

# PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE ANALÍTICAS DE APRENDIZAJE EN JUEGOS SERIOS DENTRO DE ESPACIOS EDUCATIVOS

## IMPLEMENTATION PROCESS OF LEARNING ANALYTICS IN SERIOUS GAMES WITHIN EDUCATIONAL SPACES

**Franco David Kühn**

*Universidad Nacional de Mar del Plata*

[fkuhn@mdp.edu.ar](mailto:fkuhn@mdp.edu.ar)

Fecha de recepción: 24/6/2019

Fecha de aprobación: 8/7/2019

### **Resumen**

La utilización de Juegos Serios en el ámbito educativo permite que sea visible el progreso del aprendizaje mediante las decisiones y acciones realizadas dentro de la experiencia de juego, siendo necesaria alguna herramienta que permita la recolección de los datos de estas acciones y su correspondiente análisis, a fin de permitirle al docente una correcta y clara visualización del progreso de los estudiantes. Las Analíticas de Aprendizaje ofrecen una solución a estos métodos de evaluación, rastreando las interacciones de los alumnos en el mismo producto de *software*. Este artículo tiene como objetivo integrar estas dos tecnologías en un caso particular y mostrar el proceso de extracción y análisis de información

relevante del aprendizaje y la consecuente generación de reportes. Para esto se ofrece una solución de *software* mediante la arquitectura cliente-servidor y un modelo de captura de datos para utilizar dichas tecnologías.

### **Palabras clave**

Analíticas de Aprendizaje, Juegos Serios, Tecnología en Educación, Evaluación del Aprendizaje, Gamificación.

### **Abstract**

The use of Serious Games in the educational field allows the learning progress to be visible through the decisions and actions carried out within the gaming experience, being necessary some tool that allows the data collection of these actions and their corresponding analysis, to In order to allow

*e-tramas 3 – Julio 2019 – pp. 20-39*

*ISSN 2618-4338*

*GTI – TEG 2.0 – I+D+I Historia y videojuegos (II)  
Facultad de Ingeniería; Facultad de Humanidades  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
Universidad de Murcia*

a correct and clear visualization to the teacher of the progress of the students. Learning Analytics offers a solution to these evaluation methods, tracking the interactions of students in the same software product. This article aims to integrate these two technologies in a particular case and show the process of extraction and analysis of relevant learning

information and the consequent generation of reports. For this, a software solution is offered through the client-server architecture and a data capture model to use these technologies.

### Keywords

Learning Analytics, Serious Games, Technology in Education, Assessment of Learning, Gamification.

## INTRODUCCIÓN

Los videojuegos educativos son una herramienta ocasionalmente utilizada por los docentes como actividad complementaria en el desarrollo de ciertas competencias (Vygotsky, 1989). Mayoritariamente son diseñados por los propios docentes con ayuda de plantillas y sin la adecuada intervención de un especialista en el desarrollo de videojuegos (Spinelli, Massa, Rico y Kühn, 2018).

Por lo mencionado, estos productos producen escasa inmersión de los estudiantes en la actividad. Este aspecto se traduce en deficiencia motivacional por parte de los jugadores. En general y a fines de evaluación, el docente está presente durante la experiencia. Además de la evaluación *in situ*, otros métodos que incluyen la utilización de cuestionarios pre y post actividad, pueden afectar la disposición del estudiante frente a la experiencia de aprendizaje.

A pesar de estas limitaciones, los videojuegos han mostrado eficacia en el aprendizaje y desarrollo de habilidades específicas. Por ejemplo, en Argentina durante las décadas de 1990 y 2000, muchos productos se encontraban disponibles únicamente en inglés. Los jugadores, al estar sujetos a esta condición de utilización del juego en forma frecuente, tuvieron la posibilidad de adquirir ciertas competencias en el uso del vocabulario de ese idioma. En estos casos, el objetivo de los juegos no era enseñar inglés, pero ello resultó como consecuencia, debido a que las misiones dentro del juego debían ser comprendidas para poder cumplimentarlas. A este tipo de experiencias apunta un Juego Serio.

En Argentina, la industria de videojuegos ha estado en crecimiento en los últimos años y la exploración de estas tecnologías promete nuevos horizontes para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

En la actualidad, los Juegos Serios son utilizados en capacitación de personal, en entrenamientos militares u otras áreas educativas. Constituyen aplicaciones donde la evaluación y la interpretación del aprendizaje son atendidas personalmente por el educador.

La utilización de Analíticas de Aprendizaje (Learning Analytics) es un área que está en auge y que involucra herramientas de análisis de datos. En la edición de 2016 del informe anual Horizon (Johnson *et al.*, 2015), encargado de enumerar las tendencias educativas más influyentes del momento, se destaca la medición de aprendizaje como uno de los campos donde se focalizarán los mayores esfuerzos a corto plazo. Su aplicación a los Juegos Serios brinda aspectos innovadores para el educador. Existe la necesidad de explorar y utilizar estas herramientas técnicas en el área de Educación Secundaria para mejorar la interacción del estudiante con las experiencias de aprendizaje. Para este fin debe lograrse la independencia del jugador con el salón de clase, en términos de espacio y tiempo.

## JUEGOS SERIOS

Mike Zyda (2005) define al Juego Serio como una prueba mental, de acuerdo con unas reglas específicas, que usa la diversión como modo de formación gubernamental o corporativa, con objetivos en el ámbito de la educación, sanidad, política pública y comunicación estratégica. Conforman un subgrupo de aplicaciones interactivas creadas con intencionalidad educativa. Mediante los mismos se procura optimizar el equilibrio en la relación juego-aprendizaje.

