exploración		Ciclo de Verificación		Ciclo de Generación del Conocimiento
Acción	Descubrimientos	Hipótesis	Revelaciones	Conocimiento
Co-Diseño (EF-1)		Problemas Bien Ordenados (SP1)		Pensamiento Sistemático (C-1)
Personalización (EF-2)		Frustración Placentera (SP2)		
Identidad (EF-3)		Ciclos de Experiencia (SP3)		
Manipulación (EF-4)		Información "En Demanda" y "Justo a Tiempo" (SP4)		
		Tanque de Peces (SP5)		Significado Como Imagen de Acción (C-2)
		Caja de Arena (SP6)		
		Habilidades Como Estrategia (SP7)		
Estudiantes Fortalecidos		Solución de Problemas		Comprensión
BUENOS PRINCIPIOS DE APRENDIZAJE				

Fig. 2. Adaptación propuesta entre MVCAV y BPABV.

la mecánica de juego junto con el contenido educativo como un flujo continuo, gradual y lógico. El proceso propuesto se muestra en la Tabla 1, una vez seleccionada la teoría de aprendizaje (E) se deberá de iterar a través de los pasos subsecuentes hasta que el diseño generado le permita al usuario deducir el conocimiento. Para obtener un diseño incremental, el proceso se divide en tres partes definidas por las letras E (exploración), D (Diseño), y Finalización (F). Los eventos generados durante el juego se recolectan como mensajes que se clasifican en acciones, descubrimientos, hipótesis, revelaciones y conocimiento; esta clasificación se realiza para cada una de las fases que componen la teoría de aprendizaje, con el objetivo de visualizar el cambio de comportamiento del usuario. El conocimiento debe ser el eje sobre el que se construye la parte lúdica del juego. La selección del género del juego debe buscar que las actividades propuestas utilicen el conocimiento a adquirir para su solución. Mediante la mecánica de juego, el usuario se expone a eventos que conducen al usuario a diferentes acciones que cuentan con un significado en la vida real. Para determinar en qué momento se ha completado la fase de diseño, es necesario considerar los recursos disponibles para la creación del juego, como son: tiempo, presupuesto y la complejidad del objetivo de aprendizaje, por mencionar algunos. En el presente trabajo, se considera como comportamiento dentro del juego, a la serie de acciones que realiza el usuario para interactuar con el juego a través de las diferentes mecánicas de juego. Para la detección del cambio de comportamiento, las interacciones entre el usuario y la mecánica son recolectadas para crear un conjunto de marcadores clasificados en: acciones, descubrimientos, hipótesis, revelaciones y conocimiento. Estos describen como las acciones del usuario se modifican

TABLA I  
PROCESO DE DISEÑO PARA UN JUEGO SERIO EDUCATIVO CON DETECCIÓN DE CAMBIO DE COMPORTAMIENTO DENTRO DEL JUEGO

<b>E</b>	Seleccionar una teoría de aprendizaje
<b>E1</b>	Definir un Objetivo de aprendizaje general.
<b>E2</b>	Definir el estado inicial del usuario.
<b>E3</b>	Definir el estado final del usuario.
<b>E4</b>	Dividir el objetivo de aprendizaje de acuerdo a la teoría de aprendizaje.
<b>E5</b>	Para cada fase de la teoría de aprendizaje: <ol style="list-style-type: none"> <li>Analizar en cada escenario cómo el tema que se desea aprender puede ser divertido.</li> <li>Analizar en cada escenario cómo el tema que se desea aprender puede ser útil.</li> <li>Enumerar actividades que son divertidas en relación a los objetivos de aprendizaje.</li> <li>Enumerar mecánicas de juego apropiadas para las actividades del punto anterior.</li> </ol>
<b>D1</b>	Definir el género del juego y crear un guión que contextualice el conocimiento, por medio de la mecánica de juego.
<b>D2</b>	Crear por lo menos, un objetivo para cada fase de la teoría de aprendizaje.
<b>D3</b>	Para cada objetivo de la sección anterior, generar mediante el uso de BPABV, una mecánica de juego que describa: <ol style="list-style-type: none"> <li>Al menos un ciclo de exploración, que defina descubrimientos y acciones para cada objetivo. Las acciones y descubrimientos deberán cumplir con al menos uno de los principios descritos en estudiantes fortalecidos de BPABV.</li> <li>Al menos un ciclo de verificación que defina hipótesis y revelaciones para cada objetivo. Las hipótesis y revelaciones deberán cumplir con al menos uno de los principios descritos en solución de problemas de BPABV.</li> <li>Al menos un ciclo de generación de conocimiento para cada objetivo, el cual deberá cumplir con al menos uno de los principios descritos en comprensión de BPABV.</li> </ol>
<b>F</b>	¿Se ha completado el diseño? Si Continuar con la implementación. No Registrar, añadir cambios y continuar con E2

con el uso del juego. El usuario decide la secuencia de acciones en base a sus preferencias personales, por lo que diferentes jugadores presentaran secuencias distintas. Estas varían a medida que el usuario se familiariza con las mecánicas, retos y escenarios que se le presentan, modificando su secuencia de acciones hasta concluir cada escenario de forma adecuada, lo que permite confirmar el correcto funcionamiento del proceso de diseño. El enfoque propuesto, tiene la ventaja de que cada objetivo permite detectar los cambios específicos por cada fase de la teoría de aprendizaje, lo que es conveniente al tener recursos limitados, o cuando se desea generar el juego de una manera incremental.

#### IV. CASO DE ESTUDIO: DISEÑO DE JUEGO ALAIN CON DETECCIÓN DE CAMBIO DE COMPORTAMIENTO DENTRO DEL JUEGO

Un juego serio puede ser utilizado en diferentes dispositivos, de acuerdo con [63] las interfaces táctiles involucran al usuario en una interacción continua, lo que ha permitido su rápida adopción en la educación. En [64] se menciona que, a diferencia de los teléfonos inteligentes, las tabletas digitales permiten la visualización e interacción con

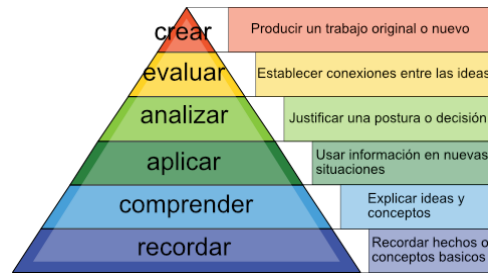


Fig. 3. Taxonomía de Bloom en el dominio Cognitivo [65]

los elementos de la interfaz de una manera más cómoda, al tener una pantalla más grande. El proceso propuesto en la tabla 1, se utilizó para diseñar un juego para tableta, llamado Alain, para su diseño se realizaron varias iteraciones de dicho proceso y tiene como objetivo el desarrollo del sentido numérico. Debido a que el diseño de un juego puede ser muy extenso, en este trabajo se presenta la última iteración, la cual se describe a continuación, tomando como referencia el proceso de la tabla 1:

**E:** Se utilizó la versión actualizada el 2021 de taxonomía de Bloom [65] en el dominio cognitivo que se muestra en la figura 3, esta describe una serie de etapas que van de lo simple y concreto a lo difícil y abstracto con el objetivo de construir el conocimiento [66], además de que es una de las más difundidas en la educación formal [67], [65], [66].

