

AGENT OF AMPERES: GAMIFICACIÓN EN ASIGNATURAS DE MERCADOS Y SISTEMAS ELÉCTRICOS

Araceli Hernández¹, Pablo Rodríguez¹, José Miguel Riquelme¹, Hugo Rocha¹, Rafael Asensi¹, Rosa M^a de Castro¹, Mohamed Izzeddine¹, Sergio Martínez¹, Juan Ignacio Pérez² y Manuel Chazarra³

1: Grupo de Innovación Educativa en Electrotecnia
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: araceli.hernandez@upm.es

2: Grupo de innovación educativa HIDEN

3: Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica, Energía y Medio Ambiente
Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid

Resumen. *Este proyecto tiene como objetivo integrar la dinámica de juego en varias asignaturas de Mercados Eléctricos y Sistemas Eléctricos impartidas en la ETSI Industriales y en la ETS Caminos Canales y Puertos, a fin de permitir a los estudiantes comprender mejor las reglas que regulan el funcionamiento del mercado eléctrico y entender su forma de operar bajo diferentes escenarios, a la vez que se aprovechan las virtudes del juego para potenciar la motivación y el interés de los alumnos por la materia.*

Palabras clave: Gamificación, Mercados Eléctricos, Aprendizaje Activo, Competencias transversales.

1. Introducción

La gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo con el fin de mejorar la adquisición de conocimientos o de competencias. El aprendizaje basado en juegos, gracias a su carácter lúdico, facilita la interiorización de estos conocimientos de una forma más divertida con lo que genera una experiencia positiva en los estudiantes. Esto consigue motivarles y desarrollar un mayor compromiso así como incentivar el ánimo de superación.

En particular, en las asignaturas de mercados o sistemas eléctricos el juego permite:

- Simular la interacción entre diferentes agentes (jugadores) que participan con estrategias individuales.
- Comprender el comportamiento y la dinámica del mercado entendiendo que los diferentes agentes pueden realizar sus ofertas con motivaciones diferentes que lleven a un distinto resultado colectivo del mercado.
- Analizar el efecto de la modificación de algunas reglas de mercado (por ejemplo, el sistema de fijación de precios) en los resultados del mercado obtenidos (por ejemplo, en los precios resultantes y en las ganancias).

2. Descripción y objetivos del proyecto realizado

En la ETSI Industriales y en la ETSI Caminos se imparten varias asignaturas en las que se estudia la estructura y el funcionamiento de los mercados eléctricos y los algoritmos de optimización utilizados para la elaboración de ofertas de venta de energía por parte de una empresa de generación y para la determinación del programa y precio resultante por parte del operador del mercado. Esos mercados, en las últimas dos décadas, han experimentado cambios muy drásticos evolucionando desde un enfoque muy regulado y monopolístico, hacia un mercado liberalizado donde existen múltiples agentes que operan en competencia vendiendo y comprando energía eléctrica.

Este proyecto persigue integrar la dinámica de juego en estas asignaturas a fin de permitir comprender mejor las reglas del mercado y entender su funcionamiento, a la vez que se potencia a través del juego la motivación y el interés de los alumnos por los mercados eléctricos.

El juego que se propone integrar en las asignaturas, explicado de forma muy básica, consiste en que:

- Cada alumno o grupo de alumnos representa una compañía de generación eléctrica que persigue una estrategia de maximización de beneficio y que, por lo tanto, compite con el resto en el mercado de generación de la electricidad.
- Los diferentes jugadores (que son ahora agentes del mercado) toman decisiones de inversión y de venta de energía eléctrica aplicando una estrategia individual y teniendo en cuenta tanto los beneficios a corto plazo, como la amortización de las inversiones realizadas.
- En una plataforma de simulación, se procesan los resultados derivados de las ofertas que realiza cada uno de los jugadores y se obtienen los resultados del mercado y la retribución que significa para cada uno de ellos.
- De acuerdo al beneficio obtenido que resulta de las ventas de energía eléctrica en el mercado tras una serie de rondas, se establecen los resultados del juego.

Los objetivos que se persiguen en este proyecto son:

- (i) Introducir juegos que simulen el funcionamiento de los mercados eléctricos a través de la participación de los jugadores (estudiantes) como diferentes agentes del mercado.
- (ii) Favorecer el aprendizaje de los alumnos sobre los efectos de las restricciones y reglas del mercado eléctrico en sus decisiones de venta de energía y sus beneficios a través de la dinámica del juego.
- (iii) Mejorar la motivación y seguimiento por parte de los alumnos en las asignaturas involucradas aprovechando el carácter lúdico de la gamificación.

3. Fases y actuaciones realizadas

El desarrollo del proyecto se ha estructurado en cuatro fases que se describen a continuación:

Fase 1: Análisis de alternativas de diferentes juegos disponibles

Existen diferentes herramientas de simulación del mercado eléctrico basadas en una mecánica de juego que, en su mayoría, han sido desarrolladas por departamentos

o grupos de profesores de prestigiosas universidades con un fin didáctico y lúdico a la vez. El primer paso de este proyecto ha consistido en analizar los diferentes juegos sobre mercados eléctricos que existen disponibles actualmente.

