



Buena práctica

Gamificación en Álgebra lineal a través del juego Lights Out!

Universidad Católica del Uruguay

Montevideo, Uruguay

Responsable:

María Victoria Artigue Carro

Profesor de alta dedicación

Departamento de ciencias exactas y naturales, Universidad Católica del Uruguay

Email: maria.artigue@ucu.edu.uy

Palabras clave:

Innovación en metodologías enseñanza | Innovación en metodologías evaluación | Tecnologías para la enseñanza

Resumen ejecutivo

Las metodologías activas de enseñanza, en la educación superior, se enfrentan con el desafío de centrar las prácticas educativas en el estudiante, buscando favorecer su participación en el trabajo cooperativo, lo cual está alineado con las necesidades que tendrá en su vida laboral, como futuro profesional [1]. Algunas metodologías activas se enmarcan en áreas científico-tecnológicas, como STEM y otras son propicias para ello, como es la Gamificación. En todos los casos, el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) tienen un papel fundamental, en la enseñanza de la Matemática, cuyo impacto en el aprendizaje de los estudiantes, es un objeto de estudio en los investigadores en didáctica de esta disciplina. La tecnología, es una herramienta que contribuye al desarrollo de su pensamiento lógico y creativo, siendo una de las más populares el microcontrolador Arduino [2], que se utiliza para crear dispositivos interactivos y sistemas automatizados [2,3,4].

La práctica que se describe, tiene como objetivo proponer una actividad para estudiar y analizar la solución de un juego llamado Lights Out! [5,6] (o luces fuera en español) con el uso de herramientas del Álgebra lineal. El juego fue lanzado al mercado en 1995 y consiste en un teclado luminoso, originalmente de 5 por 5 botones. Al iniciar el juego aparece iluminado un patrón de botones, el objetivo es apagar todas sus luces. Las reglas del juego pueden tener pequeñas variaciones, provocando cambios sustanciales en la búsqueda de la solución para cualquier combinación de botones prendidos. En la versión tradicional, cada vez que se presiona una tecla, no solamente cambia de estado la tecla presionada (apagado o encendido), también cambian las adyacentes (la que está arriba, la de abajo suyo, la que está a su derecha, y la de su izquierda). En este sentido, se diseñó un plan de enseñanza-aprendizaje que involucra el uso de kits de Arduino para realizar las actividades prácticas relacionadas con los contenidos propios del Álgebra lineal.

La actividad fue propuesta durante el primer semestre del 2023 en uno de los grupos de la asignatura curricular Álgebra lineal, mientras que hubo otro grupo en el cual no se propuso, es decir, no hubo intervención. Los resultados han sido ampliamente satisfactorios en el primer grupo (77% aprobaron el curso), en lo que refiere a la búsqueda de la solución del juego, al trabajo cooperativo y a la aplicación del Álgebra lineal a la solución del problema, mostrando un conocimiento del álgebra

matricial y de resolución de sistemas de ecuaciones aplicado al contexto del juego. Un porcentaje alto de los equipos (95%) lograron programar en lenguaje Python soluciones para casos particulares, incluso algunos pudieron programar el caso general (para cualquier cuadrícula de n por n). El porcentaje de aprobación en el curso sin intervención, fue de 29%.

Descripción detallada de la práctica

Dimensión: Contexto y origen de la práctica

Caracterización del contexto y la situación que origina y en la que tiene lugar la práctica

La práctica se enmarca en un modelo de enseñanza y aprendizaje que está siendo promovido por la Universidad Católica del Uruguay (UCU), el cual implica el desarrollo de competencias transversales en los estudiantes mediante actividades interdisciplinarias. Uno de los ejes temáticos en el llamado Plan Estratégico 2019-2021 es: “Excelencia en el aprendizaje interdisciplinario y transversal, de cara a un mundo disruptivo”, dentro del cual se encuentra como objetivo prioritario lograr la integración curricular transversal de los distintos programas de las asignaturas.

Tradicionalmente el docente de Matemática en ingeniería transmite el conocimiento con cálculos existentes en libros de texto, conformándose con que el estudiante repita el método mostrado sin creación de su parte. En la formación de futuros ingenieros, el estudio de la Matemática formal no es un objetivo en sí mismo, aunque necesitan matematizar problemas.

