

# Una Propuesta Multidisciplinar para Enseñar Ingeniería de Variedad

Nelson L. LAMMOGLIA

Wilson FLÓREZ

Jaime BOADA

Joshua CASTAÑO y

Roberto ZARAMA

Departamento de Ingeniería Industrial, CeIBA-Uniandes  
Bogotá D.C., Cra 1 Este 19A-40, Colombia

## RESUMEN

El artículo presenta una propuesta multidisciplinar de enseñanza que integra herramientas de la teoría de juegos y la economía experimental para que los estudiantes amplíen sus conocimientos de cibernética organizacional e ingeniería de variedad en los dominios informacional y operacional. La propuesta se fundamenta en la posibilidad de observar sistemas sociales como juegos. En el artículo se presenta la preparación del contexto para el aprendizaje de los estudiantes y la forma como las diversas disciplinas son integradas como herramienta explicativa del manejo de variedad en las organizaciones.

**Palabras clave:** Sistemas sociales, juegos, cibernética, manejo de complejidad, teoría de juegos, economía experimental.

## 1. INTRODUCCIÓN

*"In the autumn semester, 1955, I taught Principles of Economics, and found it a challenge to convey basic microeconomic theory to students. Why/how could any market approximate a competitive equilibrium? I resolved that on the first day of class the following semester, I would try running a market experiment that would give the students an opportunity to experience an actual market, and me the opportunity to observe one in which I knew, but they did not know what were the alleged driving conditions of supply and demand in that market." Vernon Smith*

Desde el año 2004 hemos enseñando cibernética organizacional a estudiantes del pregrado en ingeniería industrial de la Universidad de los Andes en Bogotá, Colombia. El primer reto que nos impusimos, teniendo en cuenta que la ingeniería es una ciencia aplicada, para el diseño del curso fue balancear el aprendizaje de los estudiantes en los dominios informacional y operacional de su conocimiento [1; 2] sobre la cibernética organizacional y sus herramientas para el manejo de la variedad. Teníamos la sensación de que la forma como, en general, se enseñan las herramientas y la teoría [3] de la ingeniería de variedad genera más conocimiento en el dominio informacional de los estudiantes que en el operacional. Es decir, los estudiantes conocen más la explicación que la aplicación. Por esto, queríamos que la enseñanza práctica de la ingeniería de variedad fuera más allá de lo que se alcanza a través de herramientas tradicionales y se convirtiera en una experiencia vivencial.

Para lograr que las prácticas mencionadas se convirtieran en una experiencia vivencial se escogió como herramienta de enseñanza la simulación de sistemas sociales por medio de juegos [4-8]. Para este fin, se dispone de conocimiento producido en varias disciplinas, tales como: la teoría de juegos, la economía experimental, la cibernética y la cibernética organizacional.

Sin embargo, aunque el enfoque aquí presentado es multidisciplinar, ciertamente, estas disciplinas están emparentadas por un suceso en común: Las conferencias de Macy entre 1946 hasta 1953. En ellas participaron Norbert Wiener y Arturo Rosenblueth, fundadores de la cibernética, y John von Neumann, cofundador de la teoría de juegos junto con Oskar Morgenstern. La cibernética organizacional apareció tiempo después gracias al trabajo de Stafford Beer. Así mismo, la economía experimental se habría consolidado como una rama de la economía en algún momento entre la aparición en 1944 del libro seminal de la teoría de juegos: "Theory of Games and Economic Behavior" [9] y el año 2002 cuando Vernon Smith recibió "El premio del banco de Suecia en ciencias económicas en memoria de Alfred Nobel", popularmente conocido como el nobel en economía, "por haber establecido experimentos en laboratorio como una herramienta empírica para el análisis económico, especialmente en el estudio de mecanismos alternativos de mercado" [10].

De estos ingredientes surge la propuesta de enseñanza aquí presentada. El fundamento de la propuesta es que ésta genera un espacio donde los estudiantes juegan juegos tan populares como tres en línea (conocido como *triqui* en Colombia y *tic-tac-toe* en los Estados Unidos), o juegos tan difundidos de la teoría de juegos como el dilema del prisionero. Y luego, con base en esta experiencia, se relacionan, en clases magistrales, las situaciones allí representadas con situaciones observadas en organizaciones sociales estableciendo una conexión entre los resultados observados en los juegos y la teoría y las herramientas tanto de la cibernética como de la teoría de juegos.

Este trabajo está dividido en cinco secciones: 1. Esta introducción, 2. El soporte teórico de la propuesta, 3. El contexto previo, es decir, a. los juegos y b. el diseño de los experimentos, 4. La explicación de algunos conceptos de la cibernética a través de: a. la teoría de juegos b. los resultados de los juegos y c. los experimentos económicos y, finalmente, 5. Unos comentarios de cierre.

## 2. SISTEMAS SOCIALES

Es difícil pensar en sistemas sociales. La palabra sistema, usualmente, hace referencia a entidades físicas como el sistema digestivo de un animal multicelular, un radiotransmisor o un avión. Sin embargo, no es claro qué tipo de ente físico es un sistema social. Los sistemas sociales parecen un caso particular de sistemas, similares a la idea que se tiene de un número. Es decir, en realidad nadie nunca ha visto, en el sentido biológico, un sistema social. Aunque todos los hemos nombrado.