Entre otros se han analizado los siguientes:

- ITEM-game [1], Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- The electricity strategy game [2], desarrollado por la Universidad de Berkeley,
- Energy Market Game [3] realizado en la Universidad de Standford
- TU Delft [4]

Los juegos mencionados son de libre distribución y, en todos los casos, simulan el comportamiento del mercado eléctrico con algunas diferencias entre ellos en el grado de detalle que son capaces de reproducir o de las condiciones que pueden tener en cuenta. En particular, en esta fase se ha tratado de:

1) Realizar una exploración de herramientas y analizar su disponibilidad.

2) Identificar cuál (o cuáles) son las que más se adaptan a las asignaturas y objetivos del proyecto.

3) Realizar rondas de juego entre los profesores del proyecto, que permitan conocer de cerca los detalles de cada herramienta, tanto desde el punto de vista del jugador como del administrador.

Este proceso ha servido para seleccionar las herramientas o aplicaciones que se pueden usar en cada asignatura del proyecto. La Tabla 1 resume los juegos analizados y las principales conclusiones alcanzadas.

	ITEM Game (Lisboa)	Berkeley	Stanford	Delft
Disponibilidad	Actualmente no disponible. A espera de noticias por parte de los responsables.	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a juego disponible gratuitamente. • Necesidad de Software (STATA) de pago (595\$ con licencia educacional, 198\$ con licencia de estudiante). 	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a juego <u>totalmente gratuito</u>. • Disponibilidad alta de los desarrolladores del juego. 	<ul style="list-style-type: none"> • Software disponible. • Una prueba para 15-25 alumnos: 1000€. • En caso de querer más pruebas el precio aumentaría.
Características del juego	Interfaz muy amigable	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación: Siete equipos. • Juego con unas características muy similares al de Stanford. • Diferencia: el tratamiento estadístico de los datos con el programa STATA de pago 	Limitación: Siete equipos. Distintos tipos de juego: <ul style="list-style-type: none"> • Normal (precio marginal) • Pay as bid • Con restricciones de congestión de transporte de energía entre dos zonas. • Con tasas de CO2 Interfaz no muy agradable e incómoda. Se obtienen pocos datos y poco claros en ficheros csv: necesario tratamiento para obtener resultados claros de cómo ha ido la ronda.	<ul style="list-style-type: none"> • Cinco equipos (2-5 integrantes por equipo). • Acciones de los equipos por ronda: desmantelamiento o inversión en plantas. • Operador: mercado CO₂ y tasa de carbón. • El juego se desarrolla durante un tiempo largo (un cuatrimestre) y los alumnos suelen desarrollar sus propios Excels para decidir qué inversiones son mejores, cuánto conviene generar, etc. • Buena interfaz y bastantes opciones. • Posibilidad de una prueba gratuita

Tabla 1: Comparación y características de los juegos analizados en la Fase 1.

A la vista de los resultados obtenidos en esta fase, se ha optado por utilizar el software desarrollado por la Universidad de Stanford [3].

Fase 2: Estudio y preparación de la integración del juego en las asignaturas:

En esta fase se han abordado las siguientes tareas:

- Análisis de integración del juego con los contenidos de las asignaturas. Se han valorado las distintas modalidades y opciones del juego seleccionado. En el curso 18-19 se ha optado por utilizar la modalidad de juego base y la versión “*pay as bid*” del juego. Para el futuro se ha previsto utilizar también las modalidades con congestión y participación en mercados de futuros.
- Se ha decidido la programación temporal del juego de forma que fuese acorde con la programación de la asignatura.
- Se ha establecido la forma de evaluación de la participación en el juego y su integración en la evaluación de la asignatura.
- Se ha decidido la forma de competición optando por que este se realice de en equipo y estableciendo la composición de dichos equipos.
- Se ha elaborado el material que ha servido para presentar el juego a los alumnos. Este trabajo se ha realizado con ayuda de un becario y ha supuesto una de las mayores cargas de trabajo del proyecto dadas las características del juego utilizado. Dicho juego genera ficheros tipo .csv muy poco amigables para el análisis de los datos obtenidos. Por ello, se han elaborado una serie de macros de Excel que, para las diferentes modalidades del juego, permiten un procesado mucho más cómodo de los resultados obtenidos por los jugadores para propiciar el análisis de la estrategia y la obtención de conclusiones en clase de una forma intuitiva y que facilite la valoración.
- Además, se ha elaborado un documento de normas y un guión para familiarizar a los alumnos con el entorno de trabajo de la herramienta de juego seleccionada.

