

- Capítulo 1 -

## Juego de teoría de juegos

### Autor

**José Wilmar Quintero Peña**, Economista con Maestría en Economía del Colegio de la Frontera Norte; estudios de Maestría y Doctorado en Política y Gestión del Cambio Tecnológico del Instituto Politécnico Nacional- IPN- México. Experiencia en planeación, asesoría, creación de indicadores económicos y financieros; así como con destrezas en elaboración de proyectos, investigaciones y uso de métodos cuantitativos relacionadas con la economía de la educación, innovación industrial, el cambio tecnológico, la competitividad y la economía del conocimiento.

*Correspondencia:* [jquinterop@poligran.edu.co](mailto:jquinterop@poligran.edu.co)

## Resumen

La Teoría de Juegos (TJ) se ha desarrollado en diversos ámbitos de las Ciencias Sociales, desde la política hasta los negocios; sin embargo, son pocos los simuladores o herramientas tecnológicas creadas para su estudio. El objetivo del simulador es proporcionar al estudiante una inmersión a los conceptos fundamentales de la TJ, que son claves para estudiar las interacciones de las decisiones entre los agentes involucrados, donde los resultados dependerán de las decisiones del otro jugador. Con la experiencia de un simulador de TJ con ejercicios interactivos, los estudiantes tendrán la oportunidad de realizar una inmersión en los conceptos fundamentales que incluyen: una introducción, el equilibrio de Nash, dominancia, estrategias mixtas, juegos dinámicos, y juegos repetidos. Con base en criterios de programación que cumplan con los supuestos y requerimientos en cada uno de los juegos, se diseña un conjunto de ejercicios que incluye situaciones presentes en los procesos de negociación.

**Palabra clave:** Teoría de juegos, procesos de negociación, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en juegos, juego serio.

## Introducción

Según Pascual, Galán, Izquierdo, Santos, Izquierdo, Tapia (2009, 2) “La palabra “juego” en Teoría de Juegos no se utiliza en su acepción de “actividad lúdica”, sino como un modelo de interacción social en el que las decisiones de unos individuos influyen en los resultados obtenidos por los otros”. Para este capítulo es fundamental esta aclaración porque se debe separar el juego interactivo como herramienta didáctica propuesta para mejorar la comprensión, de la teoría de juegos (TJ) y la TJ como área de estudio.

El estudio de los negocios podría ir orientado en múltiples caminos, se podrían analizar las mejores estrategias para iniciar un negocio; las decisiones que se deben tomar para implementar la innovación en la firma; dado un poder de mercado la forma en la que se debe posicionar en el mismo, la base

tecnológica que se necesita para optimizar la empresa; el servicio al cliente y demás componentes de la gestión organizacional. También se podría trasladar a nivel de individuos como, por ejemplo: si realizar las tareas del curso de TJ, pasar el fin de semana estudiando para su próximo examen de TJ o realizando actividades de entretenimiento. Dado los problemas de escasez, los individuos y las empresas deben tomar elecciones, y cuando se realiza una elección, se escoge entre las alternativas disponibles, lo que genera interacciones entre los agentes económicos.

Ya que los agentes son parte de un complejo número de interacciones, cualquier decisión tomada por un agente va a impactar a otros que interactúan directa o indirectamente. No obstante, es necesario tener estas interacciones con el fin de evitar resultados no deseables.

El objetivo del simulador es proporcionar al estudiante una inmersión en los conceptos fundamentales de la TJ, fundamentales para estudiar las interacciones entre las decisiones de los agentes involucrados, donde los resultados dependerán de las decisiones del otro jugador.

La TJ es una rama de la microeconomía enfocada en la adecuada toma de decisiones de acuerdo con las posiciones de negociación que presentan los otros jugadores, por lo tanto, se emplea en procesos de negociación con las otras personas. Una de las estrategias más empleadas educativamente para aplicar la teoría de juegos en las aulas de manera práctica es situar a los estudiantes en un problema y que ellos mismos tomen decisiones interactuando entre sí, para luego comparar las decisiones.

Este proyecto consiste en el diseño, montaje, programación y desarrollo de un juego interactivo en TJ para estudiantes de la modalidad virtual, lo que complejizó el proyecto debido a conseguir un estudiante que pudiese lograr que los demás se motiven e inspiren a aprender más sobre el tema, en el sentido de que el estudiante se apropie del tema. Por ejemplo, es de esperar que el estudiante entienda de forma clara conceptos importantes, tales como el equilibrio de Nash.

# Marco Teórico

## Problemática que atiende

La teoría de juegos es uno de los cursos más complejos de dictar; en muchos casos es un módulo teórico de matemáticas avanzadas de difícil comprensión para el estudiante. Según Jiménez y Montijano (2006, "La enseñanza de la Teoría de Juegos requiere la exposición y explicación de conceptos teóricos muy abstractos, difíciles de entender por los estudiantes").

Por lo tanto, se requieren estrategias pedagógicas bien estructuradas que permitan al estudiante aplicar la teoría para que apropie su utilidad y pueda aplicarla o que vea un uso real en su quehacer profesional. En algunos casos los docentes proponen a sus estudiantes situaciones o casuísticas empresariales para que ellos tomen decisiones; en otros, se emplean juegos de mesa como el monopolio para que los estudiantes ejemplifiquen situaciones propicias para aplicar la teoría. Estas estrategias pretenden que los estudiantes participen activamente en el proceso y comprendan con mayor facilidad los conceptos teóricos.

