

Incorporación a un serious games de un proceso evaluativo basado en analíticas de aprendizaje y lógica difusa

Leonel Guccione¹, Stella Massa¹, Guillermo Lazzurri²,
Adolfo Spinelli¹, Franco Kühn¹

¹ Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302.

{leonel, smassa, spinelliadolfo}@fi.mdp.edu.ar, fkuhn@mdp.edu.ar

² Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Juan B. Justo 4302.
lazzurri@fi.mdp.edu.ar

Abstract. En este artículo se presenta una metodología para incorporar a un serious games un proceso evaluativo basado en analíticas de aprendizaje y lógica difusa. El objetivo es contribuir al avance en la automatización del proceso de enseñanza/aprendizaje proponiendo una forma de implementar la automatización de la evaluación de las competencias académicas demostradas por el estudiante/jugador durante una sesión completa del juego. Para ilustrar la metodología propuesta se describe un trabajo de campo sobre un SG previamente creado.

Keywords: serious games, lógica difusa, analíticas de aprendizaje, rúbricas de aprendizaje.

1. Introducción

Un Serious Game es un videojuego cuyo objetivo supera al del mero entretenimiento y pretende incorporar un nuevo conocimiento en el jugador [1]. Los Serious Games aportan el atractivo lúdico al proceso de aprendizaje. Captan toda la atención del jugador sumergiéndolo en un ambiente con reglas propias [2]. Tiene como objetivo mejorar los procesos de aprendizaje aportando herramientas novedosas, efectivas y atractivas [3].

Las mediciones obtenidas mediante las Analíticas de Aprendizaje aplicadas a Serious Games permiten obtener datos que son de utilidad para observar las competencias demostradas por un jugador en una experiencia de juego [4], pero no son suficientes para completar el proceso evaluativo de una forma automatizada. El uso de las Lógicas Difusas en un proceso de evaluación de desempeño de competencias es altamente aplicable. Esto se debe a que la componente subjetiva e imprecisa de todo proceso evaluativo se combina con la capacidad intrínseca de las Lógicas Difusas de manejar la vaguedad o incertidumbre [5].

Se propone en este trabajo una forma de incorporación a un SG de un proceso evaluativo del nivel de desempeño logrado por el jugador, utilizando Lógicas Difusas a partir de los datos recolectados por las Analíticas de Aprendizaje.

2. Incorporación del proceso evaluativo al proceso de desarrollo de un SG

No es clara aún la forma en que el estudiante incorpora conocimientos a partir de una experiencia de juego, ni la evaluación del conocimiento que ha podido alcanzar sin la utilización de un cuestionario explícito [6]. Las dificultades en la medición de los resultados de aprendizaje logrados son una barrera que dificulta la adopción de los SG en la educación [7] [8].

Serrano-Laguna et al. [9] proponen una metodología para deducir los resultados del aprendizaje en una experiencia de juego utilizando un seguimiento no disruptivo, o sea, sin interrumpir la dinámica natural del SG. Esta metodología tiene en cuenta las etapas de diseño, implementación, validación y despliegue, así como también los objetivos de aprendizaje, la población objetivo, y una evaluación final del SG sobre la población elegida.

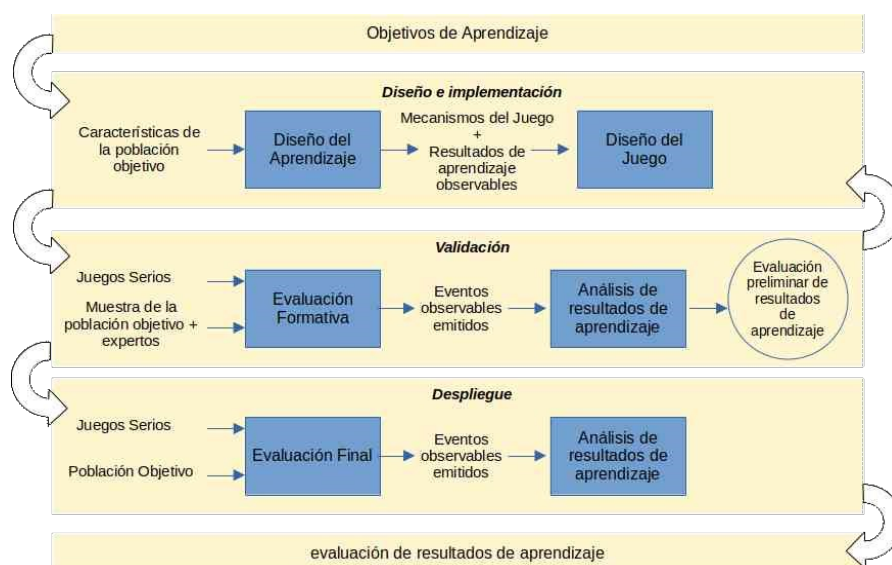


Figura 1: Proceso de diseño e implementación del SG y evaluación de resultados de aprendizaje. Adaptado de [9].

