

# **Videojuego educativo para enseñar algoritmos relacionados a grafos**

Alonso Utreras

Department of Computer Science  
University of Chile  
Santiago, Chile

`alonso.utreras@ug.uchile.cl`

`autreras@dcc.uchile.cl`

## **1 Introduction**

Una forma común de enseñar y aprender es acompañar la información con dibujos o gráficos. La presente investigación busca llevar las instrucciones llevadas a cabo por los algoritmos relacionados a grafos a una representación visual e interactiva para que los estudiantes de computación puedan aprender acompañándose con esta herramienta.

El trabajo consiste en presentarle un videojuego donde se muestren grafos, en que el jugador debe ejecutar las instrucciones de estos algoritmos, apoyándose en elementos visuales. El objetivo de esta investigación de tesis es determinar si se ven diferencias en los niveles de motivación percibidos por el estudiantado y en el entendimiento de los algoritmos, medido a través de tareas de programación. El público objetivo son estudiantes que estén en su primer año de ciencias de la computación (CS por sus siglas en inglés).

Un videojuego es una forma de aprendizaje activo, [3] pues el proceso de enseñanza no se desarrolla partiendo por un profesor exponiendo frente a un estudiante. En este caso, quien aprende debe ejecutar pasos y participar en alguna actividad a través de la cual se construye el conocimiento. En la reseña realizada por Hartikainen et al. [3] se enumeran justificaciones para el aprendizaje activo: mejores resultados, recomendaciones políticas y las nuevas demandas de la vida laboral actual, como capacidades de comunicación o descubrimiento por cuenta propia.

Los videojuegos serios (Serious Gaming) son una forma de aprendizaje activo. Un trabajo de Bell y Gibson [2] indican que juegos educacionales son más efectivos que las clases, lecturas, videos y tareas. Se resume que el uso de juegos resulta en 9% mejor retención, 11% mejor conocimiento fáctico, 14% mejor conocimiento basado en habilidades y 20% mayor autoeficacia. Sin embargo, recomiendan que los juegos deben ser acompañados de otras formas de enseñanza, así como hacer actividades post juego donde se le pregunta al estudiantado cómo se relacionan los juegos a la materia.

Bell y Gibson [2] identificaron y clasificaron videosjuegos de Ciencias de la Computación (CS), considerando un total de 41 videojuegos. De esos, uno de ellos (Map Coloring) se trata sobre grafos, tomando el tema de coloreo de grafos. Se realizó una búsqueda del juego a la fecha (2022), pero no se encontró ningún material al respecto.

Kiili y su equipo [6] analizaron el uso de videojuegos en enseñanza y evaluación en matemáticas a través de los títulos "Semideus" y "Wuzzit Trouble". A través de estos, llegaron a la conclusión de que es posible utilizar videojuegos para enseñar y evaluar al mismo tiempo. Además, caracterizaron estadísticamente las diferencias producidas por el uso de videojuegos entre resultados de un pre test y un post test.

Kiili, Bell, Gibson y Giani [8] están de acuerdo en que no hay sistematización en los videojuegos educativos. En efecto, hay juegos serios que ni siquiera se denominan o consideran como tales [2]. Por otra parte, no existe una forma estándar de evaluarlos, razón por la cual Petri, Giani y otros [8] crearon el modelo MEEGA+ (Model for the Evaluation of Educational Games and EGameFlow scale).

Entre las faltas mencionadas al momento de crear videojuegos, se mencionan las faltas de 1) Definición de un objetivo de evaluación, 2) Diseño de investigación, 3) Programa de medición, 4) instrumentos de recolección de datos y 5) y métodos de análisis de datos. Es más, es común ver que se utilizan comentarios informales por parte del estudiantado [8].

### **1.1 Propiedades que debería tener el juego**

Según [2], el juego debería ser divertido, separado, incierto, gobernado por reglas y ficticio. Además, debería generar inmersión y enganche en un jugador. Por otra parte, se recomiendan ciertos lineamientos como innovación y escalamiento en la dificultad, lo cual permite generar inmersión (en inglés y en la literatura más conocido como flow), esto le permite a un jugador generar confianza en un ambiente libre de riesgos para experimentar y poner a prueba sus conocimientos.

Un problema del aprendizaje activo es que, pese a lograr mejores resultados, incomoda a los estudiantes, pues les genera la percepción de que su aprendizaje fue menor con respecto a actividades de enseñanza pasiva [1]. Los autores de este trabajo atribuyen tales resultados al sentimiento de desconocimiento que sienten los alumnos mientras realizan estas actividades, ahunado a que, al no estar familiarizados con aprendizaje activo intenso en clases, no comprenden que el alto esfuerzo cognitivo implicado es un signo de aprendizaje efectivo.

Sin embargo, un videojuego que entregue retroalimentación constante al jugador de que sus acciones son correctas o incorrectas, sumado a que cada estudiante estaría realizando las actividades de forma individual, dejaría de exponer sus errores y quitaría esta incomodidad para los estudiantes, sobretodo si el juego logra la inmersión del jugador, haciendo que este olvide que está aprendiendo.

## **2 Problem**

Actualmente no existe una plataforma donde se pueda aplicar un algoritmo de forma manual e interactiva, lo cual constituye una buena herramienta de enseñanza.

[Acá tengo dudas de qué más podría colocar]

## **3 Research questions**

P1: ¿Cómo se comparan los resultados en un test de programación entre un grupo de control y otro que jugó un videojuego que enseña algoritmos relacionados a grafos?