La mayoría de las estrategias pedagógicas para enseñar la teoría de juegos están pensadas para escenarios presenciales donde los estudiantes de manera inmediata pueden intercambiar información y jugar, al ser -como asegura (Monsalve, 2003)- una teoría de decisiones interactivas donde se estudia el comportamiento estratégico de dos o más individuos cuando interactúan y cómo las decisiones individuales resultantes dependen de lo que los otros hagan.

Significa entonces que la dinámica del juego cambia según las decisiones de los individuos, por lo tanto, es de alta complejidad crear herramientas didácticas mediadas por tecnología que prevean lo que las personas van a decidir, se requiere de algoritmos de inteligencia artificial capaces de aprender y con medios probabilísticos determinar la decisión a tomar, y aun así es posible que el individuo tome otra determinación.

El problema central para el desarrollo de este proyecto era buscar un elemento didáctico que favoreciera el aprendizaje de la teoría de juegos propuesta por Nash, mediada con una herramienta tecnológica para estudiantes de modalidad virtual. Después de un proceso de diseño pedagógico y la hibridación de diversas estrategias pedagógicas, un trabajo arduo con un equipo

interdisciplinario del Laboratorio de Experiencias de Aprendizaje Inmersivo - LEAI, el software resultante les ofrece a los estudiantes una serie de problemas, cada uno de ellos con preguntas que debe resolver; la programación está hecha para cambiar ciertos parámetros, lo que hace que el juego sea diferente para cada jugador. El estudiante debe analizar y dar respuesta, cada jugada consta de dos problemas y se centra en un tipo de juego propio de la teoría, como el dilema del prisionero, estrategias de mercadeo, oligopolio, etc. Cada jugada tiene límites de tiempo y cuando cierra retroalimenta al estudiante según su desempeño. Como el estudiante en el transcurso del módulo participa en diversos tipos de juegos abarca los temas del sílabo y refuerza de manera interactiva la teoría vista en sus materiales.

## Antecedentes

Los simuladores son un buen camino para introducir conceptos económicos claves en los estudiantes que se forman como economistas de manera virtual, a la vez que permiten entender cómo los conceptos presentes en la Teoría de Juegos (TJ) son útiles para explicar el comportamiento de los agentes económicos racionales. Además, permiten tener en cuenta las limitaciones de los supuestos de homo economicus. Por ejemplo, Thisgaard y Makransky (2017) realizan una evaluación del uso de simuladores para el caso de la biología respecto al aprendizaje tradicional, y encuentran que se incrementa el conocimiento sobre la evolución significativamente respecto a la formación tradicional; las diferencias en las habilidades no cognitivas no fueron significativas, sin embargo, mejora la *"self-efficacy"* -concepto subjetivo donde el estudiante evalúa su habilidad para apropiarse de un tópico cualquiera-. Los experimentos en el estudio de la Economía han crecido recientemente, principalmente la literatura muestra que los casos se enfocan en el juego del ultimátum -aceptar o rechazar la propuesta del otro jugador- lo que incluye una interacción entre los jugadores; la mayoría son juegos realizados en las clases de TJ o negociación.

Buena parte de los experimentos se realizan con estudiantes universitarios que tratan de encontrar problemas de racionalidad limitada; Jiménez y Montijano (2006) realizaron un experimento en el cual los mismos estudiantes son los decisores que interactúan entre sí. Lo realizan en distintos tipos de juegos, tales como el dilema del prisionero repetido, bienes públicos, juego del ultimátum y *"beauty contest game"*. Posteriormente, se analiza la situación

desde el punto de vista teórico y se contrastan las decisiones tomadas por los alumnos con las predicciones teóricas y los resultados estadísticos del grupo de estudiantes. Concluyen que los alumnos participaron activamente en el proceso de enseñanza y aprenden con mayor facilidad y rapidez los conceptos teóricos de la materia.

En esta misma línea, pero de manera virtual, Suárez, M. y Sandoval, M. (2012), muestran el diseño y evaluación de un experimento del laboratorio virtual "PsikonomicLab", con la participación de 147 estudiantes de dos Universidades colombianas: Distrital Francisco José de Caldas y Fundación Universitaria Konrad Lorenz, con un promedio de edad de 22 años, pertenecientes a los programas de Ingeniería de Sistemas, Matemáticas, Negocios Internacionales y Psicología. Los estudiantes se enfrentaban a un conjunto de situaciones económicas planteadas por supuestos de racionalidad acotada, al dilema del prisionero y al juego del ultimátum. Los resultados de este estudio son similares a aquellos derivados de estudios previos no virtuales. Encontraron una tendencia al rendimiento medio en la racionalidad de las decisiones, donde casi el 50% respondió con un nivel de racionalidad superior a las diferentes situaciones, siendo mayor la tendencia al nivel medio. En el juego del ultimátum se muestran lo contrario al esperado, inclinando la balanza una vez más hacia el lado de la irracionalidad.

Sin embargo, existen otros espacios y poblaciones donde se realizan experimentos económicos, como guarderías o suscriptores a periódicos, que permiten evitar los sesgos de selección cuando se realiza únicamente con población estudiantil.