Considerando lo anterior se presenta una metodología para la incorporación de un proceso evaluativo automático a un SG, utilizando varias herramientas que actualmente se aplican a la educación, juegos y toma de decisiones a partir de datos difusos.

Este trabajo sigue el Modelo de Proceso de Desarrollo para Serious Game (MPDSG) presentado por Evans, F., et al. [10] y continuado por Spinelli, A., Massa, S., Rico, C., y Kühn, F. [11]. Se incorpora a este modelo el proceso de evaluación automática.

2.1 Proceso propuesto para el diseño e implementación de un sistema de evaluación automático

La principal diferencia de diseño entre los SG y los videojuegos está determinada en la especificación de los requerimientos que se deben considerar. Deben incluirse: contenidos y objetivos educativos junto con la especificación de la evaluación del aprendizaje y calidad educativas [12].

Los pasos a tener en cuenta para la incorporación de un sistema evaluativo a un SG son:

1. Establecimiento de los Criterios de evaluación de las competencias demostradas en la experiencia de juego utilizando las Rúbricas de Aprendizaje.
2. Determinación de los datos observables resultantes de la interacción del jugador con el SG durante la experiencia de juego utilizando Analíticas de Aprendizaje.
3. Evaluación del desempeño alcanzado en una sesión de juegos para cada Criterio utilizando lógicas difusas.
4. Generación de un reporte de resultados a partir de la evaluación de desempeño.

La información requerida para el desarrollo del sistema evaluativo debe previamente incorporarse al documento de requerimientos del SG, por lo que, a veces será necesario volver a entrevistar a los stakeholders relacionados con la parte correspondiente (docentes en este caso).

2.2 Rúbrica de Aprendizaje

Una rúbrica es un instrumento utilizado básicamente para definir criterios de realización de tareas de aprendizaje y evaluación de competencias [13]. Permite establecer una relación entre un objeto cualitativo (texto) con objetos cuantitativos (unidades métricas). La rúbrica establece una escala de calificación clara y detallada que describe lo que se pretende del estudiante en cada tarea. Constituye un conjunto de criterios explícitos que se utilizan para evaluar el desempeño de los estudiantes [14].

Se considera el tipo de rúbrica denominado analítico. Las rúbricas analíticas descomponen los criterios de evaluación en elementos específicos y les asignan una puntuación individual. Por otro lado, las rúbricas holísticas evalúan el rendimiento general del estudiante en función de los criterios establecidos.

La creación de una rúbrica analítica involucra los siguientes pasos:

1. Definición de los objetivos de la tarea o proyecto [15].
2. Identificación de los criterios de evaluación [16].
3. Establecimiento de los niveles de desempeño o de logro que reflejen el grado en que se cumplen los criterios. Deben ser descriptivos, claros y coherentes con los criterios de evaluación [14].
4. Descripción de los niveles de logro: Son las descripciones detalladas de lo que se espera en cada nivel de logro.
5. Asignación de puntuaciones a los niveles de desempeño que reflejen claramente el nivel de logro en relación con los criterios de evaluación [15].

En la Tabla 1 se muestra una forma de organizar la información contenida en una rúbrica.

Tabla 1: Matriz de rúbrica

Criterios de Evaluación	Nivel de Logro 1	...	Nivel de Logro j
	Calificación 1	...	Calificación j
Criterio 1	Descripción 1	...	Descripción 1j
...	...	...	...
Criterio i	...	...	Descripción ij

2.3 Analíticas de Aprendizaje

Para evaluar el aprendizaje y la calidad educativa es necesario obtener información de cada interacción relevante del jugador, o sea, aquella que refleje decisiones que involucren alguna competencia o conocimiento relacionado con el tema de estudio del SG.