**E1:** El usuario desarrollará el sentido numérico, utilizando el constructo definido en [68].

**E2:** Se recomienda que el usuario conozca los números de 1 a 9, y tenga experiencia en el uso de tabletas digitales.

**E3:** El usuario deduce una relación numérica que utiliza como primera opción para resolver las tareas dentro del juego.

**E4:** En este trabajo acorde a la figura 3 de la taxonomía, se muestra las fases de Recordar y Comprender: a) En la fase Recordar, el usuario identifica un número determinado de objetos de un conjunto, o selecciona el símbolo que representa un número entre 1-9, y b) En la fase Comprender, el usuario debe identificar y seleccionar cantidades y relaciones numéricas en función de la mecánica de juego.

**E5:** Para cada fase de la teoría de aprendizaje:

a) Analizar en cada escenario cómo el tema que se desea aprender puede ser divertido.

Para la fase Recordar, el usuario identifica símbolos y cantidades que le permiten completar las tareas, esto es percibido como un logro que le generará alegría. Para la fase Comprender, el usuario identifica una relación numérica que le facilita tareas a realizar, que se traduce en satisfacción. Cada relación numérica es una estrategia implementada en las misiones del juego.

b) Analizar en cada escenario cómo el tema que se desea aprender puede ser útil.

Para la fase Recordar, el usuario utiliza símbolos y cantidades que son de uso común en la vida diaria. Para la fase Comprender, la relación numérica de cada tarea le permite contextualizar las relaciones numéricas en la vida real. La diferencia entre la sección a y b radica que para la primera se describe lo que mantendrá al usuario interesado

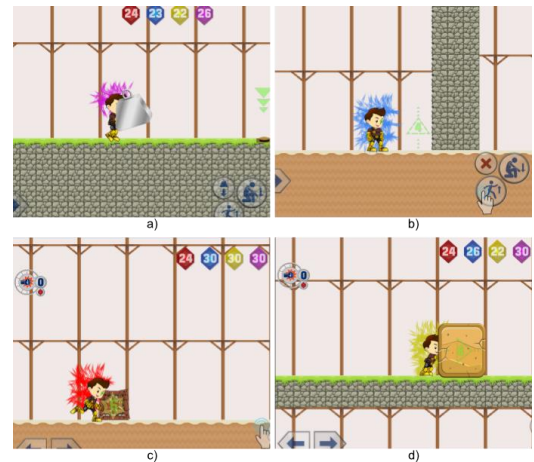


Fig. 4. Uso de Peso, Tamaño, Resistencia, y Distancia en la mecánica de juego.



Fig. 5. Eventos en los que el jugador pierde y recupera salud.

en el juego, mientras que en la segunda se diseña cómo la experiencia del juego se integrará en la vida real.

c) Enumerar actividades que son divertidas en relación a los objetivos de aprendizaje.

Para la fase Recordar, el usuario selecciona un número determinado de elementos e identifica el símbolo que representa un número específico. Para la fase Comprender, el usuario identifica una relación o completa una secuencia numérica.

d) Para la creación de la mecánica de juego se propone el uso de peso (ver figura 4a), tamaño (ver figura 4b), resistencia (ver figura 4c) y distancia (ver figura 4d) para establecer relaciones numéricas que están presentes en la vida real y pueden ser representadas en el juego como acciones, éstas le permiten al usuario desplazarse en el mundo virtual creado en 2d. Para la fase Recordar, el usuario identifica un número, enumera algunos objetos. Para la fase Comprender, el usuario identifica una relación numérica.

**DI:** El juego utiliza el género plataforma/Aventura, el personaje principal es un niño llamado Alain, la energía de la aldea donde vive se obtiene extrayendo cristales de una mina.





Fig. 6. Escenarios que conforman el juego.



Fig. 7. Paneles de selección del primer nivel.

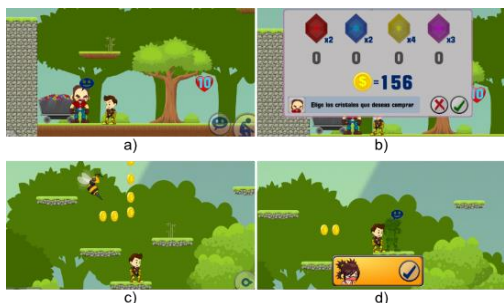


Fig. 8. Paneles de selección de cristales y personajes ocultos.

La mayoría de los habitantes de la aldea trabajan en la mina, sin embargo, la aldea y el camino a la mina, se han convertido en un peligro para los habitantes ya que han sido invadidos por criaturas de las montañas. Con el fin de encontrar a su hermano y amigos, Alain decide hacer un viaje a la mina. Para facilitarle el viaje, tres amigos, que son los inventores del pueblo, se dan a la tarea de crear un traje que le da nuevas habilidades. Alain puede encontrar tres peligros diferentes que le hacen perder vida. El primer peligro son las criaturas salvajes, éstas no atacan a Alain de manera directa y solo le causan daño cuando lo tocan, restándole una parte de su salud (ver figura 5a). El segundo peligro son los robots cuyo objetivo es atacar y eliminar a Alain (ver Figura 5b). La

pérdida de vidas se produce cuando entra en contacto con los robots o con un proyectil lanzado por ellos. El tercer peligro son obstáculos: cercas con picos, pozos con estacas y fosas con agua, estos causan la pérdida total de vida (ver figura 5c). Alain incrementa la salud al tocar objetos en forma de corazón (figura 5d). El juego se divide en dos escenarios que son; la aldea (figura 6a), el camino a la mina (figura 6b).

Para la fase Recordar, Alain debe ayudar a la gente del pueblo con nueve diferentes tareas para obtener el traje y completar el nivel, donde las primeras tres tareas se pueden realizar en cualquier orden y ninguna depende de la otra, mientras que el resto de las tareas se activan cuando se completan las tres primeras. Alain obtiene información de los Personajes No Jugadores (por sus siglas en inglés Non-Player Character-NPC), para conocer las tareas a realizar. Para completar las tareas se cuenta con cuatro paneles donde se puede seleccionar: naranjas (ver figura 7a), cristales (ver figura 7b), manzanas (ver figura 7c) y un grupo de cristales dentro de un conjunto (ver figura 7d). Algunos NPC permanecen ocultos hasta que se completan algunas de las tareas. El escenario para esta fase es la aldea, esta cuenta con cinco casas amarillas, ocho casas blancas y tres graneros de color marrón, tanto las casas como los graneros se encuentran enumerados. El escenario contiene 12 monedas que se utilizan para completar una de las tareas asignada por uno de los NPC. Alain aumenta el número de monedas al entrar en contacto con ellas.