Por ejemplo, Wittig (2013) realizó experimentos con niños de 5 años o menos, analizando el concepto de justicia; encontraron que los niños de esa edad entienden por justicia una división 50/50. Dado que a esa edad no han desarrollado las habilidades cognitivas suficientes cuando les ofrecen una oferta mayor o menor, pues estos pueden distinguir que los diferenciales en las propuestas diferentes al 50/50, se deben a los esfuerzos realizados.

Por su parte, Güth, Schmidt, y Sutter (2007) realizaron un experimento con los suscriptores al semanario Die Zeit en Alemania, mediante el juego del ultimátum con tres jugadores; en primer lugar, hay un proponente que pretende repartir una cantidad monetaria, luego los otros dos jugadores tienen la opción de aceptar o rechazar la propuesta, en caso de aceptar cada uno recibe lo correspondiente, mientras si rechazan, todos reciben cero. Encuentran que

la edad y el sexo son relevantes en el comportamiento y las decisiones que han tomado; en particular: las personas mayores se preocupan más por la equidad cuando proponen o rechazan distribuciones desiguales y las mujeres son más generosas en sus ofertas y menos propensas a la aceptación de propuestas injustas.

En México, Arceo, Campos y Vázquez (2018) condujeron un experimento controlado con 404 personas mediante los juegos del ultimátum y la negociación salarial, y encuentran que la composición de género del juego resulta relevante para estudiar el proceso de negociación. Cuando se conoce el sexo del respondiente, las mujeres muestran “solidaridad” al ofrecer un mejor salario a mujeres que a hombres trabajadores y que las mujeres rechazan menos ofertas que los hombres, especialmente en el juego del ultimátum.

Otros autores han realizado experimentos que pretenden analizar las diferencias culturales a la hora de efectuar interacciones entre personas de la India y estadounidenses. Encuentran grandes diferencias en la toma de decisiones en el juego del ultimátum, se investiga si los valores sociales de los participantes de cada cultura pueden explicar al menos parcialmente las diferencias observadas en el comportamiento. Se encuentra que es posible identificar automáticamente la cultura de los jugadores a partir del comportamiento de su juego y predecir sus próximas decisiones en diferentes etapas de un juego repetido.

Bashiru (2015), mediante programación lineal formula las estrategias óptimas para las dos empresas de telecomunicaciones más populares de Ghana; el objetivo es modelar la respuesta del consumidor ante los servicios ofrecidos por los empleados de los dos operadores más importantes de telefonía móvil. Usando TJ determinan las estrategias óptimas, mediante el algoritmo *Lemke Howson Algorithm* - algoritmo que computa el Equilibrio de Nash en juegos de bimatrices-. Los resultados tienen implicaciones de estrategia comercial, ya que sugieren que el grupo de telecomunicaciones MTN, debería impulsar el servicio de transferencia de dinero- MTN Money-, pues supera las otras estrategias. En la misma línea de utilidad industrial, existe un proyecto para simular el funcionamiento del mercado eléctrico en las ofertas de bolsa de energía, propuesto por Villar (2002) donde el usuario simula el comportamiento de los agentes de mercado; la herramienta emplea los juegos no cooperativos como el oligopolio de Cournot y el equilibrio de Nash. Se simula el comportamiento de las generadoras térmicas y un algoritmo interactivo para encontrar el equilibrio de Nash.

Por su parte, existen simuladores con grados importantes de programación, como el de Giraldo y Gómez (2012), que mediante algoritmos complejos como Genéticos y Particle Swarm Optimization (PSO) resuelven el dilema del prisionero iterado en juegos evolutivos no cooperativos. Establecen un ambiente de simulación donde se verifican las estrategias ganadoras utilizando un enfoque de programación por bloques o a través de un lenguaje específico de dominio textual.

En lo referente a herramientas didácticas, se encuentran enfocados en juegos específicos, empezando con Pascual et al (2009) que propone una herramienta online que permite experimentar con dos juegos clásicos en la Teoría de Juegos: el Dilema del Prisionero y la Tragedia de los Comunes. Dicha herramienta se puede encontrar en el siguiente vínculo:

*[http://www.insisoc.org/tragedia\\_de\\_los\\_comunes.html](http://www.insisoc.org/tragedia_de_los_comunes.html)*

En el vínculo: <http://www.gametheory.net/applets/> se presenta un material de simulación. El estudiante se enfrenta al dilema del prisionero, donde él es uno de los jugadores y se enfrenta a 20 rondas con cada oponente (cinco), luego se muestran los resultados obtenidos con base en las decisiones del estudiante. En segundo lugar, se puede encontrar un apartado donde es posible hallar el Equilibrio de Nash y las estrategias dominantes presentes en el juego. También muestra el caso de las estrategias mixtas. Finalmente, se muestra una situación del dilema del prisionero repetido, donde dos jugadores: un residente local y un invasor, presentan las estrategias: cooperar o no cooperar; y se tienen en cuenta las decisiones de un periodo anterior. Los anteriores juegos interactivos se encuentran acompañados de material complementario como guías, pruebas, etc.

En la misma línea de ofertas interactivas en la web, en el vínculo <https://www.zweigmedia.com/MundoReal/gametheory/games.html> se pueden insertar diferentes pagos en una matriz 5x5, donde se interactúa con la computadora, y se presentan varias opciones: ajustes (mostrar estrategias por renglón o columna), acciones (dominancia, puntos de silla y solución al juego), el estatus (indica en qué momento se puede jugar) y finalmente aparecen los resultados obtenidos.