El objetivo principal de un Juego Serio no es divertir al jugador, lo que sería un valor añadido, sino utilizar el entretenimiento para la formación, la educación, la salud, la política pública y objetivos estratégicos de comunicación. Prensky (2001) propone que mediante el uso de estos videojuegos se podría favorecer el desarrollo de competencias como la competitividad, la cooperación, la resolución de problemas, entre otras. Estos objetivos constituyen la principal diferencia de un videojuego con un Juego Serio.

Las formas de aprendizaje intencional a través de juegos buscan una aproximación del concepto de diversión, por lo general como algo construido y no evidente, como lo sugiere la teoría del aprendizaje tangencial. Este constituye un proceso por el cual las personas se educan en un tema cuando se presenta en un contexto que disfrutan.

Las dificultades para medir los resultados del aprendizaje logrado a través del uso de los Juegos Serios han sido una barrera en el éxito de la adopción de los mismos en educación, (Alvarez y Michaud, 2008; Ulicsak, 2010; de Freitas y Liarokapis, 2011), y capacitación o entrenamiento (Boinodiris, 2012; Freire *et al.*, 2016; Baalsrud Hauge *et al.* 2013). Dichos autores señalan que el alto rendimiento en un juego no implica

necesariamente un aprendizaje efectivo. El juego, en general, está vinculado con el rendimiento, una actitud de lograr hitos y altas puntuaciones. En contraste, el aprendizaje a menudo requiere oportunidades de reflexión, repetición, pausas e incluso la preparación para cometer errores y aprender de ellos. Por lo tanto, en muchos aspectos el proceso de juego puede entrar en conflicto con el proceso de aprendizaje.

## ANALÍTICAS DE APRENDIZAJE

Fournier, Kop y Hanan (2011) definen las Analíticas de Aprendizaje como la “medida, colección, análisis y presentación de datos sobre los estudiantes y su contexto, con el propósito de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce”. Tal como señala el reporte Horizon (Johnson *et al.*, 2015), las Analíticas de Aprendizaje constituyen una aproximación educativa a “Big Data”, una ciencia originalmente utilizada en la empresa para analizar las actividades del consumidor, identificar tendencias de consumo y predecir comportamientos. En particular, la educación ha emprendido un proceso de búsqueda de datos similar, con el objeto de incrementar la retención de los estudiantes y proporcionarles una experiencia de aprendizaje personalizada y de alta calidad. Las Analíticas de Aprendizaje son una excelente oportunidad para mejorar la supervisión y evaluación del aprendizaje basado en juegos.

Westera, Nadolski y Hummel (2014) destacan que los procesos relacionados de recolección y análisis de datos para la evaluación de Juegos Serios pueden ser implementados al menos de dos maneras. En primer lugar, el análisis en el juego se refiere a la recopilación de información del jugador individual durante el juego para comprobar la adecuación de la experiencia y para proporcionar apoyo individual y la personalización de la experiencia de juego/aprendizaje. En segundo lugar, un análisis *off-line* (posterior) reúne datos de una población de jugadores/estudiantes con el propósito de asegurar la calidad, evaluación y mejora del diseño del Juego Serio. (Westera, Nadolski, Hummel y Wopereis, 2008)

En coincidencia con Baalsrud Hauge, Berta, Fiucci y Fernandez Manjon (2014), aunque estos objetivos son diferentes, el tipo de datos necesario puede ser similar. Por lo tanto, para aprovechar al máximo los beneficios de Analíticas de Aprendizaje, es aconsejable considerar su integración en la concepción y diseño inicial de Juegos Serios. En todos los casos es beneficioso definir e incluir una capa semántica, que traduce acciones sub-simbólicas como pulsaciones de teclas y clics del mouse durante el juego, en pistas significativas relacionadas con el diseño del Juego Serio, su narrativa, su contexto y las tareas realizadas fuera.

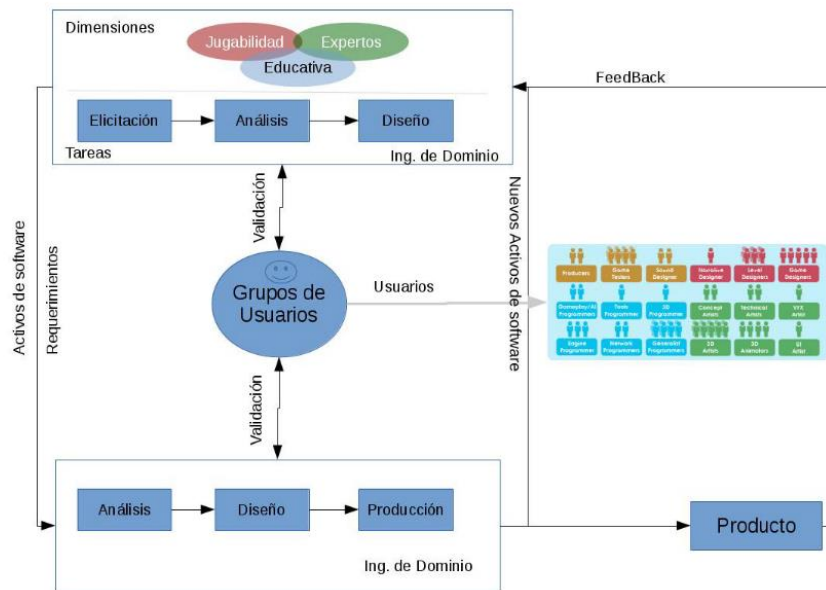
La manera particular en que se obtengan los datos determinará profundamente las posibilidades tanto en el análisis como en la visualización, ya que implicará la cantidad de

información que se recibirá y su riqueza. El análisis se desarrollará posteriormente y a partir de los datos obtenidos y sus particularidades. Las visualizaciones de resultados también deben ajustarse a las necesidades de los diferentes involucrados: estudiantes y profesores, como parte del uso educativo del juego, así como para desarrolladores o gestores, que estarían más interesados en el correcto funcionamiento del juego, pero que también desean conocer si el juego cumple con los objetivos de aprendizaje previstos. (Freire *et al.*, 2016)