Para la fase Comprender, Alain viaja a través del bosque hasta la entrada de una mina, cuenta con un traje que, mediante el uso de cristales azules, puede saltar una distancia proporcional a los cristales utilizados (ver figura 4b), los cristales morados se usan para levantar objetos de tipo pesa (ver figura 4a), los rojos para destruir objetos de tipo caja (ver figura 4c) y los amarillos se usan para empujar objetos de tipo roca (ver figura 4d). Al comenzar el nivel, Alain cuenta con 90 cristales de cada color. Para obtener más cristales se utilizan monedas que se distribuyen a lo largo del nivel. El nivel tiene siete barreras, al cruzar cualquiera de las barreras, la posición y los recursos del jugador son almacenados. El usuario no reinicia todo el nivel si Alain pierde la vida, continúa el juego en la última barrera que cruzó. En cada segmento del nivel dividido por barreras hay un minero NPC que muestra un panel, en el cual el usuario puede comprar cristales (ver figura 8a y 8b). En la escena hay un NPC oculto que aparece cuando el personaje Alain está cerca, el NPC tiene como objetivo proporcionar pistas de las tareas a realizar (ver figura 8c y 8d). En este nivel hay tres tipos de criaturas salvajes y son: tortugas, abejas y un cerdo salvaje, el jugador no puede destruirlos y debe de evitar el contacto con ellos, además, este nivel tiene dos tipos de robots que atacan directamente a Alain. Para terminar el nivel Alain debe entrar por una puerta que permanece oculta hasta que vence al jefe del nivel.

**D2:** Para la fase Recordar se tiene como objetivo que el usuario identifique números en el rango del 1 al 9, por lo que

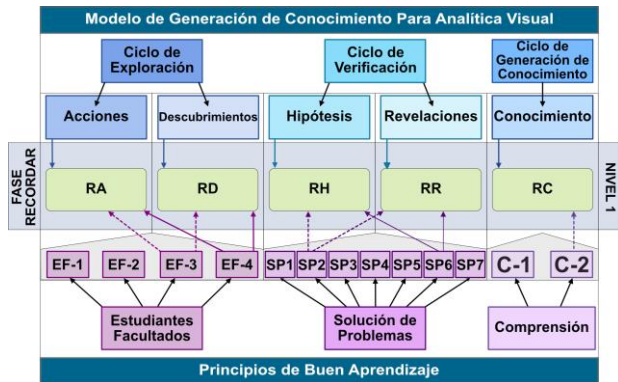


Fig. 9. Integración de GPLBV con MGCav para la fase Recordar de la taxonomía de Bloom, utilizando el primer nivel del juego.

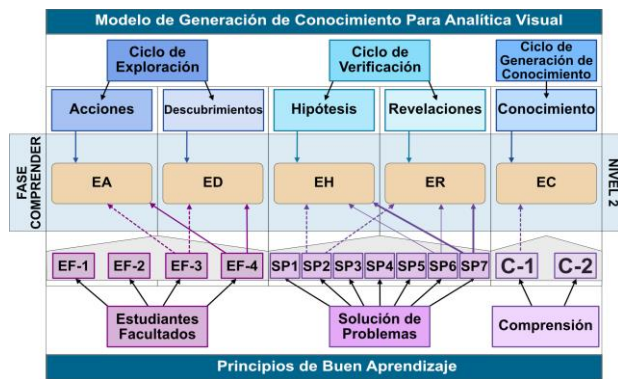


Fig. 10. Integración de GPLBV con MGCav para la fase Comprender de la taxonomía de Bloom, utilizando el segundo nivel del juego.

se proponen las siguientes acciones: tocar sobre el número 1 de un granero, seleccionar un par de manzanas de un conjunto de 12, seleccionar tres y/o cuatro naranjas de un conjunto de 12, tocar sobre el número 5 de una casa amarilla, tocar sobre el número 7 de una casa blanca, recolectar ocho monedas, seleccionar un grupo de ocho cristales de entre 9 grupos con diferentes cantidades de cristales, seleccionar nueve cristales de un conjunto de 16. Para la fase Comprender, el usuario debe identificar y seleccionar magnitudes numéricas, por lo que se propone las siguientes actividades: usando las propiedades de su traje para seleccionar dos números iguales, ordenar los números del 1 al 3 de forma ascendente, destruir en orden diferentes grupos de cajas marcadas con los números del 1 al 4, del 1 al 6, del 1 al 9, del 5 al 1, destruir las cajas 9,8,7,5,4,2,1 en orden y vencer al jefe del nivel usando las cajas marcadas con números pares.

**D3:** Para cada objetivo de la sección previa, crear mediante el uso de BPAVB. En la figura 9 se muestra la fase Recordar, que se utiliza como base para la generación del primer nivel, donde: RA (Recordar-Acciones), RD (Recordar-Descubrimientos) RH (Recordar-Hipótesis), RR (Recordar-Revelaciones) y RC(Recordar-Conocimiento). En la figura 10 se muestra la fase Comprender, que se utiliza como base para la generación del segundo nivel donde: EA (Entender-Acciones), ED (Entender-Descubrimientos), EH (Entender-Hipótesis), ER (Entender-Revelaciones), EC (Entender-Conocimiento).

a) Al menos un ciclo de exploración que defina Acciones y Descubrimientos para cada objetivo.

**RA:** Para Recordar-Acciones en el ciclo de exploración, el usuario puede moverse a la derecha, a la izquierda, agacharse, saltar, saltar hacia adelante, desplazarse hacia adelante agachado, obtener información de las tareas de los de los NPC al presionar el botón de diálogo, seleccionar un número de manzanas naranjas, cristales y un conjunto de cristales, de los paneles correspondientes, tocar sobre el número de una casa amarilla, tocar sobre el número de una casa blanca, tocar sobre el número de un almacén café, pausar el juego, continuar con el juego, consultar una misión y consultar el mapa del nivel.

**RD:** Para Recordar-Descubrimientos en el ciclo de exploración, el usuario descubre que un botón de diálogo se muestra cuando se acerca a un NPC. El usuario pierde una porción de salud al entrar en contacto con un hongo o una abeja y no puede dañarlos ni destruirlos. El nivel se reinicia cuando el usuario cae al agua, o cuando la barra de salud llega a cero. Se le asignan nueve diferentes tareas y algunas se completan al seleccionar la opción correcta en el panel correspondiente, así como también puede posponer la selección de una opción al pulsar la marca X en el panel, y que algunas misiones se completan al tocar sobre el número correcto de la casa blanca, amarilla o del granero.

**EA:** Para Comprender-Acciones en el ciclo de exploración, además de Recordar-Acciones de la fase Recordar, el usuario puede seleccionar un tipo de cristal, incrementar el número de cristales seleccionados, seleccionar una habilidad del traje, activar la habilidad seleccionada en función de los cristales seleccionados y cancelar el uso de una habilidad del traje.