Planteamiento de pertinencia de la práctica a partir de la situación, problema u oportunidad detectada

Los procesos de enseñanza-aprendizaje que se presentan cuando los estudiantes afrontan a la Matemática, a través de sus aplicaciones, requieren del desarrollo de una competencia conocida como modelización matemática, esto es, la creación o la utilización de modelos matemáticos para resolver problemas en contexto [8]. Un problema aplicado en Matemática, está enmarcado en una situación o contexto del mundo real (el “resto del mundo” fuera de la Matemática), así como las preguntas que vinculan conceptos matemáticos con dicha situación [8,9].

La implementación de este tipo de problemas no solo desarrolla las competencias matemáticas y propias de la modelización, si no que genera un mayor interés por la asignatura y promueve un pensamiento diversificado en los estudiantes [8,9]. Respecto a la actividad del estudiante, el objetivo es que esté capacitado para poder utilizar el conocimiento matemático en otras áreas que la requieran en su ámbito profesional.

Dimensión: Planificación de la práctica

Planteamiento de objetivos de la práctica

El estudiante deberá:

- Aplicar los conceptos matemáticos vistos en el curso de Álgebra lineal (matrices, escolarización de matrices, sistema de ecuaciones, teorema de Frobenius) para encontrar una solución al juego.
- Elaborar un programa en Python que resuelva el sistema de ecuaciones que modela el juego en una grilla de 4×4 , el cual regrese las secuencias de botones a pulsar para resolver el juego.
- Elaborar un informe que dé cuenta del trabajo realizado.

Proceso de diseño y planificación, identificación de los actores involucrados y definición de

recursos

La secuencia de actividades fue diseñada por Profesores de Alta Dedicación de la Universidad Católica del Uruguay: Mag. Victoria Artigue (Depto. de Ciencias Exactas y Naturales), Dr. Joel Gak (Depto. de Ingeniería), Dr. Gabriel Núñez (Depto. de Ciencias Exactas y Naturales) y Prof. Patricia Cerizola (Depto. de Ciencias Exactas y Naturales).

La intención de este equipo fue diseñar y aplicar una actividad, enmarcada en una metodología activa como es la Gamificación [10], pero también como lo es el Aprendizaje cooperativo [11]. Los beneficiarios directos, por lo tanto, son los estudiantes, pero también toda la comunidad universitaria y de investigación en didáctica de la Matemática ya que la propuesta será difundida en diferentes congresos de educación matemática y en jornadas propias de la universidad.

El diseño comenzó en setiembre del 2022 e implicó estudiar la Matemática detrás del juego para poder diseñar la actividad secuenciada. Las actividades apuntaron a que los estudiantes:

1. Se familiarizaran con el juego. Para ello se sugirió ingresar al siguiente enlace “Lights Out” y jugar.
2. Desarrollaran una estrategia ganadora que permita apagar todas las luces a partir de una configuración inicial. Se sugirió comenzar con una placa 2×2 , y pensar una estrategia ganadora a partir de una configuración inicial.
3. Investigaran qué sucede si se cambia la configuración a la opción Toro en “Lights Out”.
4. Analizaran si es necesario apretar las celdas más de una vez en las posibles soluciones y, si el orden en que se presionan las celdas es importante o da el mismo resultado.
5. Elaboraran un archivo compartido con los integrantes del grupo en el cual registren y den cuenta de todo lo realizado.
6. Retiraran del laboratorio placas de 4×4 donde está programado el juego y lo conectaran para poder jugar.
7. Estudiaran un material elaborado por los docentes para conectar la placa.