Existen para esto las Analíticas de Aprendizaje (Learning Analytics), que se utilizan para el desarrollo de métricas y métodos que permiten obtener y analizar series de datos en actividades educativas [17].

La utilización de LA aplicadas a los SG se denominan Game Learning Analytics (GLA), las cuales ya están incorporadas al MPDSG. La recolección de los datos observables (que definen las GLA) se hace a través de la programación de eventos dentro del SG cada vez que el jugador realiza una interacción no trivial.

De acuerdo con los criterios especificados en las rúbricas se determinan todas las variables o datos observables que deben tenerse en cuenta para la incorporación del proceso de evaluación. Esto constituye las GLA.

En la Figura 2 se muestra la relación entre los diferentes documentos de información entre sí y con los módulos de software.

La implementación de las GLA se realiza sobre el mismo código del SG, por lo cual puede necesario intervenirlo.

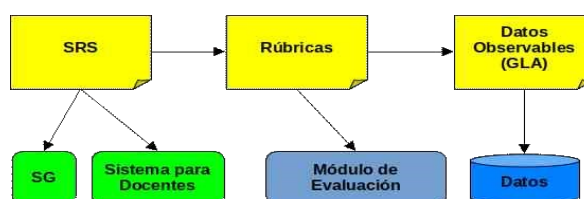


Figura 2: Relación entre los diferentes documentos y los módulos de software

2.4 Lógica Difusa

La lógica difusa pertenece al conjunto de herramientas de la Inteligencia Computacional (IC) y permite modelar y representar información no precisa, propia de muchos problemas del mundo real [18].

Permite una forma de representación del conocimiento a través de descripciones que utilizan un lenguaje cuasi natural fácil de entender. Relaciona los datos de entrada

que definen un estado del dominio representado con los datos de salida, que constituyen los resultados esperados.

Se denomina Sistema de Inferencia Difuso (FIS) [19] a aquel que es utilizado para realizar inferencias y tomar decisiones en un contexto con información imprecisa. Se forma con tres componentes principales: una base de reglas difusas, un motor de inferencia y una base de datos de conocimiento. A esto se suman los mecanismos de fuzzificación y defuzzificación (ver Figura 3).

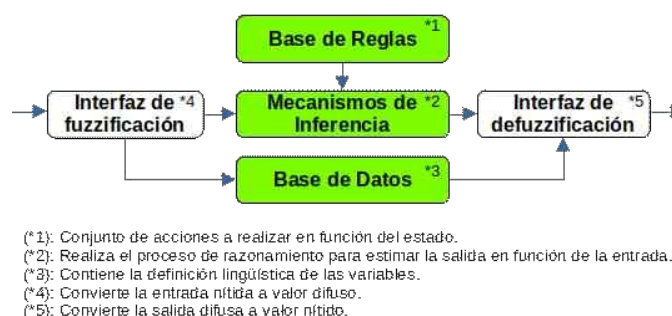


Figura 3: Estructura básica de un sistema de inferencia difuso. Adaptado de Martínez Rojas y Andrade Sosa [19]

A partir de las rúbricas se establecen las reglas de inferencia del FIS. Se utilizan los datos arrojados por las analíticas de aprendizaje como valores de entrada. Como valores de salida se obtiene la calificación correspondiente (ver Figura 4).

2.5 Componentes del sistema

Se utilizan los siguientes módulos: Serious Games, Sistema para Docente, Base de Datos, Módulo de Evaluación (ver Figura 4).

A medida que el jugador interactúa con el SG se van almacenando los valores observables (GLA) en el servidor de datos (Datos). Al finalizar el juego, el módulo de evaluación procesa todos los valores y determina una calificación.

Como resultado del proceso evaluativo, el sistema arroja un reporte sobre cada criterio observado con la calificación lograda en la experiencia de juego.

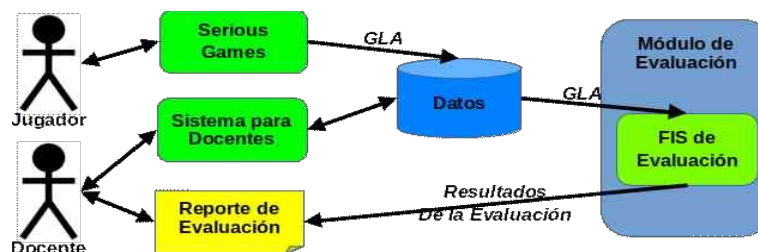


Figura 4: Componentes del Sistema

2.5.1 Experiencia de campo sobre el juego Power Down The Zombies (PDTZ)

PDTZ es un SG desarrollado por el ingeniero Franco Kühn durante su última etapa de estudiante, como parte de su Trabajo Final [4] de la carrera de Ingeniería en Informática de la UNMDP. PDTZ está enmarcado en el actual Proyecto de Investigación “Modelos de Desarrollo de Serious Games. Las Analíticas de Aprendizaje e Inteligencia Artificial” del Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. El juego ha sido desarrollado siguiendo el MPDSG [10].