**ED:** Para Comprender-Descubrimientos en el ciclo de exploración, además de Recordar-Descubrimientos de la fase Recordar, el usuario descubre que no puede dañar al cerdo salvaje ni a las tortugas. El usuario puede comprar los cristales que necesite, y debe completar una tarea para cruzar una barrera. El nivel se reinicia cuando el usuario cae a un pozo con estacas, cuando entra en contacto con cierto tipo de robot, cuando entra en contacto con una valla con picos, cuando toca una bola de energía. Los robots detectan al usuario a cierta distancia. La barra de energía del jefe de nivel se reduce o incrementa dependiendo del tipo de caja que destruya. Los interruptores son activados al poner un objeto sobre ello. Los objetos tipo roca se presentan como obstáculos y se pueden utilizar para activar interruptores. Las cajas azules se utilizan para generar secuencias de números ascendentes, y las cajas rojas se usan para generar secuencias de números descendentes, mientras que las cajas moradas con número par reducen la vida del jefe de nivel, pero las cajas moradas con número impar incrementan la salud del jefe de nivel, por mencionar algunos de los descubrimientos de esta fase.

b) Al menos un ciclo de verificación que defina hipótesis y

revelaciones para cada objetivo.

**RH:** Para Recordar-Hipótesis en el ciclo de verificación, un usuario con comportamiento indefinido puede formular hipótesis con el número de combinaciones de elementos a seleccionar y con el número de combinaciones de símbolos a seleccionar.

**RR:** Para Recordar-Revelaciones en el ciclo de verificación, un usuario con comportamiento indefinido, puede encontrar el número correcto de elementos a seleccionar, y el símbolo que representa a un número.

**EH:** Para Comprender-Hipótesis en el ciclo de verificación, un usuario puede formular hipótesis: acerca del número adecuado de cristales para activar una habilidad del traje, acerca del número de combinaciones para cada tarea que desactiva una barrera, acerca del tipo de caja que se utiliza para reducir o aumentar la salud del jefe de nivel.

**ER:** Para Comprender-Revelaciones en el ciclo de verificación, un usuario con comportamiento indefinido puede revelar que el número de cristales debe ser igual o mayor al número mostrado en la caja a ser destruida, debe ser mayor o igual al número mostrado en el objeto a ser levantado, o descubrir la secuencia correcta para abrir cada una de las barreras, además de que el jefe de nivel pierde una porción de salud cuando una caja con un número par es destruida cerca de él y recupera salud cuando la caja destruida cerca de él presenta un número impar.

c) Al menos un ciclo de generación de conocimiento para cada objetivo.

**RC:** Para Recordar-Conocimiento, en el ciclo de generación de conocimiento, un usuario con comportamiento indefinido, aprende el número correcto de elementos a seleccionar y el símbolo que representa el número correcto.

**EC:** Para Comprender-Conocimiento en el ciclo de generación de conocimiento, un usuario con comportamiento indefinido aprende el número correcto de cristales para utilizar las habilidades del traje y la secuencia numérica para desbloquear las barreras, además le permitirá diferenciar entre números pares e impares.

**F:** Debido a lo extenso de un juego que cubra todas las fases de la taxonomía Bloom, para el presente trabajo solo se consideran las etapas Recordar y Comprender. Es factible utilizar un fragmento de la teoría de aprendizaje porque los objetivos se evalúan en cada fase.

El juego cuenta con dos niveles, cada uno cuenta con un escenario de introducción para presentar la mecánica de juego al usuario. Es importante destacar que además del diseño, se contempla que, todos los intentos realizados por el jugador fueron considerados, clasificándolos de acuerdo al nivel del juego, sin límite de tiempo, ni de intentos. En el comportamiento definido se cuenta con el conocimiento necesario para cumplir los objetivos, por lo que se asume que no se adquieren nuevas habilidades con el uso del juego. En el comportamiento indefinido, se pretende que, a través de los

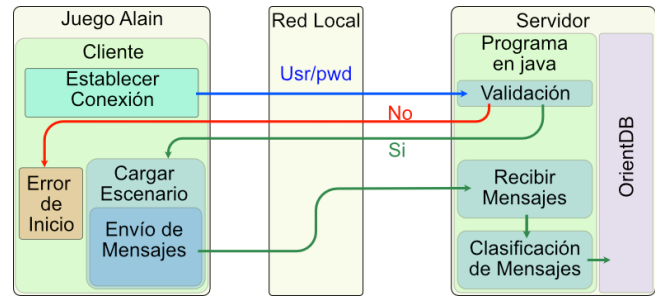


Fig. 11. Diagrama cliente/servidor para la recolección de datos.

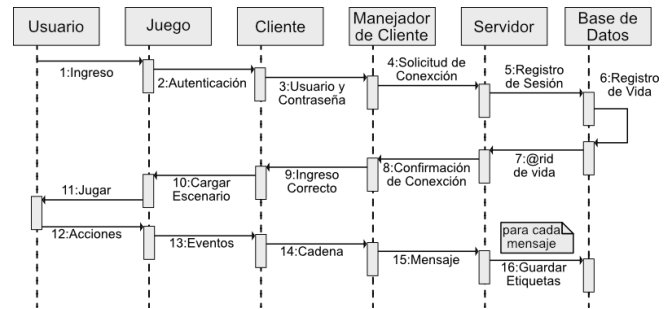


Fig. 12. Secuencia para la recolección de datos.

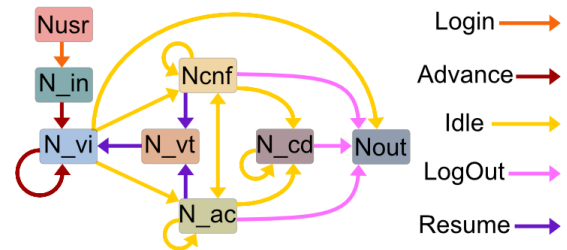


Fig. 13. Paneles de selección de cristales y personajes ocultos.

ciclos de exploración, verificación, y generación de conocimiento, el usuario pase de un comportamiento indefinido a un comportamiento definido adquiriendo nuevas habilidades derivadas del uso de la mecánica de juego. Para el diseño del juego Alain, el proceso propuesto en la tabla 1 permitió integrar, evaluar y descartar diferentes aspectos del juego, permitiendo que el diseño generado integre la mecánica de juego con el contenido educativo de manera implícita.