## METODOLOGÍA UTILIZADA

El modelo de desarrollo utilizado en este trabajo se denomina Modelo de Proceso de Desarrollo para Juegos Serios (MPDSG) (Evans, Spinelli, Zapirain, Massa y Soriano, 2016), y es el resultado de combinar el modelo Líneas de Producción de Software (Clements *et al.*, 2001), el Diseño Centrado en el Usuario (Granollers, 2004) y el Modelo de Proceso para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje (MPOBA) (Massa, 2012). En el modelo utilizado, los expertos vinculados al desarrollo de un Juego Serio son los jugadores, los expertos en educación (docentes) y los expertos del contenido o dominio.

El proceso MPDSG (Figura 1) es naturalmente iterativo e inicia con la ingeniería de dominio. Como se considera al Juego Serio un objeto de aprendizaje, se comienza la extracción de requerimientos mediante entrevistas con docentes, con el fin de definir los objetivos y las competencias a desarrollar en el tema seleccionado. También se realizan reuniones con expertos en contenido o dominio de conocimiento, quienes definirán las tareas o desafíos reales a solucionar. Estas tareas o desafíos, a su vez, se validan con el docente para verificar su pertinencia con los objetivos educativos y competencias a desarrollar.



**Figura 1.** Esquema gráfico que representa la dinámica del Modelo de Proceso de Desarrollo para Juegos Serios utilizado en el proyecto. Tomado de “Proceso de desarrollo de serious games. Diseño centrado en el usuario, jugabilidad e inmersión”, (Evans, Spinelli, Zapirain, Massa y Soriano, 2016)

En la medida en que se definen las necesidades de los docentes y de los expertos en contenido, se desarrollan actividades con los expertos en videojuegos (jugadores). Las mismas tienen el propósito de crear la historia, definir el género, la jugabilidad y lograr que el jugador alcance los objetivos educativos establecidos. Todas las conclusiones son nuevamente validadas por los otros expertos.

De esta iteración entre la ingeniería de dominio, ilustradores, libretistas y músicos se genera el material que será validado por los distintos expertos. Posteriormente se pasa a la etapa de desarrollo (ingeniería de producto). Mediante una planificación ágil se gestiona el desarrollo iterativo e incremental de las escenas. Al final de cada iteración, se obtiene una versión del producto que, como todos los entregables del proceso, se valida con los expertos mediante las metodologías del modelo de proceso MPOBA (Evans, Spinelli, Zapirain, Massa y Soriano, 2016).

### ***“POWER DOWN THE ZOMBIES”***

La temática que se abordó corresponde a contenidos relacionados con Física y Química de escuelas secundarias. En particular, tal como señala el Diseño Curricular para Educación Secundaria-Introducción a la Física cuarto año (2010):

“La materia está diseñada de modo tal que cubra aquellos contenidos necesarios para una formación en física acorde a los fines de la alfabetización científica para esta etapa de la escolaridad, brindando a los estudiantes un panorama de la física actual, sus aplicaciones a campos diversos, y algunas de sus vinculaciones con la tecnología cotidiana”.

Particularmente, el objetivo educativo que se elicó es:

“mejorar la toma de decisiones relativas al uso racional, eficiente y consciente de la energía; como así también evaluar los impactos medioambientales y sociales de los usos tecnológicos de la energía y reflexionar críticamente sobre el uso que debe hacerse de los recursos naturales”. (Spinelli y Massa, 2018).

Establecidos los objetivos educativos, es necesario determinar las competencias que el alumno debe adquirir para considerar que los mismos se han logrado. Ribes (2011) explica el concepto de competencia partiendo del de capacidad (aquellas habilidades del ser humano que le permiten adquirir conocimiento en un tema específico), esta capacidad de aprender es potencial y para que sea efectiva debe conseguirse la competencia específica sobre el tema (conocer y ser hábil en las actividades relacionadas). Entonces una competencia puede verse a través de las habilidades necesarias para su desarrollo.

Siguiendo con el razonamiento previo en el caso de *Power Down The Zombies*, luego de una serie de entrevistas con docentes del área y un juicio de experto se concluyó que en este caso se apuntaría al logro de una única competencia: aquella necesaria para la toma de decisiones que condujeran un uso racional y eficiente de la energía.

Establecida la competencia se llevó adelante el mecanismo de elicación necesario para encontrar el conjunto de habilidades. En una primera instancia aportó una actualización de la taxonomía de Bloom (Churches, 2009). Este conjunto inicial quedó conformado por: buscar información, manipular información, aplicar y reflexionar.

El juicio de expertos realizado para la validación de estos requerimientos determinó que los mismos son útiles para realizar un diseño que cumpla con los objetivos educativos pues enumeran las habilidades que debe demostrar el jugador para adquirir la competencia deseada. Sin embargo, los expertos señalaron la necesidad de un nuevo ciclo con el objeto de obtener un conjunto de habilidades complementarias que permitan asociar los eventos a variables que se puedan medir y registrar para su posterior uso en la evaluación del aprendizaje.