El objetivo académico de este juego es que el estudiante aplique y refuerce las competencias relacionadas con la utilización racional de los recursos energéticos, que corresponde a contenidos relacionados con Física y Química del cuarto año de escuelas secundarias de Argentina. El juego se desarrolla durante 10 días simulados.

2.5.2 Incorporación del sistema de evaluación automático al SG PDTZ

La incorporación del sistema de evaluación automático al SG PDTZ corresponde con la implementación del proceso descrito en el apartado 2.1 Proceso propuesto para el diseño e implementación de un sistema de evaluación automático.

En la Tabla 2 se observa la rúbrica analítica resultante de acuerdo a los pasos indicados en el apartado 2.2 Rúbrica de Aprendizaje aplicada al Criterio 1.

Tabla 2: Rúbricas para el juego PDTZ

Criterios	Alto (100%)	Medio (50%)	Bajo (0%)
C1. Comparación de Fuentes de Energía (eólica, carbón, nafta).	Ha realizado una elección MUY BUENA de generadores de energía la mayoría de los días que ha sobrevivido y ninguna elección MALA. Debe sobrevivir al menos la mitad de los días de la sesión.	Medio: Ha realizado una elección BUENA la mayoría de los días que ha sobrevivido y ninguna elección MALA. Debe sobrevivir al menos la mitad de los días de la sesión.	Ha realizado al menos una elección MALA en algún día de la sesión.

Las calificaciones MUY BUENA, BUENA y MALA para el Criterio 1 corresponden a la elección realizada de acuerdo a los recursos disponibles. También se tiene en cuenta el grado de dificultad que se presenta en cada día, que puede ser ALTO, MEDIO o BAJO.

Los componentes de una rúbrica presentan una asociación directa con las variables difusas y los términos difusos. Por lo tanto, éstas (las rúbricas) pueden servir de guía para elaborar el FIS de Evaluación.

Se muestra a continuación el diseño de las reglas para la evaluación del Criterio 1 para cada día.

Tabla 3: Evaluación del Criterio 1 para un día

Valores de entrada		Valores de salida
GD	ELECCIÓN	EVALUACIÓN DIARIA
ALTO	MUY BUENA	SOBRESALIENTE
	BUENA	APROBADO
	MALA	REPROBADO
MEDIO	MUY BUENA	APROBADO
	BUENA	MEDIOCRE
	MALA	REPROBADO
BAJO	MUY BUENA	MEDIOCRE
	BUENA	MEDIOCRE
	MALA	REPROBADO

Luego de realizar la evaluación para cada día, se realiza la evaluación de toda la sesión del SG. Se establece otro conjunto de reglas para la calificación (ver Tabla 4).

Tabla 4: Reglas de calificación de la Sesión completa

CALIFICACIÓN	Regla
PROMUEVE	Si la mayoría de los días obtuvo una evaluación SOBRESALIENTE y el resto APROBADO
REPASA	Si la mayoría de los días obtuvo una evaluación APROBADO y en el resto de los días no obtuvo ninguna evaluación REPROBADO.
DESAPRUEBA	Si la mayoría de los días obtuvo una evaluación MEDIOCRE
DESAPRUEBA	Si obtuvo uno o más REPROBADO

Para la implementación del módulo de evaluación se utiliza el lenguaje Java y la herramienta QfuzzyLite [20] que genera código a partir de una interfaz gráfica de diseño de FIS.

3. Conclusiones y Trabajos futuros

El trabajo presentado describe la forma de incorporar a un SG un módulo de evaluación automatizado. La utilización de la rúbrica de aprendizaje permite una definición clara de los componentes del FIS de evaluación para cada uno de los criterios correspondientes a las competencias académicas consideradas en el SG.