## V. RECOLECCIÓN DE DATOS

La implementación del diseño generado se realizó en Unity3d, utilizando como lenguaje de programación c#, para la generación y edición de los elementos de audio se utilizó el software libre Audacity, la creación y edición de los componentes gráficos del juego se realizó con el software Affinity Designer y la animación de los Sprites del juego se llevó a cabo con la versión gratuita del software Spriter, los juegos de mosaicos utilizados para formar los escenarios así como los NPC, fueron adquiridos en diferentes conjuntos en la tienda en línea gameart2d [69], el carácter de Alain fue adquirido en la tienda scirra [70]. La recolección de datos es una parte fundamental para comprender las acciones del usuario en relación con la mecánica de juego, el diagrama se



muestra en la figura 11. Una aplicación escrita en Java actúa como servidor, esta utiliza sockets para recolectar mensajes a través de protocolo TCP/IP y se ejecuta sobre una red local, sin conexión a internet. En la figura 12 se muestra el diagrama de secuencia para la recolección de datos. La aplicación cliente transmite mensajes de texto sin cifrar que describen las actividades del usuario. El servidor identifica, clasifica y almacena cada uno de los mensajes en la base de datos. Para el almacenamiento de los mensajes se utilizó el modelo de grafos de la base de datos OriendDB la cual es multi modelo. En la figura 13 se muestra el modelo de la base de datos utilizada, los vértices representan las acciones y aristas que representan relaciones, donde: Nusr identifica a cada usuario y es el punto de partida del grafo. N\_in Identifica el inicio de sesión del usuario. N\_vi Registra cada vida del usuario dentro del juego ligada a un inicio de sesión. N\_ac registra las acciones del usuario dentro del juego, así como su posición y la secuencia en cómo se ejecutaron. N\_cd registra las colisiones y las interacciones que resultan de todas las acciones del usuario dentro del juego. Ncnf registra cambios en la configuración del juego. N\_vt registra cuando el usuario termina o reinicia un nivel. Nout Registra si el usuario se desconecta o sale del juego. Login conecta Nusr con N\_in que identifica el inicio de sesión cada usuario. Advance N\_in con Nvi o de una nueva vida con otras vidas subsecuentes en un mismo inicio de sesión. Idle comprende el lapso de tiempo de inactividad por parte del usuario entre los nodos N\_vi, N\_ac, Ncnf, N\_cd, este conecta las secuencias de acciones en orden a medida que las ejecuta el jugador durante una vida dentro del escenario. Logout conecta N\_ac, Ncnf, o N\_cd para registra si el usuario salió del juego o si se perdió la conexión. Resume conecta N\_ac, N\_cd con N\_vt, y relacionando este con el N\_vi para generar un nuevo vértice de vida y relacionado con la arista advance. Los vértices se crean de acuerdo al orden en que se reciben los mensajes, las relaciones se generan con los dos últimos mensajes recibidos. Cada acción del usuario es registrada como un evento por parte del juego, por cada evento hay una cadena de caracteres que se almacena en el servidor. El proceso propuesto en la tabla 1 permite generar un juego que mediante el uso de MGCAV, describe diferentes etapas relacionadas con el aprendizaje, al relacionar cada una de estas etapas con BPAVB, se genera un juego que se percibe como tal y no como un cuestionario o herramienta de evaluación, cada actividad dentro del juego forma parte de un objetivo mayor que es útil tanto en el juego como en la vida real. El diseño permite especificar las acciones por parte del usuario que resulta de interés para el proceso de aprendizaje. Debido a las múltiples acciones del jugador resultan en múltiples interacciones con la mecánica de juego, se obtiene un número elevado de eventos. La recolección de datos debe de mostrar como el jugador cambia sus acciones a medida que se familiariza con el juego, para esto se toma como base la figura 9 para el primer nivel y para el segundo nivel la figura número 10 donde las acciones descritas en los apartados RA, RD, EA y ED generar un contexto donde las tareas requieren cierto

conocimiento para ser concluidas. Los apartados RH, RR, EH y ER exponen al usuario a una actividad de la que puede o no conocer la respuesta la cual se puede deducir por el entorno del juego. Los apartados RC y EC especifican los eventos donde el usuario encuentra la solución de cada tarea dentro de cada escenario. Cada uno de los apartados de la combinación entre MGVA y BPAVB listan una serie de acciones, las etiquetas que describen estas acciones, son las que nos permiten visualizar si las actividades del usuario se orientan a cumplir las tareas que se le plantean. Con cada vida el usuario comienza por explorar el escenario mediante las acciones que se le permitan ejecutar, estas lo llevan a descubrir las tareas que debe cumplir, al presentársele una tarea deberá generar una hipótesis de cómo resolver cada tarea la que puede ser o no ser correcta, la hipótesis que le permiten resolver la tarea de forma correcta son una revelación, esta se pone a prueba de manera que al comprobar su validez se convierten en conocimiento. La secuencia de etiquetas que describen estos eventos es el comportamiento del usuario dentro del juego, al comparar las diferentes etiquetas que se presentaron en cada una de las vidas de los dos escenarios se espera observar los cambios de comportamiento del usuario derivados de la adquisición de nuevo conocimiento.

## VI. RESULTADOS

Para verificar la correcta implementación del diseño, el juego se probó con un usuario de tercer grado de primaria, para la visualización del cambio del comportamiento, los eventos generados por la interacción entre el usuario y la mecánica de juego se agrupan en: descubrimiento, hipótesis, revelación y conocimiento, a cada uno de estos grupos se les asigna un valor numérico de 10, 20, 30 y 40, la asignación a cada colección de eventos, es en base a su relevancia en el proceso de aprendizaje. A pesar de que las acciones como caminar y saltar, son las que permiten la interacción entre el usuario y la mecánica de juego, por sí solas no contribuyen al desarrollo del sentido numérico, debido a esto el grupo de etiquetas de la categoría acciones, no se toman en consideración. Los datos filtrados, se utilizan para generar el gráfico mostrado en la figura 14 para el primer nivel del juego, y la figura 15 para el segundo nivel, en estas, la primera columna marcada con la etiqueta E, muestra el comportamiento esperado por parte del usuario, en la gráfica 14 las columnas marcadas de 1 a 21 muestran el total de vidas utilizadas para completar el primer nivel. En la figura 15 las columnas marcadas de 1 al 10 muestran solo las vidas que detecta un evento que se clasifica como descubrimiento, hipótesis, revelación o conocimiento. En ambas gráficas se puede observar como la secuencia de acciones del usuario varía en cada vida, en la última vida, el usuario completa todas las tareas de ambos niveles, y es en ésta, donde las acciones del usuario se aproximan más a las acciones esperadas, cabe destacar que el usuario completo ambos niveles solo una



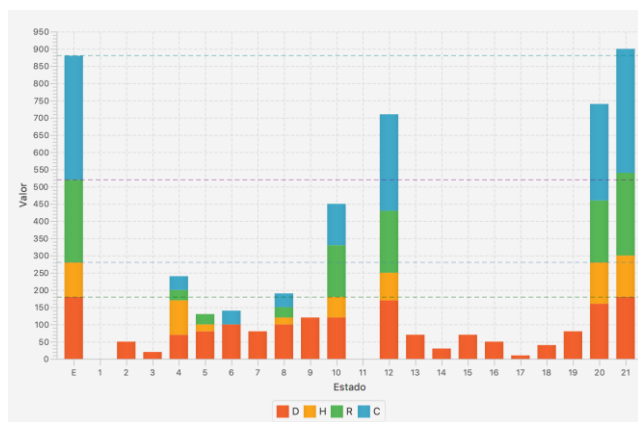


Fig. 14. Comportamiento esperado y comportamiento presentado por vida en el nivel 1.