En otros vínculos se muestran simulaciones puntuales de un juego, como el de la evolución de la confianza (ver <https://ncase.me/trust/>), que consiste en una variación del dilema del prisionero donde el jugador 1 elige poner una

moneda en una ranura e igual opción tiene el jugador 2, pero en otra máquina. Se asume que no se pueden comunicar entre ellos. Para cada jugador poner la moneda en la ranura implica que el otro jugador recibirá una cantidad de 3 monedas. A partir de lo anterior se debe elegir cuál es la mejor estrategia para cada jugador.

Simulador con características similares se encuentra en: <http://academic.hbsp.harvard.edu/negotiator>, allí los estudiantes identifican patrones en la estrategia de negociación jugando contra la computadora (Modo de práctica) y luego aplican esas elecciones en una negociación grupal de ritmo rápido (Modo de juego). En el modo de práctica, cada estudiante y una contraparte computarizada deciden si “cooperan” o “compiten” simultáneamente. Después de algunos movimientos, el estudiante intenta identificar cuál de las 8 posibles estrategias de negociación está jugando la computadora. Luego, en grupos de 4 estudiantes, juegan un ejercicio de dilema de prisionero acelerado. Cada ronda es cronometrada y los estudiantes eligen si cooperar o competir con el objetivo de maximizar sus propios puntajes individuales. Esta simulación clásica se juega en 10 rondas rápidas, con bonificaciones opcionales que presentan valores de puntos más altos y sesiones de chat grupales.

## **Estrategia de enseñanza**

Según Suárez, et al. (2012), en la vida actual todos los aspectos tienden a involucrar cada vez más elementos tecnológicos y virtuales para los procesos normales de cotidianidad, por lo que se hace imprescindible afianzar la utilización de estos espacios para generar conocimiento cada vez más profundo en las diferentes disciplinas.

El uso de las TIC juega un rol importante y fundamental en el desarrollo de la educación superior, como lo establece Skryabin, Zhang, Liu y Zhang (2015), quienes muestran que la integración de las TIC en el sistema escolar cubre tres niveles: primero, el soporte y la infraestructura del sistema escolar; en segundo lugar se hace referencia al uso de las tecnologías inmersivas como los juegos serios y el impacto que tiene en el logro escolar; y en tercer lugar, el uso de herramientas y su influencia en la motivación y efectividad en el aprendizaje. En ese sentido, el juego propuesto en este proyecto se enfoca en el segundo nivel de integración, ya que los estudiantes van a usar parte del desarrollo del módulo virtual resolviendo interacciones estratégicas mediante ejercicios

interactivos centrados en la solución de problemas. Recientemente se ha incrementado el aprendizaje a través de: juegos aplicados, juegos basados en el aprendizaje, ejercicios interactivos, video juegos, y consolas. Como lo muestran Vlachopoulos y Makri (2017), los resultados son mixtos en diversas dimensiones tales como: cognitivas, no cognitivas, motivacionales, y sociales.

De las prácticas más aplicadas a nivel pedagógico con la TJ son las estrategias de interacción, donde se plantea una situación hipotética de mercado y los estudiantes deben resolverla; por lo tanto, la primera estrategia que se propuso para este proyecto fue un software que presentara los problemas y los estudiantes en línea jugaran tomando sus decisiones; en este caso el software es un disparador de problemas y los jugadores lo resuelven con el asesoramiento del profesor, estrategia viable como herramienta didáctica en un aula con estudiantes tomando decisiones y el profesor supervisando quien tomó las más adecuadas; con las dificultades detectadas por los estudiantes el docente puede abordar la TJ o explicar los comportamientos ideales.

Pero la estrategia es poco viable para un programa virtual; en aulas donde hay ausentismo actividades como planear jugar por pares se hace complejo con estudiantes que no ingresan, el problema es mayor con los estudiantes que sí van a jugar y no lo pueden hacer porque no hay respuesta de su compañero. Se puede pensar en una estrategia sincrónica donde el tutor y los estudiantes asistentes se encuentren y jueguen, pero a nivel evaluativo no tendría incidencia porque sería complicado evaluar a los no asistentes por las particularidades que un programa virtual implica. Además, pierde cualquier sentido crear un proyecto de alta inversión, con un trabajo arduo de equipos académicos y de programación, para ser aplicado por un puñado de estudiantes. Se podría pensar en estrategias asincrónicas donde el estudiante juegue y espere que su compañero responda, pero se puede perder la continuidad de las decisiones del otro.

Por tales circunstancias se cambió la estrategia y se centró en un software que genere diversos tipos de juegos y el estudiante juegue según las condiciones dadas por la herramienta. En este caso, la dificultad radica en la respuesta de acuerdo con la decisión del jugador y cómo reacciona el sistema. Por lo tanto, se combinaron diversas estrategias pedagógicas y de programación donde la pretensión es que el estudiante comprenda el tipo de juego, cómo funciona y cuál debe ser su comportamiento en el juego, no es una herramienta autónoma donde usuario y sistema intercambian decisiones o realizan interacciones

reales con otros agentes, debido a la complejidad de los algoritmos. Es una herramienta didáctica donde se espera que el software promueva que el estudiante se enfrente a situaciones que no va a enfrentar en un salón de clase y tenga una mayor comprensión del funcionamiento y comportamiento de la TJ practicándolo en el escenario propuesto a través de juegos didácticos.