Fase 3: Implementación del juego:

Durante esta fase, se ha desarrollado el juego propiamente dicho entre los alumnos. Este desarrollo se ha realizado en la asignatura de Mercados Eléctricos del del Máster en Ingeniería Eléctrica que se imparte durante el segundo semestre del curso. Esta previsto implementarlo también durante el primer semestre del curso 2019-20 en la asignatura Sistemas Eléctricos de Grado en Ingeniería de Organización y en el segundo semestre del curso 2019-2020 en la asignatura Análisis de Sistemas Hidroeléctricos del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Esta fase ha comprendido las siguientes tareas:

- Administración del juego por parte de los profesores
- Desarrollo y seguimiento del juego: participación de los alumnos, incidencias ocurridas, gestión de dudas, etc.
- Además, a la finalización del juego los alumnos han entregado un informe de conclusiones explicando la estrategia seguida, valorando su idoneidad a la vista de los resultados obtenidos y evaluando los beneficios obtenidos por la compañía de generación que representan en comparación con sus compañeros

Fase 4: Análisis de resultados

La fase 4 de análisis de resultados está ahora mismo en curso y no se ha completado todavía. En esta fase se realizará un análisis de los resultados obtenidos, por un lado, en lo referente a la satisfacción de los alumnos y, por otro, en relación con la satisfacción de los profesores y con la consecución de los objetivos de aprendizaje previstos.

Además, se evaluarán los resultados obtenidos del propio juego: cómo ha funcionado el mercado, qué tendencias se han visto, cuáles han sido las motivaciones de los participantes en su estrategia de mercado, conclusiones sobre el efecto de las reglas del mercado en el resultado del mismo.

Por último, a partir de la experiencia realizada, de los resultados de las encuestas y de las lecciones aprendidas, se establecerá un plan de mejoras para el futuro y se propondrá la guía docente para la implantación definitiva en el 20-21 recogiendo dichas mejoras.

4. Extensión y trabajos futuros

A pesar de no haberse culminado la fase 4 del proyecto de análisis de resultados, los resultados previos obtenidos y la experiencia realizada han permitido identificar algunos aspectos que en los que sería deseable trabajar en el futuro.

En particular, se ha iniciado la programación del desarrollo de una herramienta propia que permita realizar el juego de mercado, al menos en las modalidades más básicas y que no tenga las limitaciones de las herramientas disponibles encontradas. La más importante de estas limitaciones es el hecho de que el número máximo de equipos que pueden jugar simultáneamente es de siete equipos. Este número, si bien es adecuado en algunas de las asignaturas previstas, se queda claramente corto para asignaturas como Mercados Eléctricos del Grado en Ingeniería de la Energía, donde el número de alumnos es muy elevado (alrededor de 80 alumnos). Hasta ahora, se ha desarrollado una plataforma básica que permite simular el mercado sin esta limitación y esta previsto que durante el curso 19-20 este software se mejore a través de la realización de un Trabajo Fin de Grado.

Por otra parte, y aunque en este curso únicamente se han utilizado las versiones básicas del juego, está previsto que en el curso 19-20 se utilicen también versiones más avanzadas del juego (considerando congestión, emisiones de CO₂, participación en mercados de futuros). Para ello, ya se ha trabajado en el desarrollo de las macros requeridas para el tratamiento de los datos generados en cada partida del juego.

5. Conclusiones

En este proyecto de innovación educativa se ha implantado la dinámica de “juego” para permitir a los alumnos comprender el funcionamiento de los mercados eléctricos. A través de este juego, los alumnos han sido capaces de simular la interacción entre diferentes agentes (jugadores) del mercado que participan con estrategias individuales de venta de su energía en dicho mercado. Esto les ha permitido comprender el comportamiento y la dinámica del mercado y analizar el efecto de la modificación de algunas reglas de mercado (en particular el sistema de fijación de precios) en los resultados del mercado obtenidos.

Si bien aún no se han analizado los datos cuantitativos que lo contrasten, la impresión obtenida por los profesores integrantes del proyecto, es que esta iniciativa a servido para mejorar la comprensión de los mercados eléctricos por parte de los

alumnos pero, fundamentalmente, para conseguir hacerlo de una forma más participativa, divertida y motivadora para ellos. Por ello, la valoración del proyecto por parte de los profesores es muy positiva.

En los próximos cursos se ahondará en la implantación de las herramientas desarrolladas en diferentes asignaturas y estas dinámicas de juego tendrán un peso mayor en la asignatura en la que ya se ha implantado en el curso actual.

Referencias

- [1] ITEM-Game. Investment and Trading in Electricity Markets. <http://www.item-game.org/>, May 2012.
- [2] ESG. The Electricity Strategy Game. Haas School of Business at University of Berkeley. <https://esg.haas.berkeley.edu/home/about>, November 2018.
- [3] Energy Market Game. Program and Energy and Sustainable Development (PESD) at Stanford University. <http://www.energymarketgame.org/>, November 2018.
- [4] L. J. De Vries, E. Subramahnan and E. J. L. Chappin, "A power game: simulating the long-term development of an electricity market in a competitive game," 2009 Second International Conference on Infrastructure Systems and Services: Developing 21st Century Infrastructure Networks (INFRA), Chennai, 2009, pp. 1-6.