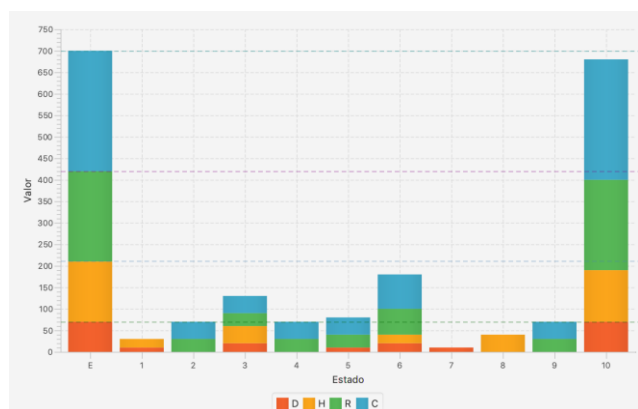


Fig. 15. Comportamiento esperado y comportamiento presentado en las vidas del nivel 2 que presentan las etiquetas de las etapas descubrimiento, hipótesis, revelación y conocimiento.

ocasión, es de esperar que con un mayor uso del juego los valores obtenidos por el usuario sean los mismos a los valores esperados.

## VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El proceso propuesto para la generación de un juego serio permite identificar las acciones y eventos generadas por el uso del juego, esto permite observar como la secuencia de acciones del jugador se modifica al adquirir nuevo conocimiento. La integración entre MGCAY y BPAVB permite presentar el contenido educativo de manera implícita, donde cada tarea contribuye al cumplimiento de un objetivo de orden superior. La clasificación de la secuencia de acciones del usuario, permite la personalización del de aprendizaje, ya que registra las diferentes formas en que diferentes usuarios avanzan a través de las tareas del juego. Además, permite identificar si estos son adecuados para cada usuario en particular, lo que permite que se genere un entorno donde: el jugador puede inferir y contextualizar el conocimiento. La iteración a través del proceso descrito en la tabla 1 permite el diseño, facilitando el proceso de implementación, debido a que desde la etapa de diseño se especifiquen todos los elementos del juego para que se presente de una forma contextualizada.

La implementación de un juego que contemple todas las fases de la taxonomía de Bloom incrementa tanto el costo como el tiempo de desarrollo del juego. El presente enfoque presenta la ventaja de que el diseño se evalúa para cada una de las fases de la taxonomía de Bloom de forma independiente. En la gráfica 14 y 15 se muestra que el diseño del juego permite que las acciones del jugador se modifiquen para obtener el comportamiento esperado. Para el juego Alain existe aún muchos datos que permitirán describir diferentes aspectos tanto de la implementación del juego, como de su uso por parte del usuario, el análisis de dichos datos, así como el uso del juego por parte de un número mayor de jugadores, será abordado en trabajos posteriores.

## REFERENCIAS

- [1] J. P. Gee, "Learning by Design: good video games as learning machines," *E-Learning*, vol. 2, no. 1, p. 5, 2005, doi: 10.2304/elea.2005.2.1.5.
- [2] D. Sacha, a Stoffel, F. Stoffel, B. Kwon, G. Ellis, and D. Keim, "Knowledge Generation Model for Visual Analytics," *Vis. Comput. Graph. IEEE Trans.*, vol. PP, no. 99, p. 1, 2014, doi: 10.1109/TVCG.2014.2346481.
- [3] T.-L. Wang and Y. Tseng, "An Empirical Study: Develop and evaluation a mobile serious game on environmental education," 2014, doi: 978-1-4799-2951-1.
- [4] D. Michael and S. Chen, *Serious Games - Games that Educate, Train and Inform*.pdf. Thomson, 2006.
- [5] C. S. Loh and Y. Sheng, "Measuring the (dis-)similarity between expert and novice behaviors as serious games analytics," *Educ. Inf. Technol.*, pp. 1–22, Jun. 2013, doi: 10.1007/s10639-013-9263-y.
- [6] F. Laamarti, M. Eid, and A. El Saddik, "An Overview of Serious Games," vol. 2014, 2014.
- [7] E. Klopfer, S. Osterweil, K. Salen, J. Groff, and D. Roy, "moving learning games forward." 2009.
- [8] C. Zhao, R. Gu, and J. Hu, "Study on the Design of the Mechanism of Thematic Games In Game-Based Networked Learning Community," 2008 *Int. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng.*, pp. 91–96, 2008, doi: 10.1109/CSSE.2008.132.
- [9] U. Wechselberger, "The Eduventure II. An Approach to Educational Game Design," 2008 *Int. Conf. Cyberworlds*, pp. 397–404, Sep. 2008, doi: 10.1109/CW.2008.40.
- [10] M. D. Kickmeier-Rust, C. M. Steiner, and D. Albert, "Non-invasive Assessment and Adaptive Interventions in Learning Games," 2009 *Int. Conf. Intell. Netw. Collab. Syst.*, pp. 301–305, Nov. 2009, doi: 10.1109/INCOS.2009.30.
- [11] F. W. Nickols, "Why a Stakeholder Approach to Evaluating Training," *Adv. Dev. Hum. Resour.*, vol. 7, no. 1, pp. 121–134, 2005, doi: 10.1177/1523422304272175.
- [12] B. Kapralos, F. Haji, and a Dubrowski, "A crash course on serious games design and assessment: A case study," *Games Innov. Conf. (IGIC)*, 2013 *IEEE Int.*, pp. 105–109, 2013, doi: 10.1109/IGIC.2013.6659152.
- [13] A. Molnar and P. Kostkova, "On effective integration of educational content in serious games: Text vs. game mechanics," *Proc. - 2013 IEEE 13th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICALT 2013*, pp. 299–303, 2013, doi: 10.1109/ICALT.2013.94.
- [14] A. Boyan and J. L. Sherry, "The Challenge in Creating Games for Education: Aligning Mental Models With Game Models," *Child Dev. Perspect.*, vol. 5, no. 2, pp. 82–87, 2011, doi: 10.1111/j.1750-8606.2011.00160.x.
- [15] K. Mitgutsch and M. Weise, "Subversive Game Design for Recursive Learning," *Think Des. Play DiGRA Conf.*, pp. 1–16, 2011, [Online]. Available: <http://www.digra.org/dl/db/11310.47305.pdf>.
- [16] N. Azan, M. Zin, and W. S. Yue, "History Educational Games Design," in *International conference on electrical and informatics*, 2009, no. August, pp. 269–275.
- [17] N. Shiratuddin and S. B. Zaibon, "Designing user experience for mobile game-based learning," in *2011 International Conference on User Science*