El diseño adoptado posibilita que el docente determine una configuración inicial de los parámetros del juego para variar el nivel de dificultad de cada nueva sesión de juego, los cuales se almacenan en la base de datos. Esto hace que el sistema pueda fácilmente escalar hacia una etapa de mayor automatización que incorpore la capacidad de brindar recomendaciones al estudiante según el resultado de la evaluación de la sesión finalizada. Dichas recomendaciones se establecerían dentro del universo de SG en forma de un cambio en la configuración inicial de los escenarios del juego (recursos disponibles) de la siguiente sesión.

Bibliografía

1. Massa, S., Evans, F., Spinelli, A., Zapiain, E., Morcela, A., Kühn, F.: Modelos y herramientas para el proceso de desarrollo de Serious Games. XX WICC (2018)
2. Clark, C.: Serious Games. New York Viking Press (1970)
3. De Gloria, A., Bellotti, F., Berta, R., Lavagnino, E.: Serious Games for education and training. International Journal of Serious Games. ISSN: 2384-8766 (2014)
4. Kühn, F.: Juegos Serios y Analíticas de Aprendizaje: Implementación en el entorno educativo. RINFI. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/246> (2019)
5. Huapaya C. Lizarralde F., Gonzalez M., Arona G.: Modelo basado en Lógica Difusa para el Diagnóstico Cognitivo del Estudiante. Form. Univ. vol.5 (2012)
6. Guccione, L., Massa, S., Kühn, F.: Retroalimentación de Desempeño Basada en las Analíticas de Aprendizaje Aplicadas a Serious Games. CONAIISI 2022 (2022)
7. Alvarez, J., Michaud, L.: SG – Advergaming, edugaming, training and more. IDATE Consulting and Research (2008)
8. de Freitas, S., Liarokapis, F.: Serious games: A New Paradigm for Education?. Springer (2011)
9. Serrano-Laguna, Á., Martínez-Ortiz, I., Haag, J., Regan, D., Johnson, A., & FernándezManjón, B.: Applying standards to systematize learning analytics in serious games. Computer Standard & Interfaces, 50, 116-123. DOI: 10.1016/j.csi.2016.09.014 (2017)
10. Evans, F., Spinelli, A., Zapiain, E., Massa, S. M. Soriano, F.: Diseño centrado en el usuario, jugabilidad e inmersión. CAEDI 2016 (2016)
11. Spinelli, A., Massa, S., Rico, C., & Kühn, F.: Diseño de Serious Games. Requerimientos del Juego – Competencias y Habilidades. (2018)
12. da Rocha, R., Bittencourt, I. & Isotani, S.: Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades. In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE) (Vol. 26, No. 1, p. 692) (2015)
13. Alsina Masmitjà, J., Argila Irurita, A., Aróztegui Trenchs, M., Arroyo Cañada, F., Badia Miró, M., Carreras Marín, A., Colomer i Busquets, M., Gracenea Zugarramurdi, M., Halbaut, L., Juárez Vives, P., Llorente Galera, F., Marzo Ruiz, L., Mato Ferré, M., Pastor Durán, X., Peiró Martínez, F., Sabariego Puig, M., Vila Merino, B.: Rúbricas para la evaluación de competencias. (2013)
14. Arter, J., & McTighe, J.: Scoring rubrics in the classroom: Using performance criteria for assessing and improving student performance. Corwin Press (2001)
15. Brookhart, S.: Using Performance Task-GRASPS to Assess Student Performance in Higher Education Courses. American Journal of Educational Research. 2017; 5(5):552-558. doi: 10.12691/education-5-5-12. (2013)
16. Moskal, B., Leydens, J., Pavelich, M.: Validity, Reliability and the Assessment of Engineering Education. Journal of Engineering Education. 91. 10.1002/j.21689830.2002.tb00714.x. (2002)
17. Dietz-Uhler, B., Hurn, J.: Using learning analytics to predict (and improve) student success: A faculty perspective. Journal of interactive online learning, 12(1), 17-26. (2013)
18. Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E.: Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence. Prentice Hall (1997)
19. Martinez Rojas, N. & Andrade Sosa, H.: Integración de la Lógica Difusa a la Dinámica de Sistemas para la selección de terrenos de cultivos agrícolas. ELEMENTOS. 6.149.10.15765/e.v6i6.842. (2016)
20. Rada-Vilela, J., The FuzzyLite Libraries for Fuzzy Logic Control. (2018)