En este nuevo ciclo surgen las siguientes habilidades (a partir de la taxonomía de Churches, 2009):

- Reconocer e identificar fuentes de energía (convencional y alternativa).

- Comparar fuentes de energía (convencional y alternativa). Monitoreo del consumo y producción de energía.
- Detectar (cuándo baja la producción de energía mediante combustibles fósiles y cuándo crece la producción alternativa).
- Discriminar, detectar entre consumo por necesidad o derroche.
- Planificar.

Este listado resulta más descriptivo y permite asociar los eventos con las variables a medir de una forma más clara y transparente y de esta manera definir las Analíticas de Aprendizaje. La Tabla 1 enumera las habilidades a desarrollar, su relación con cada escenario haciendo referencia a las variables/eventos asociadas con ellas. Estas correspondencias resultan de la extracción de conocimiento y validación por parte del proceso de juicio de expertos.

Habilidades	Variable/Evento
Reconocer e identificar fuentes de energía (convencional y alternativa)	Inventario de generadores disponible sin utilizar, panel de información activado
Comparar fuentes de energía (convencional y alternativa).	Tiempo en que se configura el generador alternativo
Monitoreo del consumo y producción de energía	Trazabilidad del consumo y la producción energética
Detectar (Baja la producción energía mediante combustibles fósiles y cuando crece la producción alternativa)	Cantidad de energías fósiles, Cantidad de energía limpia
Discriminar, detectar entre consumo por necesidad o derroche	Consumo nocturno, cantidad de zombies a destruir
Planificar	Configurar nuevo Generador, Configurar nueva lámpara

**Tabla 1.** Tabla de relación entre habilidades de aprendizaje y variables o eventos a registrar. Adaptado de “Diseño de Serious Games. Requerimientos del Juego – Competencias y Habilidades”; (Spinelli, Massa, Rico y Kühn, 2018)

Luego del proceso de elicitación y con el auxilio de los estudiantes-jugadores, se elaboró el guión o historia del juego. Dicha narrativa fue un proceso iterativo que estuvo relacionado con el diseño del Léxico Extendido del Lenguaje y la definición de actores, objetos, verbos y estados de juego. Además, se mantuvo una fuerte relación con los requerimientos educativos elicitados. El título de la aplicación que se definió es “Power Down the Zombies” (PDTZ). (Spinelli y Massa, 2018b).

La narrativa quedó definida de la siguiente manera:



- El juego consiste en la situación de defensa de una fortaleza situada en un campo que debe realizar un personaje humano, frente al ataque de zombis que son vulnerables a la luz.

- En el juego conviven dos escenarios principales: el día y la noche. Durante el día se recogen los recursos y se construyen las defensas basadas en fuentes de luz.

- Las fuentes de luz naturales como el sol permiten contar con un periodo sin ataques. Las fuentes de luz artificiales proveen las defensas para la noche. Existe una relación entre la energía destinada al confort y el número de humanos. Se pretende incorporar la necesidad de establecer prioridades en el uso de la energía.

- Durante el día se reciben diferentes tipos de recursos: generadores (solares, eólicos, motores), cables, torres, baterías, diferentes tipos de fuentes de luz como focos y reflectores. Se recogen también combustibles (diésel, nafta, leña) necesarios para que los generadores operen.

Entre otras cuestiones, la mecánica de juego está relacionada con el concepto de conservación de la energía. Resulta entonces necesario para el jugador informarse sobre energías alternativas y considerar sus ventajas y desventajas. Además, debe revisar estadísticas, realizar cálculos y fomentar el ahorro de la energía como concepto, evaluar los distintos tipos de tecnologías de cada producto con su respectivo consumo energético y visualizar los rangos óptimos de comodidad de hoy en día para un aprovechamiento de los recursos.

## Diseño

En la fase de diseño, las actividades consistieron en la construcción de distintos prototipos que se reformularon y desarrollaron en forma progresiva luego de las actividades de evaluación. Se trabajaron simultáneamente varios aspectos visuales del juego en paralelo con el trabajo de programación (Spinelli, Massa, Rico y Kühn, 2018).

Respecto a las Analíticas de Aprendizaje, en esta fase de diseño se definieron los eventos que el sistema debe rastrear a fin de medir las habilidades definidas en el paso anterior. Se definen las estructuras de registro y los datos que debe llevar cada evento para un fácil rastreo de comportamientos. Además, se prepararon las relaciones entre los eventos que permitieron a los educadores la visualización de los resultados.

En las iteraciones que corresponden a esta fase del modelo de desarrollo, se tomaron las siguientes decisiones de diseño:

1. El juego sería en dos dimensiones con una perspectiva aérea. Debería tener controles simples, a fin de evitar un esfuerzo extra en los jugadores para el manejo del personaje;
2. El juego debería estar disponible para distintas plataformas, tanto aquellas que corren en computadoras personales como en dispositivos móviles. Más específicamente quedaron definidas: Windows, Linux y Android como objetivos claros en este punto y el diseño web como posible plataforma a futuro.
3. El producto debería mantenerse simple en la cantidad de recursos que consume, a fin de evitar el requisito de un equipo de última generación.
4. Debería ser necesaria una conexión a Internet activa para el envío de los datos a los servidores durante la experiencia de juego.
5. El acceso al juego debería estar restringido a los estudiantes registrados en la plataforma web y que pertenecen a una clase activa o en curso.
6. Dentro del juego se definieron tres tipos diferentes de generadores. Estos deberían poder instalarse en espacios específicos denominados *slots*. Se decidió utilizar generadores a carbón, a nafta y eólicos, que representan las fuentes de energía convencionales y limpias. Además, la información de cada generador quedó descripta en su productividad (en KW/h), su consumo de combustible (en unidades/h) y su costo energético de instalación (en KW). Derivada de esta decisión quedaron definidos los combustibles a utilizar en el juego: carbón y nafta.
7. Análogamente se definieron cuatro tipos de lámparas a colocar en los postes durante toda la escena con características de consumo (en KW/h) y potencia luminosa (en lúmenes). Los tipos definidos fueron: lámpara incandescente, lámpara halógena, bajo consumo y LED.
8. En este primer prototipo también se definió el uso de baterías, aunque de una sola clase, ya que no afectaba a los objetivos de aprendizaje. El propósito es aumentar la capacidad de almacenamiento.
9. El personaje podría combatir a los zombis con una fuente de luz móvil (linterna). A fin de instar a los jugadores a utilizar las lámparas ubicadas en los postes, la dificultad de derrotar a los enemigos con la linterna debería ser mayor. Se definió una sola fuente de recarga para la linterna en un punto fijo del mapa lo que restringe las posibilidades de su utilización.
10. Una vez definidas las estrategias durante el escenario del día, el jugador debería ser capaz de adelantar el tiempo a un instante anterior a la noche a

fin de comenzar el siguiente escenario. Durante este avance de tiempo, el sistema debe realizar los cálculos de consumo y producción de energía que correspondan, a fin de mantener consistentes las decisiones del jugador con su experiencia de juego. Esta estrategia debería ser posible de la noche al día también, con el requisito adicional de que todos los zombis deban ser eliminados previamente.

11. Las estéticas se definieron según el modelo MDA (LeBlanc, 2004). Para el desarrollo del objetivo estético se seleccionaron el área de la fantasía y el del desafío. Se espera mantener al jugador en alerta constante frente a ataques ficticios mientras administra recursos de existencia real (energía almacenada en este caso).

### **Elección de las tecnologías adecuadas para la visualización de las Analíticas de Aprendizaje**

Con respecto al almacenamiento de datos, se realizó en una base de datos relacional tipo SQL. Se modelaron las entidades “Alumno”, “Docente”, “Clase”, “Registro” y “Evento”. Los dos primeros contienen un campo identificador además de información pertinente a cada uno, como el apellido, el nombre, etc. En el caso de los docentes se almacenan las credenciales de ingreso al sistema. Cada educador puede estar a cargo de más de una clase, la que contiene su propio identificador y el correspondiente al docente a cargo. Cada una de las clases puede tener registrado más de un estudiante. Un estudiante puede estar registrado en muchas clases simultáneas. Para lograr ese comportamiento se creó la tabla de registros, que relaciona un alumno a una clase.

Se definió el rol del Administrador, que es el encargado de crear nuevas clases, asignarlas a los docentes y registrar alumnos a las mismas. Este administrador será el encargado de mantener el sistema y resolver los aspectos técnicos ajenos a los docentes y alumnos.

Se decidió utilizar la tecnología *web* con el lenguaje PHP para la lógica del servidor. Se eligieron estas tecnologías por sus bajos requisitos y la facilidad de replicarlo en otros Juegos Serios sin demasiada complejidad. Cualquier servicio de *hosting* permite el uso de estas herramientas, lo que lo hace ideal para pequeños y medianos proyectos similares.

En esta fase de diseño también se definieron las acciones del jugador, las que se deberían registrar a fin de realizar el posterior análisis. De la tabla de eventos, los campos determinados son: un identificador de evento (numérico), el título del evento, un identificador

de sesión de juego, un identificador del jugador y un campo JSON con información particular de cada evento.

El registro de las decisiones del jugador que se desean almacenar se realizó mediante una función que recibe como parámetro el identificador del evento, el título del mismo y un objeto JSON. Estos elementos son enviados al servidor junto con el identificador de sesión de juego y el del estudiante, así como la hora actual, para una búsqueda posterior más rápida.

Luego del análisis de los datos, resulta necesaria una visualización gráfica de los mismos, por lo que se investigaron distintas herramientas para generar gráficos en plataformas *web*. Luego de la selección de candidatos, se optó por utilizar los servicios que provee [www.chartjs.org](http://www.chartjs.org), debido a la personalización que permite, la facilidad de uso y por ser de licencia libre, tres requisitos básicos para utilizar estos servicios en otros proyectos sin generar gastos extras.

El producto de *software* se implementó después de varias iteraciones de Prototipado-Evaluación. En cada ciclo la intención fue identificar las respuestas del sistema y mejorarlas. Las aportaciones de llevar a cabo la evaluación en esta fase fueron altamente valiosas para evitar el insumo de tiempo en el desarrollo de *software* que posteriormente sería modificado.

De las habilidades de aprendizaje que se definieron en la etapa de elicitación (Tabla 1), las que se implementaron en este trabajo fueron “Monitoreo del consumo y producción de energía”, “Discriminar, detectar entre consumo por necesidad o derroche” y “Comparar fuentes de energía (convencional y alternativa)”. Para lograrlo, se desarrollaron las relaciones que tienen que ver respectivamente con la trazabilidad de la producción energética, el consumo nocturno, la cantidad de zombis a destruir y el tiempo en que se configura el generador alternativo.