- and Engineering (i-USEr ), Nov. 2011, pp. 89–94, doi: 10.1109/iUSEr.2011.6150543.
- [18] G. Triantafyllakos, G. Palaigeorgiou, and I. a. Tsoukalas, "Designing educational software with students through collaborative design games: The We!Design&Play framework," *Comput. Educ.*, vol. 56, no. 1, pp. 227–242, 2011, doi: 10.1016/j.compedu.2010.08.002.
- [19] V. Aleven, E. Myers, M. Easterday, and A. Ogan, "Toward a framework for the analysis and design of educational games," *Digit. 2010 - 3rd IEEE Int. Conf. Digit. Game Intell. Toy Enhanc. Learn.*, pp. 69–76, 2010, doi: 10.1109/DIGITEL.2010.55.
- [20] A. Yusoff, R. Crowder, and L. Gilbert, "Validation of serious games attributes using the technology acceptance model," *2nd Int. Conf. Games Virtual Worlds Serious Appl. VS-GAMES 2010*, pp. 45–51, 2010, doi: 10.1109/VS-GAMES.2010.7.
- [21] Á. Serrano, E. J. Marchiori, Á. Del Blanco, J. Torrente, and B. Fernández-Manjón, "A framework to improve evaluation in educational games," *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, 2012, doi: 10.1109/EDUCON.2012.6201154.
- [22] S. Tang, M. Hanneghy, C. Carter, and L. John, "A Platform Independent Game Technology Model for Model Driven Serious Games Development," vol. 11, no. 1, pp. 61–79, 2013.
- [23] I. Mayer et al., "The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 45, no. 3, pp. 502–527, May 2014, doi: 10.1111/bjet.12067.
- [24] K. E. DiCerbo et al., "An application of exploratory data analysis in the development of game-based assessments," in *Serious Games Analytics Methodologies for Performance Measurement, Assessment, and Improvement*, M. S. El-Nasr, A. Drachen, and A. Canossa, Eds. Springer, 2015, p. 320.
- [25] L. C. Kidder, "The multifaceted endeavor of online teaching: The need for a new lens," in *The Design of Learning Experience Creating the future of educational technology*, J. M. Spector, M. J. Bishop, and D. Ifenthaler, Eds. 2015, p. 79.
- [26] L. Shoury, S. Göbel, and F. Steinmetz, "Learning Analytics and Serious Games: Trends and Considerations," in *Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Serious Games*, 2014, pp. 21–26, doi: 10.1145/2656719.2656729.
- [27] Á. Serrano-Laguna, J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. F. Manjón, "Tracing a little for big improvements: Application of learning analytics and videogames for student assessment," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 15, pp. 203–209, 2012, doi: 10.1016/j.procs.2012.10.072.
- [28] A. Calvo-Morata, C. Alonso-Fernandez, M. Freire-Moran, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernandez-Manjon, "Game Learning Analytics, Facilitating the Use of Serious Games in the Class," *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 14, no. 4, pp. 168–176, 2019, doi: 10.1109/RITA.2019.2952296.
- [29] I. J. Perez-Colado, D. C. Rotaru, M. Freire-Moran, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernandez-Manjon, "Multi-level game learning analytics for serious games," *2018 10th Int. Conf. Virtual Worlds Games Serious Appl. VS-Games 2018 - Proc.*, no. April, pp. 1111–1118, 2018, doi: 10.1109/VS-Games.2018.8493435.
- [30] J. Breuer and G. Bente, "Why so serious? On the Relation of Serious Games and Learning," *J. Comput. game Cult.*, vol. 4, no. 1, pp. 7–24, 2010.
- [31] E. Boyle, T. M. Connolly, and T. Hainey, "The role of psychology in understanding the impact of computer games," *Entertain. Comput.*, vol. 2, no. 2, pp. 69–74, 2011, doi: 10.1016/j.entcom.2010.12.002.
- [32] V. Kamble and J. Walrand, "The price of insecurity: Public information transmission in zero-sum games," in *Communication, Control, and ...*, 2012, pp. 441–448, [Online]. Available: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6483251](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6483251).
- [33] S. Erhel and E. Jamet, "Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness," *Comput. Educ.*, vol. 67, pp. 156–167, 2013, doi: 10.1016/j.compedu.2013.02.019.
- [34] V. Guillén-Nieto and M. Aleson-Carbonell, "Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal!," *Comput. Educ.*, vol. 58, no. 1, pp. 435–448, 2012, doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.015.
- [35] S. Egenfeldt-Nielsen, "What Makes a Good Learning Game?: Going beyond edutainment," *eLearn*, no. February, pp. 1–5, 2011, doi: 10.1145/1943208.1943210.
- [36] M. Dark, "Thinking about Cybersecurity," *IEEE Secur. Priv.*, vol. 13, no. 1, pp. 61–65, 2015, doi: 10.1109/MSP.2015.17.
- [37] Federation of American Scientists, "Summit on educational Games(2006):Harnessing the power of video games for learning," Washington DC, 2005.
- [38] B. Kapralos, F. Moussa, and A. Dubrowski, "An Overview of Virtual Simulation and Serious Gaming for Surgical Education and Training," in *Technologies of Inclusive Well-Being: Serious Games, Alternative Realities, and Play Therapy*, A. L. Brooks, S. Brahnham, and L. C. Jain, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 289–306.
- [39] T. Mettler and R. Pinto, "Serious Games as a Means for Scientific Knowledge Transfer-A Case From Engineering Management Education," *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 62, no. 2, pp. 256–265, 2015, doi: 10.1109/TEM.2015.2413494.
- [40] M. Gentile et al., "A Semantic Frame Approach to Support Serious Game Design," in *Games and Learning Alliance*, vol. 10056, 2016, p. 247.
- [41] M. Zyda, "From visual Simulation to Virtual Reality to Games," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 3, no. 9, pp. 25–32, 2005, doi: 10.1109/MC.2005.297.
- [42] B. Bergeron, *Developing Serious Games*. Charles River Media, 2006.
- [43] J. Alvarez and L. Michaud, "Serious Games : Advergaming, edugaming, training and more," 2008. doi: 10.1145/1361083.1361093.
- [44] J. A. Alvarez, O. Rampnoux, J.-P. Jessel, and G. Methel, "Serious Game: just a question of posture?," *Artif. Ambient Intel. AISB*, vol. 1, pp. 420–423, 2007.
- [45] D. Djaouti, J. Alvarez, and J. Jessel, "Classifying Serious Games : the G / P / S model," no. 2005, 2008.
- [46] L. Bennis and S. Benhlila, "Comparative study of the process model of Serious Game Design through the generic model DICE," *2015 Intell. Syst. Comput. Vision, ISCV 2015*, 2015, doi: 10.1109/ISACV.2015.7105539.
- [47] M. Carrion, M. Santorum, M. Perez, and J. Aguilar, "A participatory methodology for the design of serious games in the educational environment," *2017 Congr. Int. Innov. y Tendencias en Ing. CONIITI 2017 - Conf. Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/CONIITI.2017.8273363.
- [48] T. W. Jing, W. S. Yue, and R. K. Murugesan, "Learning outcome enhancement via serious game: Implementing game-based learning framework in blended learning environment," *2015 5th Int. Conf. IT Converg. Secur. ICITCS 2015 - Proc.*, pp. 1–3, 2015, doi: 10.1109/ICITCS.2015.7292992.
- [49] J. F. Rodrigues Barbosa and C. A. Galvao Madeira, "PlayEduc: A conceptual framework for the development of digital educational games," *Proc. - IEEE 19th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICALT 2019*, vol. 2161–377X, pp. 103–104, 2019, doi: 10.1109/ICALT.2019.00038.
- [50] L. Shoukry and S. Göbel, "Reasons and Responses: A Multimodal Serious Games Evaluation Framework," *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput.*, vol. 8, no. 1, pp. 245–255, 2020, doi: 10.1109/TETC.2017.2737953.
- [51] A. Uskov and B. Sekar, "Serious games, gamification and game engines to support framework activities in engineering: Case studies, analysis, classifications and outcomes," *IEEE Int. Conf. Electro Inf. Technol.*, pp. 618–623, 2014, doi: 10.1109/EIT.2014.6871836.
- [52] B. H. Yousefi and H. Mirkhezri, "Toward A Game-based Learning Platform : A Comparative Conceptual Framework for Serious Games," *2019 Int. Serious Games Symp.*, pp. 74–80, 2020, doi: 10.1109/isgs49501.2019.9046979.
- [53] A. J. Abdellatif, B. McCollum, and P. McMullan, "Serious games quality characteristics evaluation: The case study of optimizing robocode," *SIIE 2018 - 2018 Int. Symp. Comput. Educ. Proc.*, vol. 00, no. c, pp. 112–119, 2018, doi: 10.1109/SIIE.2018.8586730.
- [54] M. A. Ardakan and Z. Vahed, "A conceptual framework for cognitive game design analysis(CGDA)," *2019 Int. Serious Games Symp.*, pp. 81–88, 2020, doi: 10.1109/isgs49501.2019.9046983.
- [55] P. Ariya, K. Puritat, and K. Intawong, "Knowledge expert co-creation-based conceptual framework for educational game," *ECTI DAMT-NCON 2019 - 4th Int. Conf. Digit. Arts, Media Technol. 2nd ECTI North. Sect. Conf. Electr. Electron. Comput. Telecommun. Eng.*, pp. 184–187, 2019, doi: 10.1109/ECTI-NCON.2019.8692289.
- [56] D. Avila-Pesantez, R. Delgadillo, and L. A. Rivera, "Proposal of a Conceptual Model for Serious Games Design: A Case Study in Children with Learning Disabilities," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 161017–161033, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2951380.