Justificación de la aplicación elegida: Las dos versiones del juego (modo toro y no toro) presentan soluciones generales distintas. Los estudiantes deben escalarizar una matriz ampliada asociada a un sistema de ecuaciones, considerando el cambio de estado de un botón (1 o 0) como $1+1=0$. Además, analizarán la naturaleza de los sistemas de ecuaciones, aplicando el teorema de Rouché Frobenius enseñado en clase. Estas habilidades son fundamentales en Álgebra lineal y serán clave para estudiar otros aspectos del curso (posiciones entre rectas en el espacio, entre planos entre otros)

Mecanismos de evaluación

Los instrumentos de evaluación fueron: bitácora semanal, informe final evaluado con lista de cotejo, pruebas cortas y pruebas parciales individuales. La adjudicación de puntos al proyecto fue de 20 puntos en 100, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

Trabajo cooperativo e informe (5 puntos en total): la bitácora contiene información detallada de lo que el grupo fue habiendo para el proyecto (1 punto), indica ejemplos donde se puso en evidencia la necesidad del otro (1 punto), el informe contiene una estructura clara y organizada (1 punto), explicita el rol que adquirió en el grupo (2 puntos).

Aplicación de contenidos matemáticos propios del Álgebra lineal (9 puntos en total): modeliza el juego indicando las herramientas del álgebra lineal que se van a utilizar (3 puntos), justifica la naturaleza de los sistemas con los contenidos teóricos dados en clase (3 puntos), encuentra soluciones para diferentes casos (3 puntos).

Aplicación de contenidos de programación (6 puntos en total): elabora un programa para alguna solución particular (4 puntos), indica librerías de programación a utilizar y justifican por qué la elección (2 puntos).

La práctica fue evaluada por los estudiantes, mediante un cuestionario de valoración de ítems utilizando la escala Likert de acuerdo.

Dimensión: Implementación de la práctica

Descripción de la implementación de la práctica, indicando etapas, acciones y actividades específicas

En una primera instancia se les presentó a los estudiantes la siguiente consigna:

1. Esta primera actividad consiste en familiarizarse con el juego. Para ello se sugiere ingresar al siguiente enlace <https://www.artbylogic.com/puzzles/gridLights/gridLights.htm> y jugar.
2. El desafío que se plantea en esta primera etapa es desarrollar una estrategia ganadora que permita apagar todas las luces a partir de una configuración inicial. Se sugiere comenzar con una placa 2x2, y pensar una estrategia ganadora a partir de una configuración inicial.
3. Investiga qué sucede si se cambia la configuración a la opción Toro en "Lights Out".
4. Analiza si es necesario apretar las celdas más de una vez en las posibles soluciones y, si el orden en que se presionan las celdas es importante o da el mismo resultado.
5. Elabora un archivo compartido con los integrantes del grupo en el cual registren y den cuenta de todo lo realizado.

Luego del receso de Semana Santa, la consigna fue:

1. Trabaja en clase con un ejemplo de 2x2 con cierta configuración inicial y luego uno genérico. Elabora un sistema de ecuaciones que modelen los casos analizados (Elija uno). Justifica matemáticamente todos los procesos que realiza.
2. Estudia el documento "Luces Fuera una aplicación en Arduino" (elaborado por Joel Gak).
3. Según la siguiente tabla, retirar en los días martes o jueves de 18:10 a 21:00, en el salón Ti3 del edificio central de la UCU, las placas correspondientes al juego Lights Out!

La entrega final del proyecto consiste en implementar una de la siguientes dos tareas:

- Programar una solución en Python: Elaborar un programa en Python que resuelva el sistema de ecuaciones que modela el juego en una grilla de 4x4, en la versión que está en la placa. El programa debe regresar la secuencias de botones a pulsar para resolver el juego. Realice un video donde se muestra el programa de Python y la secuencia de botones presionados en el juego implementado con Arduino, dicho video debe estar disponible en un repositorio público.
Opcional 1: Realice un programa python que implementa el Juego luces fuera de 4x4 circular toro, que tenga una opción de sugerencia de paso siguiente y solucionador.
Opcional 2: Implemente un mecanismo de comunicación serial mediante Python y Arduino, donde se le envíe el vector solución a la placa Arduino y ésta resuelva el juego mostrando la secuencia de pasos en las luces del juego.
- Programar una solución en Arduino: Elaborar y resolver el sistema de ecuaciones cuyo vector solución indica los botones a apretar para ganar el juego, en la interfaz de Arduino. En la terminal de Arduino se verá reflejado en la secuencia de pasos a seguir (botones a apretar) para lograr apagar las luces. Realice un video donde se muestra el programa y la secuencia de botones presionados en el juego implementado con Arduino, dicho video debe estar disponible en un repositorio público.
Opcional: Agregue un botón el cual al ser pulsado el sistema va ingresando los pasos de forma automática hasta resolver el juego mostrando la secuencia de pasos en las luces. Realice un video donde se muestra lo aquí pedido el video debe estar disponible en un repositorio público.