## PROTOTIPO FUNCIONAL. VISTA DEL ESTUDIANTE

Al ejecutar el juego el estudiante visualiza una animación y luego el menú principal. Para comenzar a jugar se debe ingresar un identificador de alumno válido. Esta clave la provee el administrador del sistema al docente al momento de registrar a los estudiantes. Cada docente es el encargado de facilitar a cada estudiante su respectiva clave.

Una vez que el estudiante ingresa la clave en el juego, se realiza una verificación de conexión con el servidor. Esta acción se realiza a fin de cumplir el requerimiento de conexión establecida en la fase de diseño. En aquellos casos en los que no se verifique la misma, se muestra un mensaje de advertencia en el menú principal del juego (Figura 2).



**Figura 2.** Menú principal del Juego. Ingreso de código por parte del jugador (izq.) y respuesta del sistema en caso de no verificarse la conexión (der.)

Cuando la verificación es exitosa, se muestra una corta animación de transición a una nueva sesión del juego. Luego de la misma, aparece el personaje principal en la mañana del primer día situado en las inmediaciones de la fortaleza.

Una vez dentro de la sesión de juego, se puede ver en el extremo superior de la pantalla una sección donde se muestran cinco indicadores (Figura 3). El primero a la izquierda representa la vida del jugador, los dos siguientes las cantidades de energía almacenada, uno general y otro específico para la linterna. Luego le siguen dos más pequeños que indican las cantidades disponibles de carbón y nafta. En el extremo derecho de esta misma sección se muestra la información del día y la hora que transcurre dentro del juego.



**Figura 3.** Sección superior de la interfaz de usuario con la información disponible al jugador

En la parte inferior de la pantalla (Figura 4) se encuentra la sección del inventario, en la que se visualizan los ítems de cada categoría y cuántas unidades hay disponibles para su uso en cada uno de ellos.

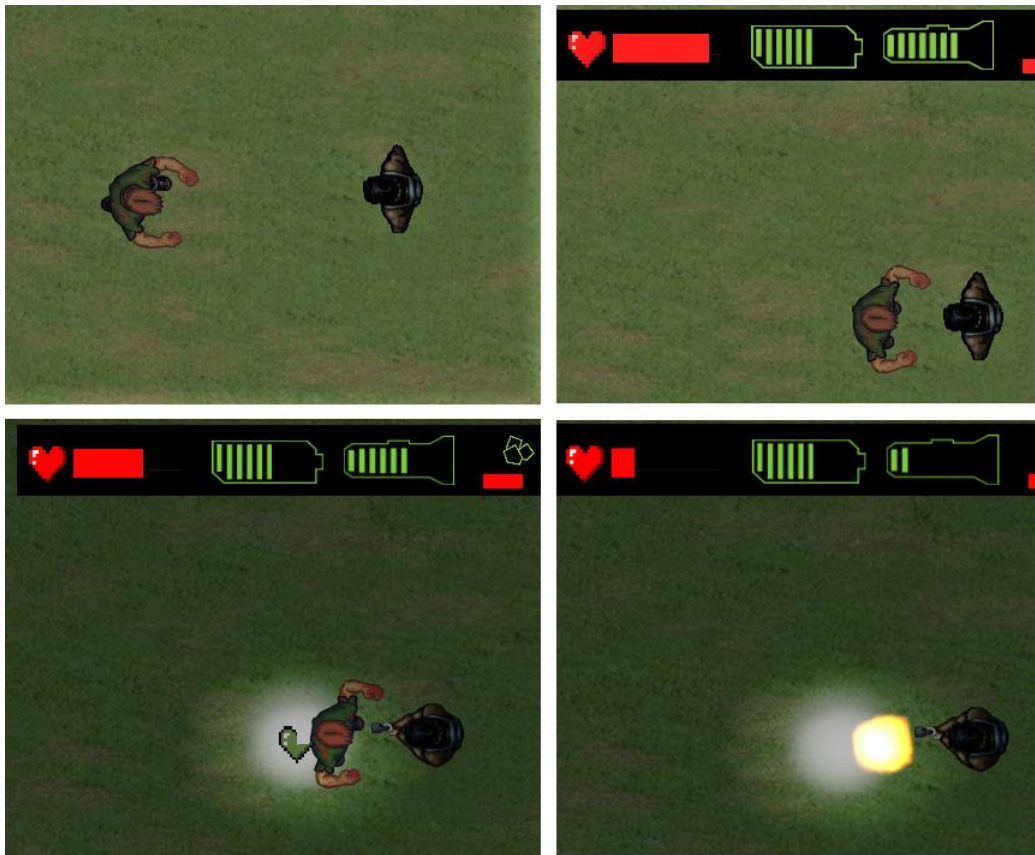


Figura 4. Sección inferior de la interfaz de usuario con información del inventario del jugador

El personaje puede moverse libremente por todo el escenario. También es capaz de instalar lámparas en los postes definidos en el nivel, así como utilizar la linterna que tiene a disposición. A su vez, puede instalar generadores en determinados espacios que le permitirán tener la energía suficiente para cumplir con su cometido: sobrevivir a los zombies. Todos estos elementos pueden apagarse y encenderse en cualquier momento del juego, lo que determinará la estrategia del jugador frente al juego y frente a los objetivos de aprendizaje.

En el escenario nocturno, los zombies son creados en puntos ocultos del campo y comienzan a caminar hacia los edificios. Si en el trayecto se encuentran próximos al personaje, cambian el objetivo y comienzan a perseguirlo. En caso de alcanzarlo, empieza su ataque.