La estrategia de aprendizaje se construye buscando crear una herramienta mediada con tecnología que permita abordar los tipos de juegos principales de la TJ como: Estrategias dominantes, Equilibrio de Nash, Estrategias mixtas, Juegos dinámicos con información completa y Juegos repetidos, que son los que se trabajan en el sílabo del módulo de Teoría de juegos. El propósito es plantear situaciones a resolver de los problemas clásicos de la TJ que permita a los estudiantes comprender aspectos económicos fundamentales como la cooperación, los oligopolios, los monopolios y la concertación para soluciones que favorezcan todas las partes.

Asimismo, se propone como una herramienta didáctica, y desde esa perspectiva se estructura como un juego, y se recurre a dos estrategias de aprendizaje, la primera, el aprendizaje basado en problemas; la segunda, el aprendizaje basado en juegos.

Según Barrows (1996, 1), el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se ve como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”. Para aplicar el ABP en el software, éste actúa como un generador de situaciones problémicas que se le presentan al estudiante y este debe resolver; para ello se estructuró con seis niveles de dificultad, donde a cada nivel le corresponde un tipo de juego, para cada tipo se tienen tres problemas y para cada problema se generó una programación con rangos para que estuviesen enmarcados en el tipo de la TJ. Sin embargo, cada estudiante encontrará uno diferente, por lo tanto, el juego es individual, cada jugador debe tomar sus propias decisiones estratégicas; el propósito fundamental de la experiencia es la toma de decisiones racionales según la situación propuesta por el software.

Por su parte, el aprendizaje basado en juegos incluye la creación de situaciones representadas en escenarios programados, donde en cada una de las jugadas se presentan estas situaciones en las que diversos agentes se enfrentan a la toma de decisiones (los elementos del juego son los jugadores, las estrategias y los pagos). El estudiante debe resolverlas con base en la teoría desarrollada en cada uno de los escenarios. La jugada se basa en solucionar dos juegos y los

resultados representan las decisiones tomadas; dicha jugada dura una semana, todo el juego consta de 6 jugadas, lo que implica que el estudiante durante todo el módulo -que tiene una duración de 8 semanas- tome decisiones estratégicas y racionales en diferentes tipos de juegos.

Los escenarios recrean situaciones reales y la TJ actúa como las reglas a seguir en el desarrollo del juego; el propósito en la jugada es predecir la forma en que el otro se comportará. El estudiante dependiendo del tipo de juego, podrá ser un jugador de la situación y el otro jugador será el sistema. En otros casos, el estudiante analizará las opciones que deben tomar los dos jugadores inmersos en la situación y estipulará los objetivos que cada uno de ellos persigue en el juego, de esa manera, predecirá las decisiones que tomarán. Alava, Cabrera, Cabrera, Campañas y Amaya (2011) proponen que al saberse de qué forma probable se comportará cada jugador, se determina cuál es su rol dentro del juego y cómo busca su máximo bienestar.

Aunque la estrategia esté basada en juegos, el software no es un juego serio porque no recrea situaciones empresariales; es un juego interactivo con diversos escenarios didácticos, algunos de ellos enmarcados en empresas, sin embargo, se propone la situación, no se recrea, ni se simula, ya que aquí el propósito es que el estudiante responda según su análisis y dé una solución al juego. El aprendizaje basado en juegos se apoya en la tendencia humana a generar patrones, deducir información, generar y modificar estrategias basadas en nuevas experiencias; además, el juego promueve un aprendizaje teórico-práctico, ligado a situaciones cotidianas y el reto que representa la resolución de problemas (Victoria, Utrilla, Santamaría).

Luego del cierre de cada jugada, el estudiante podrá visualizar en la pestaña de resultados su rendimiento en la solución de cada uno de los problemas propuestos; adicionalmente, se encontrará con la retroalimentación de los ejercicios. El sistema realiza un reporte de la tabla de posición de cada jugador una vez se cierre cada jugada, y lo ubicará en un ranking de acuerdo con los resultados obtenidos; el reto para el estudiante es mantenerse en las primeras posiciones y evidenciar los buenos resultados de sus estrategias. Según Alava et al (2011), en los juegos educativos siempre existirá el concepto de ganancia, porque ganar implica que el estudiante obtiene un concepto claro y explicado de un conocimiento.

Como el fundamento del juego es didáctico, se creó un personaje denominado el sabio, que explica desde la teoría de juegos a través de un vídeo animado en 3D embebido en el software, cómo es la dinámica del tipo de juego, da un ejemplo para orientar al estudiante para que así pase luego a la práctica en la resolución del problema. Por lo tanto, por cada tipo de juego de la TJ abordada en el software se construyó una narrativa digital que sirve de puente entre la explicación teórica y la práctica con la resolución de los problemas para los estudiantes.

## **Modelo para la simulación**

La literatura moderna en múltiples campos de las Ciencias Sociales ha reescrito sus contenidos teniendo en cuenta la TJ, algunos ejemplos son: Teoría de contratos, Organización industrial, Finanzas corporativas, modelos de compensación y carreras laborales, etc. No obstante, la TJ ha sido una herramienta de análisis en los negocios, política, y otras ciencias sociales.