Identificación y justificación de eventuales cambios durante la implementación

No se presentó la necesidad de realizar cambios en la planificación.

Dimensión: Resultados de la práctica

Proceso de evaluación y descripción de resultados

La intención de este equipo fue diseñar y aplicar una actividad, enmarcada en una metodología activa

como es la Gamificación [10], pero también como lo es el Aprendizaje cooperativo [11]. Los beneficiarios directos, por lo tanto, son los estudiantes, pero también toda la comunidad universitaria y de investigación en didáctica de la Matemática ya que la propuesta será difundida en diferentes congresos de educación matemática y en jornadas propias de la Universidad.

Los actores claves fueron profesores de alta dedicación del departamento de Ciencias Exactas y Naturales, y un profesor de alta dedicación del departamento de Ingeniería. En el equipo hubo perfiles variados, algunos dedicados a la Ingeniería, otros a la Matemática pura, y otros a la didáctica de la Matemática.

Las actividades apuntaron a que los estudiantes primero se familiarizaran con el juego, y que luego desarrollaran una estrategia ganadora que permitiera apagar todas las luces a partir de una configuración inicial, que investigaran qué sucede si se cambia la configuración a la opción Toro y analizaran si es necesario apretar las celdas más de una vez en las posibles soluciones y, si el orden en que se presionan las celdas es importante o da el mismo resultado, elaboraran un archivo compartido con los integrantes del grupo en el cual registren y den cuenta de todo lo realizado, retiraran del laboratorio placas de 4X4 donde está programado el juego y lo conectaran para poder jugar, estudiaran un material elaborado por los docentes para conectar la placa.

Análisis de la práctica

Dimensión: Proyección de la práctica a futuro

Propuesta de proyección y sostenibilidad de la práctica a futuro; descripción de eventuales ajustes y modificaciones de la práctica para futuras implementaciones.

En futuras implementaciones, se espera profundizar en que lo respecta a la programación en Arduino, pero también en el análisis de los resultados. El equipo de trabajo que llevó a la práctica esta propuesta, se encuentra planificando un análisis cuantitativo estadístico con grupo control y experimental, con la finalidad de poder describir con mayor certeza en qué medida esta intervención contribuye en los aprendizajes del Álgebra lineal. Por otro lado se espera involucrar más actores para el diseño de prácticas similares, utilizando metodologías activas de enseñanza.

En lo que respecta a la sostenibilidad de esta práctica, la misma es realizada por docentes de alta dedicación en la Universidad Católica del Uruguay, siendo los costos totales muy bajos (destinados a las placas de Arduino) y son costeados por el Departamento de Ingeniería.

Del cuestionario de valoración de la propuesta, por parte de los estudiantes, se obtuvieron los siguientes porcentajes: el 73% valoró la propuesta como interesante o muy interesante y en un mismo porcentaje entienden que es necesario conocer aplicaciones de la Matemática. Se destaca que el 80% prefiere el trabajo cooperativo ante el individual. Un 83% estuvo de acuerdo con el que el juego aportó para aprender los contenidos de la asignatura, y un 65% indicó que el juego promovió un pensamiento complejo al diseñar diferentes estrategias ganadoras. Un 58% expresó que con la propuesta pudo realizar conexiones entre programación y el Álgebra lineal. Por último, un 80% indicó que es importante apreciar que los profesores de distintos departamentos trabajen juntos. La valoración de los estudiantes es alentadora y motivan a este equipo a continuar implementando esta actividad.

¿Por qué el juego Lights Out!?

Las dos versiones estudiadas del juego (modo toro y no toro), presentan soluciones generales diferentes. En cualquier caso, los estudiantes deben ser capaces de escalar una matriz ampliada asociada a un sistema de ecuaciones, teniendo en cuenta además que, por la condición del cambio de estado de un botón (1 o 0), tiene que tomarse $1+1=0$. Además, deben analizar la naturaleza de los sistemas de ecuaciones, aplicando el teorema de Rouché Frobenius, abordado en clase.