A su vez, el zombi puede ser atacado con fuentes de luz, tanto fijas (postes) como móviles (linterna). En estas circunstancias se muestra un corazón verde detrás del zombi que representa la vida restante de este enemigo. Al reducirse a cero explota y el zombi es destruido (Figura 5).



**Figura 5.** Proceso de ataque de un zombi. Al estar cerca del jugador comienza a perseguirlo y de ser posible atacarlo. Este puede defenderse con fuentes de luz y aniquilar al enemigo

El uso que el jugador haga de estos elementos permite las posibles dinámicas del juego. Algunos estudiantes prestarán mayor atención a las luces fijas, y otros a la móvil. Algunos se quedarán cerca de los edificios y otros recorrerán el terreno en busca de zombis. Cada comportamiento reflejará las actitudes del estudiante y cómo utiliza las mecánicas provistas en su experiencia de juego.

### PROTOTIPO FUNCIONAL. VISTA DEL DOCENTE

Como se definió en la etapa de diseño, un docente podrá tener más de una clase y un estudiante podrá estar registrado en varias clases simultáneas. Por esta razón, el educador necesitará un método de localización de sus estudiantes en lo relativo a su clase. Una vez localizado, el docente generará los reportes que permitirán una evaluación más objetiva de sus alumnos.

Al momento de navegar en la página web, al educador se le presentan dos opciones: la de registro para nuevos usuarios y la de acceso para usuarios registrados. Ambas se encuentran en el menú Docentes en la cabecera de la página.

Realizado el acceso a la plataforma, se inicia una sesión web y se accede a una lista con las clases del curso que el docente pueda tener registradas. Al hacer *clíc* sobre cada ítem se despliega una tabla con los alumnos cargados en cada clase (Figura 6).



**Figura 6.** A la izquierda, lista de clases donde el docente está registrado. A la derecha, lista de estudiantes de la clase seleccionada

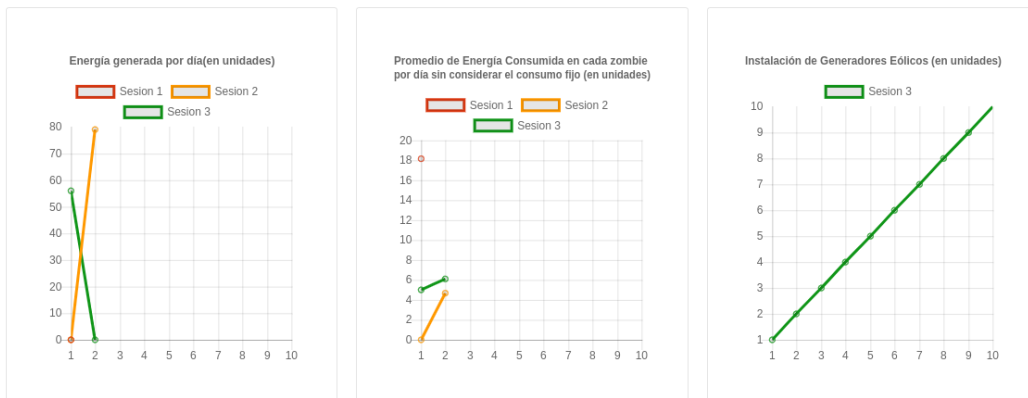
Una vez listados los alumnos de la clase elegida, se puede seleccionar a cada uno de ellos y ver su progreso individual en forma de gráficos generados a partir de la información obtenida en las sesiones de juego.

El primer gráfico muestra las cantidades de energía diaria creada, desde el primero hasta el décimo día. En este último concluye el juego. Cada una de las líneas representa una sesión de juego. Este gráfico permite apreciar el progreso del jugador en este aspecto, en cada día y por sesión de juego.

El segundo muestra el promedio de energía consumida por enemigo. Es el resultado de obtener el consumo diario variable y dividirlo por el número de zombies. Dicho cálculo brinda una buena estimación del nivel de eficiencia del estudiante durante su experiencia y cómo fue su progreso al avanzar en el juego. La última representación indica las prioridades del estudiante con respecto a su elección en la instalación de los generadores (Figura 7).



## NOMTESTING TEsting



**Figura 7.** Gráficos disponibles para el docente a partir de la información obtenida en las sesiones de juego de sus estudiantes.

En una sola página quedan descriptos los comportamientos relevados en etapas previas del proyecto.

## CONCLUSIONES

La utilización de videojuegos en ámbitos educativos genera ciertas problemáticas que afectan a la experiencia inmersiva esperada para los estudiantes. Los juegos educativos son comúnmente introducidos por docentes con poca experiencia en el campo de la creación de videojuegos. A su vez, los juegos comerciales requieren adaptaciones importantes para su uso en el proceso de aprendizaje. El desarrollo de Juegos Serios permite un balance entre estas dos situaciones, al utilizar los puntos fuertes de cada una. Existe además un problema común: la correcta evaluación del estudiante en base a su interacción con el juego. Actualmente estas experiencias ocurren dentro del espacio académico, lo que afecta a la libertad que se espera de un juego.

Partiendo de estas problemáticas se planteó como propósito encontrar una solución que permita consolidar el proceso de análisis de la interacción de estudiantes en Juegos Serios para obtener información relevante del aprendizaje. Se decidió implementar Analíticas de Aprendizaje en función de sus objetivos.