P2: ¿Cómo se comparan los niveles de interés entre un grupo de control y otro que jugó un videojuego que enseña algoritmos relacionados a grafos?

## **4 Hypothesis**

H1: Un videojuego que enseña algoritmos relacionados a grafos es una herramienta que mejora los resultados académicos de los estudiantes de computación.

H2: Un videojuego que enseña algoritmos relacionados a grafos genera mayor interés en el estudiantado.

Se entienden mejores resultados académicos como notas más elevadas en evaluaciones estándares realizadas por los equipos docentes a cargo del ramo.

Se entiende interés como una medida subjetiva de cuánto un usuario desea aprender sobre un tema en particular.

## **5 Main Goal**

Diseñar y desarrollar un videojuego que muestre grafos y algoritmos relacionados a estos, que permita al usuario ir ejecutando acciones en la aplicación según lo pide un algoritmo desplegado en la misma pantalla. La aplicación debe indicar al usuario cuando está en lo correcto y cuándo se equivoca.

## **6 Specific goals**

- Diseñar una aplicación interactiva que muestre grafos y permita seguir los pasos relacionados a algoritmos que trabajen con grafos.
- Medir el interés de estudiantes de computación relacionado a grafos antes y después del uso de esta herramienta.
- Medir la comprensión y capacidad de replicación de un algoritmo relacionado a grafos de un grupo de estudiantes de computación antes y después de probar el videojuego presentado.

## **7 Methodology**

Se desarrollará el videojuego considerando el feedback de un profesor guía y otros estudiantes que no sean parte de la población objetivo del estudio, ajustándolo según sea necesario.

Asegurarse que el videojuego cumple con las características seguras por [2], [8] y [6]. Si no, seguir iterando.

Presentar el juego en los cursos cuando se esté impartiendo la materia relacionada a grafos. El uso del videojuego será voluntario y sugerido, con el requisito de llenar un formulario de forma anterior y posterior al uso del juego. El formulario poseerá un cuestionario siguiendo los lineamientos de MEEGA+ planteados en [7]

Se revisarán los datos llenados por los estudiantes que accedieron al formulario, en conjunto con los datos recolectados durante el juego mismo, para ver si estos se condicen. Por ejemplo, el juego medirá el tiempo entre clicks. Se espera que un jugador que esté motivado posea un alto nivel de actividad, y una alta cadencia de clicks.

Finalmente, se realizará una prueba de programación en los cursos que vean la materia de grafos, donde los estudiantes tendrán que responder preguntas relacionadas a los algoritmos vistos en el juego. Se separarán dos grupos, uno de control con la gente que decidió no jugar, y otro experimental que sí probó el videojuego.

### **7.1 Desventajas y debilidades del proceso**

El tamaño muestral puede no ser suficiente. No se sabe cuánto será el tamaño de los grupos de control y experimental, pero se espera que el total de participantes sea superior a 250.

Existe un sesgo al presentar el uso del videojuego como una opción voluntaria, por lo que los estudiantes

con más tiempo e interés tenderán a probar el videojuego, pero son quienes a su vez tienen mejores notas.

## 8 Expected results

Se espera observar un nivel de interés superior en los estudiantes en algoritmos relacionados a grafos a través del cuestionario entregado. Se esperan mejores resultados en el grupo que pruebe el videojuego, en un intervalo del 8% al 14% de diferencia, lo que debe ser entre 5 y 7 décimas en una escala de evaluación del 1.0 al 7.0 considerando valores decimales intermedios. Además, se busca generar una metodología de prueba para herramientas interactivas cuyo fin sea la enseñanza, de tal manera que otro memorista o testista en el futuro pueda hacer pruebas análogas con otros algoritmos o estructuras de datos e incluso aplicadas a otras materias.

## References

- [1] Louis Deslauriers, Logan S McCarty, Kelly Miller, Kristina Callaghan & Greg Kestin (2019): *Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(39), pp. 19251–19257.
- [2] Ben Gibson & Tim Bell (2013): *Evaluation of games for teaching computer science*. In: *Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, pp. 51–60.
- [3] Susanna Hartikainen, Heta Rintala, Laura Pylväs & Petri Nokelainen (2019): *The Concept of Active Learning and the Measurement of Learning Outcomes: A Review of Research in Engineering Higher Education*. *Education Sciences* 9(4), doi:10.3390/educsci9040276. Available at <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/4/276>.
- [4] EBCH Hopper & Brian CH Turton (2001): *An empirical investigation of meta-heuristic and heuristic algorithms for a 2D packing problem*. *European Journal of Operational Research* 128(1), pp. 34–57.
- [5] Catalina Paz Álvarez Inostroza (2017): *Virtual element method for linear elasticity problems in modifiable meshes*. Master's thesis, Universidad de Chile.
- [6] Kristian Kiili, Keith Devlin, Arttu Perttula, Pauliina Tuomi & Antero Lindstedt (2015): *Using video games to combine learning and assessment in mathematics education*. *International Journal of Serious Games* 2(4), pp. 37–55.
- [7] Giani Petri, Christiane Gresse von Wangenheim & Adriano Ferreti Borgatto (2018): *MEEGA+: A method for the evaluation of educational games for computing education*. *INCoD–Brazilian Institute for Digital Convergence*, pp. 1–47.
- [8] Giani Petri et al. (2018): *A method for the evaluation of the quality of games for computing education*.