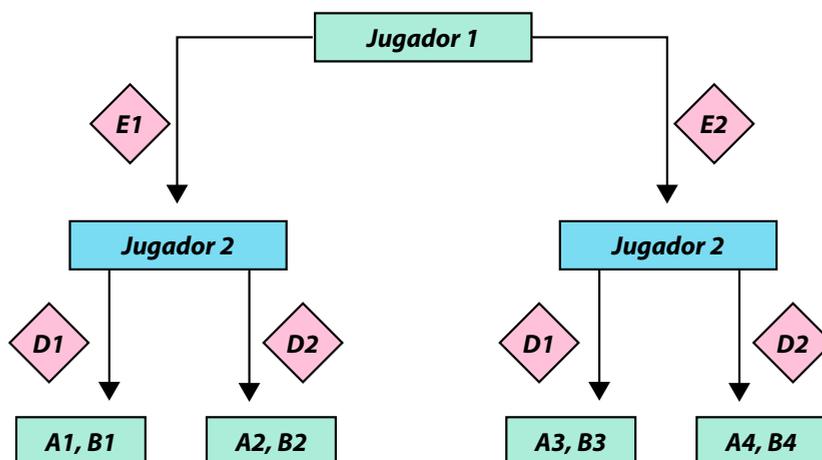
El simulador de TJ es un insumo que le permitirá al estudiante hacer una inmersión interactiva en los conceptos fundamentales, de tal manera que la asignatura de TJ y procesos de negociación sean más motivantes y retadores. Como lo menciona Emerson y Taylor (2004) el uso de experimentos puede generar efectos positivos, tales como: motivar a los estudiantes de bajo rendimiento escolar; mejorar el rendimiento escolar de los estudiantes en general y disminuir las tasas de deserción. El simulador podría mejorar el aprendizaje para estudiantes que están más orientados al concepto de “learning by doing”, lo que se adapta directamente a las necesidades actuales de los estudiantes en la educación virtual (Ball, Eckel y Rojas, 2006). El modelo implementado en el simulador se basa en los elementos de un juego: un conjunto finito de jugadores, un conjunto de estrategias disponibles para cada jugador, las reglas del juego, y la información disponible. Lo anterior va enmarcado en dos tipos de representaciones: matricial y en forma extensiva. En la primera, por lo general se tendrán dos jugadores y cada uno de estos tiene unas estrategias y pagos. Por ejemplo, en la tabla 1, el jugador 1 tiene dos estrategias E1 y E2, y los pagos o beneficios del jugador se muestran en color verde. Por su parte, las estrategias del jugador 2 son respectivamente: D1 y D2; mientras sus pagos se encuentran en color azul.

**Tabla 1.** Representación matricial del juego

		Jugador 2					
		D1		D2			
Jugador 1	E1	A1	,	B1	A2	,	B2
	E2	A3	,	B3	A4	,	B4

Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.** Representación extensiva del juego



Fuente: Elaboración propia

Los juegos interactivos (jugadas) tienen la siguiente división: introducción a la teoría de juegos; estrategias dominantes; equilibrio de Nash; estrategias mixtas; dinámicos con información completa; juegos repetidos. En cada uno de los anteriores se plantea una programación de tal manera que se muestren diversos casos y se ciñan a las restricciones por las que se caracteriza cada una de las jugadas.

En cada una de las jugadas se realiza una programación de tal manera que se cumplan los criterios para desarrollar el objetivo inmerso, en particular:

- **Introducción a la teoría de juegos:** se muestran juegos típicos como el dilema del prisionero, batalla de los sexos, coordinación, etc. Para cada uno de ellos se establece una programación que mantenga la definición de cada juego con base en un formato de la matriz que se muestra en la tabla 1.
- **Estrategias dominantes:** comprende una programación cuando existen dominancia estricta, débil y cuando no hay presencia de estrategias dominantes. Para tal fin, la programación representada en los pagos de la matriz debe garantizar de forma aleatoria cada una de las situaciones.
- **Equilibrio de Nash:** establece un diseño en el cual el juego puede tener tres opciones: equilibrio único, múltiples equilibrios y no equilibrios. Igualmente, la programación con base en los pagos soporta los casos de manera aleatoria.
- **Estrategias mixtas:** en particular se muestra que cuando no existe equilibrio de Nash, una forma de resolver el juego es mediante estrategias mixtas; es decir, asignarle una probabilidad a las decisiones que tomará el otro jugador. También se presentarán casos donde si hay equilibrios Nash. En las opciones anteriores la programación soporta las situaciones.
- **Dinámicos con información completa:** con casos basados en estrategias de negociación empresarial de posicionamiento y liderazgo, se proponen características del mercado tales como el precio del bien, la demanda del mercado, característica y competencia; principalmente con formas extensivas representadas en la figura 1, donde la programación basada en mantener las restricciones, las funciones de demanda y estructura de costos en competencia imperfecta.
- **Juegos repetidos:** Con situaciones de negociación política se tienen en cuenta las decisiones tomadas en diferentes periodos de tiempo, tanto definidos con indefinidos.

En cada una de las jugadas anteriores se genera una retroalimentación al estudiante una vez termina la actividad, con el fin de reforzar los contenidos en cada una de las jugadas.

## Desarrollo de la experiencia de aprendizaje

El desarrollo del juego fue el punto más complejo del proyecto; inicialmente se plantearon 8 espacios de interacción con el estudiante, que fueron: 1. Introducción a la teoría de juegos. 2. Estrategias dominantes. 3. Equilibrio de Nash. 4. Estrategias mixtas. 5. Dinámicos con información completa. 6. Juegos repetidos. 7. Juegos estáticos de información incompleta. 8. Juegos de vanguardia.