Con el propósito de generar una estructura sólida de visualización de los datos, en el proceso de elicitación de requerimientos se definieron los objetivos educativos que el docente espera alcanzar y evaluar en los estudiantes. Con esos objetivos se derivaron los eventos a registrar en el juego, la estructura y contenidos de esos datos. Este proceso permitió una buena trazabilidad entre los datos registrados y los objetivos educativos originales del juego, así como eliminar las variaciones de un procedimiento no sistemático. El tener este proceso documentado apropiadamente le facilita al docente la posible elección, en un futuro, de diferentes o mejores relaciones entre los datos con el fin de personalizar los reportes.

Finalmente se logró el desacoplamiento entre la experiencia de juego y el espacio académico, y se mantuvo esta solución en un entorno de fácil replicación y con bajo costo para dimensiones pequeñas y medianas. Esto hace posible mejorar la inmersión de los estudiantes en la experiencia del juego al permitir que dicha situación ocurra fuera del aula y de la presencia del docente. También evita la necesidad de utilizar formularios y otras herramientas para evaluar el progreso de los estudiantes *in situ*. La utilización de reportes es un recurso útil para los docentes, que contribuye a que la actividad de evaluación también esté desacoplada del aula. Se comprobó que la implementación de Analíticas de Aprendizaje en conjunto con Juegos Serios, resulta ser una estrategia adecuada para para enfrentar de manera satisfactoria el problema planteado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, J. & Michaud, L. (2008). *Serious Games – Advergaming, edugaming, training and more*. IDATE Consulting and Research.
- Baalsrud Hauge, J., Bellotti, F., Nadolski, R., Kickmeier- Rust, M., Berta, R., Carvalho, B. (2013). Deploying Serious Games for Management in Higher Education: lessons learned and good practices; Proceedings of the 7th European conference on games based learning, pp. 225-234.
- Baalsrud Hauge, J., Berta, R., Fiucci, G., Fernandez Manjon, B. (2014). Implications of learning analytics for serious game design. In Proceedings of the 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), *IEEE*, pp. 230-232. Doi: 10.1109/ICALT.2014.73.
- Boinodiris, P. (2012). “Playing to Win: serious games for Business”. In *The Bridge Linking Engineering and Society*.
- Churches, A. (2009). Bloom Digital Taxonomy. Recuperado el 26/06/2018 desde: <http://burtonslifelearning.pbworks.com/f/BloomDigitalTaxonomy2001.pdf>
- Clements, P. & Northrop, L. (2001). *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley.

- de Freitas, S. & Liarokapis, F. (2011) "Serious Games: A New Paradigm for Education?". In Ma. M., Oikonomou, A., Jain, L. C. (Eds.), *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 9-23). UK: Springer.
- Evans, F., Spinelli, A.; Zapirain, E., Massa, S. M. Soriano, F. (2016). Proceso de desarrollo de serious games. Diseño centrado en el usuario, jugabilidad e inmersión. III Congreso Argentino de Ingeniería (CADI 2016), IX Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI 2016). Capítulo 1. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Resistencia. Universidad Nacional del Nordeste. Chaco, Argentina.
- Fournier, H., Kop, R., Hanan, S.. (2011). The Value of Learning Analytics to Networked Learning on a Personal Learning Environment. *LAK*, Available from: <http://nparc.cisti-cist.ircrc.gc.ca/npsi/ctrl?action=rtdoc&an=18150452&lang=en>. Publications Archive Canada.
- Freire, M., Serrano-Laguna, A., Manero, B., Martínez-Ortiz, I., Moreno- Ger, P., Fernández-Manjón, B. (2016). "Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games". In *Learning, Design, and Technology* (pp. 1–29). Cham: Springer International Publishing. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4\\_21-1](http://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4_21-1).
- Granollers, T. (2004). MPlu+a. Una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares (Tesis Doctoral). Universitat de Lleida.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., & Freeman, A., & Hall, C. (2015). Horizon Report: 2016 Higher Education Edition.
- LeBlanc, M. (2004). *iMechanics, Dynamics, Aesthetics: A Formal Approach to Game Design*. Lecture at Northwestern University, April 2004.
- Massa, S. M. (2012). *Objetos de aprendizaje: Metodología de Desarrollo y Evaluación de la Calidad*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.
- Ribes, E. (2011). El concepto de competencia: su pertinencia en el desarrollo psicológico y la educación. *Revista de pedagogía*, 63(1), 33-45.
- Spinelli, A. y Massa, S. M. (2018). *Elicitación en Serious Game*. IEEE ARGENCON 2018.
- Spinelli, A. y Massa, S. M. (2018). *Elicitación de Requerimientos Educativos en un Serious Game*. XIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TEYET 2018). Posadas. Misiones.

- Spinelli, A., Massa, S., Rico, C., Kühn, F. (2018). *Diseño de Serious Games. Requerimientos del Juego – Competencias y Habilidades*. XX Encuentro Internacional VirtualEduca 2018.
- Ulicsak, M. (2010). Games in Education: Serious Games-A Futurelab Literature Review. [http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit\\_reviews/Serious-Games\\_Review.pdf](http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Serious-Games_Review.pdf)
- Vygotsky, L. (1989). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- Westera, W., Nadolski, R., Hummel, H., Wopereis, I. (2008). Serious Games for Higher Education: a Framework for Reducing Design Complexity. *Journal of Computer-Assisted Learning* (Wiley), 24 (5), 420-432.
- Westera, W., Nadolski, R. & Hummel, H. (2014). Serious Gaming Analytics: What Students Log Files Tell Us about Gaming and Learning. *International Journal of Serious Games*, 1, 35-50.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38, 25-32. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1510565>