- [57] O. Colteli et al., "Designing serious games for learning support in medicine studies: A specific method to elicit and formalize requirements," Proc. - Front. Educ. Conf. FIE, vol. 2015-Febru, no. February, 2015, doi: 10.1109/FIE.2014.7044156.
- [58] M. Drakou and A. Lanitis, "On the development and evaluation of a serious game for forensic examination training," Proc. 18th Mediterr. Electrotech. Conf. Intell. Effic. Technol. Serv. Citizen, MELECON 2016, no. April, pp. 18–20, 2016, doi: 10.1109/MELCON.2016.7495415.
- [59] J. Henry, S. Tang, M. Hanneghan, and C. Carter, "A framework for the integration of serious games and the Internet of Things (IoT)," 2018 IEEE 6th Int. Conf. Serious Games Appl. Heal. SeGAH 2018, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1109/SeGAH.2018.8401378.
- [60] M. J. Sisi, "A Framework for GPS-Based Tourism Games to Improve Spatiotemporal Management of the Regional Movements of Visitors," pp. 54–60, 2020, doi: 10.1109/isgs49501.2019.9047017.
- [61] J. Swacha, R. Queiros, and J. C. Paiva, "Towards a framework for gamified programming education," Proc. - 2019 Int. Symp. Educ. Technol. ISET 2019, pp. 144–149, 2019, doi: 10.1109/ISET.2019.00038.
- [62] K. Kiili, S. De Freitas, S. Amab, and T. Lainema, "The Design Principles for Flow Experience in Educational," vol. 15, pp. 78–91, 2012, doi: 10.1016/j.procs.2012.10.060.
- [63] R. N. McEwen and A. K. Dubé, "Engaging or distracting: Children's tablet computer use in education," Educ. Technol. Soc., vol. 18, no. 4, pp. 9–23, 2015.
- [64] M. Rita, J. Madeiras, and M. Oliveira, "Using Serious Games for Cognitive Disabilities," in Serious Games Development and Applications, vol. 8101, no. January, M. Minhua, M. Fradinho Oliveira, and J. Baalsrud, Eds. 2013, pp. 34–47.
- [65] D. R. Krathwohl et al., "A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives,(Abridged Edition)," New York Longman, vol. Complete e, no. 4, p. 302, 2002, doi: 10.1207/s15430421tip4104\_2.
- [66] A. Patricla, "Bloom's Taxonomy | Center for Teaching | Vanderbilt University." Accessed: Mar. 12, 2016. [Online]. Available: <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/>.
- [67] T. Susi, M. Johannesson, and P. Backlund, "Serious Games – An Overview," 2007.
- [68] L. A. Zavala, S. C. H. Gallardo, and M. Á. García-Ruiz, "Designing Interactive Activities Within Scratch 2.0 for Improving Abilities to Identify Numerical Sequences," in Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children, 2013, pp. 423–426, doi: 10.1145/2485760.2485831.
- [69] "gameart2d." <https://www.gameart2d.com> (accessed Apr. 20, 2020).
- [70] "scirra." <https://www.scirra.com/store/2d-game-sprites/blue-shirt-boy-game-sprites-3243> (accessed Apr. 20, 2020).

**R.U. González-Arroyo.** Holds a degree in Communications Engineering and Electronics from the Universidad Autónoma de Zacatecas, and a Master's degree in Information Technology from UNID Zacatecas. He is currently a PhD student in Information Technology at the CUCEA of the Universidad de Guadalajara.

**J. Arámburo-Lizárraga.** Received the B.Sc. degree in computer sciences from the Universidad Autónoma de Sinaloa, México, in 2002, and the M.Sc. and Ph.D. degrees from the CINVESTAV Unidad Guadalajara, México, in 2005 and 2009, respectively. Currently, he is Professor at the University of Guadalajara at CUCEA. His research interests include Petri net-based fault detection and location of discrete events, distributed systems, and videogames development methods.