A partir de esta estructura, se pensó en 3 juegos para cada espacio, es decir 24 juegos en total, cada uno de ellos programado con rangos y condiciones para que el juego se trabajara en la tipología de la TJ. La idea es que cada semana del módulo -que dura 8-, el estudiante resuelva dos juegos. Se crearon 3 en cada nivel, por lo tanto, el propósito es que de manera aleatoria el sistema le asigne al estudiante 2 de 3 problemas, y con la variación de rangos, el juego es personalizado para cada estudiante.

La complejidad de los juegos de vanguardia generó muchas dificultades en la programación y además no estaban incluidos en el sílabo del módulo, por lo tanto, se tomó la decisión de retirarlos del proyecto; para que las jugadas fueran acordes con los temas vistos por los estudiantes y coherentes con las actividades evaluativas, se organizó en seis jugadas de la siguiente forma:

- **Introducción a la teoría de juegos:** *se muestran los elementos de la teoría de juegos y la forma de representarlos.*
- **Estrategias dominantes:** *el objetivo es analizar aquella estrategia que siempre es preferida por un jugador porque maximiza sus beneficios; es importante para el jugador determinar cuándo una estrategia es dominante porque puede reducir costos de transacciones o detectar oportunidades.*
- **Equilibrio de Nash:** *Introducir el equilibrio de Nash, que representa "estado estacionario" del juego por medio del cual cada jugador correctamente mantiene las expectativas sobre el comportamiento de sus oponentes.*

- **Estrategias mixtas:** las estrategias mixtas implican asignar probabilidades sobre la elección de las estrategias con base en las creencias (beliefs) que tiene el rival sobre el uso de ella(s). El concepto de estrategia pura es extensible a estrategias mixtas, el cual permite a los jugadores introducir incertidumbre y elegir de forma aleatoria sus estrategias. Esta característica implica que juegos de suma cero si tengan un equilibrio en estrategias mixtas.
- **Dinámicos con información completa:** el propósito es hacer referencia a que uno de los jugadores conoce cómo se comporta el otro jugador previo a tomar la decisión, dadas las estrategias. Por información completa cada jugador conoce las posibles decisiones de su adversario. Para los juegos dinámicos es más conveniente usar la forma extensiva o diagrama de árbol.
- **Juegos repetidos:** El objetivo es incorporar a los juegos el mediano y largo plazo, es decir donde los jugadores tienen en cuenta las decisiones en distintos periodos de tiempo.

Los espacios de interacción se van activando en dicho orden a medida que el estudiante va avanzando en el software y se cierra y abre cada jugada que dura una semana. Cuando se ingresa a cada espacio, en su interior hay dos botones:

- **Encuentro con el sabio:** que despliega una explicación teórica de la temática de cada espacio de interacción o eje temático (tipo de juego de la TJ).
- **Pruebas:** es un espacio que contiene 3 juegos, de los cuales 2 son asignados al estudiante para que los resuelva.

Existen también tres botones que siempre están disponibles para los estudiantes:

- **Calendario:** siempre está activo para los estudiantes y muestra las fechas en que cierra cada una de las jugadas, está activo de la semana 2 del módulo al último día de la semana 7. El propósito es informar al estudiante sobre la apertura y cierre de cada una de las jugadas, pues cuando una jugada cierra el estudiante ya no puede acceder a ella.

- **Resultados y estadísticas:** es un escenario que sólo se activa cuando ha finalizado la jugada, este escenario muestra el resultado del estudiante en la jugada que pasó y lo retroalimenta, también le muestra la calificación de acuerdo con su desempeño. La calificación se toma de la siguiente manera, se le asignan dos juegos por semana al estudiante, y el sistema promedia la calificación de los dos. Debe existir un espacio denominado resultado de la jugada donde aparece dicho promedio. Después de la jugada 3 debe aparecer un espacio denominado calificación 1, que es el promedio de los resultados de las jugadas 1, 2 y 3. También otro denominado calificación 2, que es el promedio de las jugadas 4, 5 y 6.
- **Ranking:** es un escenario que como su nombre lo indica, muestra la posición que ocupa el estudiante de acuerdo con los resultados de la semana; la primera posición corresponde al mayor promedio de la semana, la segunda al promedio que sigue y así sucesivamente. Si hay dos estudiantes con el mismo promedio se deja en la mejor posición del ranking al que primero realizó la jugada.

Según Alava et al (2011) se diseña el guion del juego, donde se establecen los objetivos a lograr. La solución de cada juego es la combinación de ganancias o pérdidas que da. Con el guion terminado se procede al diseño y estructuración de las interfaces, la animación de los personajes y al desarrollo en un lenguaje de programación.

## Resultados obtenidos

A pesar de que existen alternativas para enseñar TJ, entre las que se encuentran los experimentos en clase y ejercicios didácticos, se encuentran muy limitadas a unos pocos elementos de la TJ, además no tienen un acompañamiento, ni secuencias claras que permitan realizar retroalimentaciones a los estudiantes.

El diseño del simulador de TJ se realizó de tal manera que los estudiantes deban participar de manera individual en las diferentes jugadas. En la guía se encuentran los pasos a seguir, y además contarán con el apoyo del tutor. El desarrollo tecnológico es un simulador de TJ que permiten realizar una inmersión

con ejercicios interactivos y una inmersión en los principales elementos de la TJ, que son el fundamento para estudiar temáticas de vanguardia, tal como la economía del comportamiento. Es de esperar una mejora en el rendimiento escolar, disminución de la deserción, aumento en la motivación, auto eficiencia y demás habilidades no cognitivas.