La escalarización y clasificación de un sistema de ecuaciones es clave en el curso de Álgebra lineal, ya que

serán las herramientas matemáticas a través de las cuales los estudiantes estudiarán los demás contenidos del curso (posiciones entre rectas en el espacio, entre planos, y entre recta y plano, intersección de subespacios, dependencia e independencia lineal de vectores, núcleo e imagen de una transformación lineal, vectores y valores propios de una matriz, entre otros).

Dimensión: Apreciación global de la práctica

Análisis de cumplimiento de objetivos de la práctica

Los objetivos fueron logrados ampliamente en los siguientes sentidos:

- Se logró llevar a cabo metodologías activas de enseñanza (trabajo cooperativo y gamificación) en un curso de Matemática, mostrando una de sus aplicaciones en áreas de interés de los estudiantes.
- Profesores de distintos departamentos diseñaron la propuesta en forma conjunta, mostrando también la posibilidad de trabajar cooperativamente.
- Los resultados de aprobación fueron altos en porcentaje, constatando que en las pruebas individuales, los estudiantes lograron habilidades centrales del Álgebra lineal como escalar una matriz y resolver un sistema de ecuaciones.
- Se logró utilizar la programación en la asignatura Álgebra lineal en un contexto extramatemático y lúdico.

Evaluación reflexiva sobre la práctica implementada, con énfasis en su potencial de transformación

La práctica está enmarcada en una metodología activa como es la Gamificación. Varias investigaciones dan cuenta de la importancia del juego en la mejora de los aprendizajes.

Se pretende redactar un artículo de investigación sobre la puesta en práctica de la propuesta, y someterlo a evaluación en una revista de enseñanza de la Matemática.

La práctica implementada, que consiste en hacer un programa en Python para modelar y resolver el juego Lights Out! utilizando Álgebra Lineal, ha sido una experiencia interesante y enriquecedora para nuestro equipo de trabajo. A través de este ejercicio, hemos podido aplicar los conceptos teóricos aprendidos en Álgebra Lineal a un problema práctico y real.

Desde el punto de vista de su potencial de transformación, esta práctica ha demostrado ser muy valiosa en varios aspectos. En primer lugar, le permitió al estudiante comprender mejor cómo los conceptos matemáticos aplicándolos en situaciones concretas, ayudando a fortalecer el pensamiento analítico y habilidades de resolución de problemas. En segundo lugar, al utilizar Python como herramienta para implementar la solución, hemos mejorado nuestras habilidades de programación y capacidad para trabajar con algoritmos. Esto nos ha brindado una visión más amplia sobre cómo combinar diferentes disciplinas para resolver desafíos complejos.

La colaboración en equipo fue un factor clave durante el proceso, ya que nos enfrentamos a diversos obstáculos y desafíos que requerían del aporte y la creatividad de cada miembro. La interacción y discusión constante permitieron abordar el problema desde diferentes perspectivas y encontrar soluciones innovadoras.

En cuanto a los resultados obtenidos, es importante destacar que el rendimiento del grupo que realizó los ejercicios con el programa implementado fue muy bueno en comparación con el grupo de control, que no utilizó esta herramienta. Esto evidencia el valor añadido de aplicar Álgebra Lineal mediante el programa en Python para resolver problemas complejos como el juego Lights Out!

En resumen, la práctica de implementar un programa en Python para resolver el juego, utilizando Álgebra Lineal ha sido una experiencia altamente positiva. Ha mejorado las habilidades de los estudiantes en Matemática, programación y trabajo cooperativo, demostrando su potencial para transformar la forma en que abordamos y resolvemos problemas en diversos campos. Estamos emocionados por seguir aplicando

estos conocimientos adquiridos en futuros proyectos y retos académicos y profesionales.

Documentos

[— Postulación Artigue Gak](#)

[— Postulación Artigue Gak 2](#)

©2023

Centro Interuniversitario de Desarrollo - CINDA

Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0.