## **Conclusiones**

El desarrollo de una serie de juegos en teoría de juegos resulta muy constructivo para un estudiante, más si este además de encontrar un componente lúdico y motivacional, encuentra un dispositivo didáctico que le permita comprender cómo funcionan las estrategias más conocidas en la teoría de juegos y aplicarlas en situaciones reales, comprometiéndose con su proceso de aprendizaje de una manera más directa y significativa.

En esta experiencia de innovación educativa, además de desarrollar diferentes tipos de juegos para la teoría de juegos propuesta con Nash, se elaboraron algunas dinámicas de juegos que no están en otras herramientas similares, además son pocas las que están pensadas para un aprendiz, lo que convierte a este proyecto en un aporte significativo no sólo para el aprendizaje basado en juegos, o la aplicación de la tecnología en el aula de clase, sino también en la apropiación de la teoría de juegos.

## Referencias bibliográficas

- Arceo Gómez, E. O., Campos Vázquez, R. M., Medina Cortina, E. M., & Vélez Grajales, R. (2018). *Negociación y preferencias económicas por género: evidencia experimental en México*. El trimestre económico, 85(339), 645-678
- Alava Viteri, C., Aguirre Cabrera, A., Cabrera Meza, H. E., Campaña Bastidas, S. E. y Maya, J. A. (2011). *Creación de micromundos aplicando la teoría de juegos y el diseño orientado a objetos*. Revista de investigaciones UNAD, volumen 10, número 1, pp. 185-195. DOI: <https://doi.org/10.22490/25391887.746>
- Ball, S.B., Eckel, C. y Rojas, C. (2006) '*Technology Improves Learning in Large Principles of Economics Classes: Using Our WITS*', American Economic Review, 96(2), 442–446.
- Barrows H. (1996): "*Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview*", en WILKERSON L., y GIJSELAERS en W.H. (eds.): *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*. San Francisco, JosseyBass Publishers, pp. 3-12.
- Bashiru, A. (2015). *Game Theory Model Of Consumers Response To Service Offers. A Case Study Of Mtn-Ghana And Vodafone-Ghana In The Tamale Metropolis* (Tesis De Maestría). Kwame Nkrumah University Of Science And Technology, Kumasi.
- Emerson, T.L.N. and Taylor, B.A. (2004) '*Comparing Student Achievement across Experimental and Lecture-Oriented Sections of a Principles of Microeconomics Course*', Southern Economic Journal, 70(3), 672–693.
- Jiménez Jiménez F. & Montijano Guardia F. *La Economía Experimental en las aulas*. Revista *Iniciación a la investigación*. Universidad de Jaén, pp. 14. Recuperado en: <https://www.semanticscholar.org/paper/La-Econom%C3%ADa-Experimental-en-las-aulas-Jim%C3%A9nez-Guardia/fa7d276c0a633e0d64b383cb3c7ffb1135f9be2f>
- Giraldo, F, y Gómez, J. "*Aprendizaje de estrategias de decisión en juegos repetitivos no cooperativos*". *Tecnura*, vol. 17, nro. 35 (2013): 63-76.
- Güth, W.; Schmidt, C., And Sutter, M. (2007). "*Bargaining outside the lab: A newspaper experiment of a three-person ultimatum game*", *The Economic Journal*, 117(518):449–469
- Monsalve S. (2003). *John Nash y la teoría de juegos*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado en: <https://www.casanchi.com/mat/johnnashjuegos.pdf>
- Pascual, J. A., Galán, J. M., Izquierdo, L. R., Santos, J. I., Izquierdo, S. S., & González Tapia, J. (2009). *Una herramienta didáctica para la enseñanza de la teoría de juegos mediante Internet*. Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa, ISSN 1135-9250, DOI: <https://doi.org/10.21556/edutec.2009.29.449>

- Suárez, M. & Sandoval, M. (2012). *Validación piloto de un laboratorio virtual para el estudio de los procesos de decisión económica*. *Cultura, Educación y Sociedad* 3(1), 107-128.
- Thisgaard M and Makransky G (2017) *Virtual Learning Simulations in High School: Effects on Cognitive and Non-cognitive Outcomes and Implications on the Development of STEM Academic and Career Choice*. *Front. Psychol.* 8:805. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00805.
- Wittig, M., Jensen, K., and Tomasello, M. (2013). *Five-year-olds understand fair as equal in a mini-ultimatum game*. *J. Exp. Child Psychol.* 116, 324–337. doi: 10.1016/j.jecp.2013.06.004.
- Victoria, Uribe R.; Utrilla, Cobos S. A.; Santamaría Ortega A. (2017). *Aprendizaje basado en juegos. Una alternativa viable para la enseñanza significativa de la sustentabilidad*. *Revista Electrónica sobre Educación Media y Superior*, Vol. 4, Núm. 7. ISSN: 2488–6507. Recuperado en: <http://www.cemys.org.mx/index.php/CEMYS/article/view/277/293>
- Villar Suarez J. A. (2002). *Simulador de un Mercado hidrotérmico basado en Teoría de Juegos*. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, pp. 135. Recuperado en: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/paperspdf/villarthesis.pdf>
- Vlachopoulos, D., y Makri, A. (2017). *The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review*. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 22. doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1>