Cuando se nombra un sistema social, por decir algo: los Estados Unidos, no nos referimos a entidades físicas como su territorio o sus ciudadanos, sino más bien a construcciones mentales, si se

quiere sociales, producidas por una comunidad de observadores. Producir entendido aquí como una operación que trae-ahí-delante [11]. Cuando se nombra algo se lleva a cabo un proceso, conocido como realizar una distinción, que consiste en trazar un borde que separa un interior (sistema) de un exterior (entorno) [12]. Con estas ideas en mente, esta sección intenta fundar las bases que permiten diseñar juegos como instrumentos de observación de aquello a lo que llamamos sistema social.

Para ello, se parte por entender un sistema social como un objeto auto-construido [13] que se observa a partir de su diferenciación con otros sistemas sociales [14]. Por lo anterior, un sistema social posee un borde que continuamente es producido por el mismo sistema que lo distingue a él de su entorno. Lo que permite distinguir [12] a los sistemas sociales son sus propiedades estructurantes, es decir, la articulación de sus reglas y recursos [15].

Por otro lado, los juegos también se entienden como colecciones de reglas y recursos que establecen cómo los jugadores se relacionan entre ellos [7]. Un ejemplo de cómo las reglas permiten distinguir a un sistema social lo ofrece John Searle empleando para ello el ejemplo del fútbol. Para Searle,

Es posible que veintidós hombres puedan llevar a cabo los mismos movimientos físicos que realizan dos equipos en un partido de fútbol, pero si no hubiese reglas de fútbol, esto es, si no existiese con anterioridad el juego del fútbol, no habría ningún sentido en el que su conducta pudiese ser descrita como una instancia de jugar al fútbol. [16]

### 3. PREPARACIÓN DEL CONTEXTO

Con el fin de explicar los principales aspectos de la cibernética y, en particular, la cibernética organizacional, el diseño del curso incluye dos actividades, a saber: El torneo de triqui (tres en línea) y la feria de juegos. El torneo de triqui se lleva a cabo en dos sesiones de clase, cada una de 80 minutos. Mientras que la feria de juegos requiere tan sólo de una sesión.

El triqui se escogió porque parecía ser el más apropiado para la explicación de los temas de esta parte del curso, pues es uno de los juegos estrictamente competitivos más simples de los que se dispone; y, sin embargo, la complejidad del mismo es abrumadora, como se explica más adelante. Aún así, cualquier jugador mínimamente experimentado logra dominarlo en unas pocas partidas y sabe que bien jugado por ambos participantes conduce inevitablemente a un empate.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Figura 1: Tablero de juego

El torneo de triqui es una competencia entre los estudiantes del curso. Para participar en el torneo, ellos deben traer una hoja que se llama de estrategia. La hoja contiene unas reglas escritas en la siguiente forma canónica: “Si... (Verbo)..., entonces... (Verbo)...”. En estricto sentido, estas reglas expresan la estrategia de cada jugador para cada partida del torneo.

Durante la primera ronda, los participantes son organizados en 16 grupos de entre 4 y 8 jugadores. Cada jugador juega tres juegos que consisten en dos partidas: una de ida y otra de vuelta. En cada partida inicia un jugador distinto. Al final de la fase de grupos clasifican los 32 jugadores que ocupan los dos primeros lugares. La segunda ronda es eliminación directa. En el torneo ninguna partida puede terminar en empate, sino que el ganador

de una partida se decide por el número de reglas. El jugador con menor número gana.

La segunda actividad que se realiza para que los estudiantes desarrollen su habilidad para manejar la complejidad de una situación, tomar decisiones y observar los resultados de sus decisiones es la feria de juegos. La feria de juegos, además, permite que, por un lado, los estudiantes se familiaricen con el lenguaje de la teoría de juegos y, por el otro, confronten las predicciones de dicha teoría con los resultados experimentales.

Durante la feria de juegos los estudiantes toman 6 tipos de decisión cuyo resultado individual depende de su decisión individual y la decisión de sus compañeros anónimos y aleatoriamente seleccionados. Las seis decisiones son “un menú de juegos experimentales que son útiles para medir aspectos de las normas y preferencias sociales” [17]. Estos son: Una primera y una segunda parte del juego de la confianza, el juego de los bienes públicos, el juego del miriápodo, el dilema del prisionero y el juego del ultimátum.

### 4. LECCIONES DE INGENIERÍA DE VARIEDAD EMPLEANDO TEORÍA DE JUEGOS Y ECONOMÍA EXPERIMENTAL

Los ejercicios anteriores ofrecen un contexto que permite observar y relacionar situaciones organizacionales con juegos. Para los estudiantes, también es un primer encuentro “controlado” con el uso de las herramientas de la ingeniería de variedad y con el lenguaje tanto de la cibernética y la cibernética organizacional, como de la teoría de juegos. En esta sección se muestra cómo a través de la experiencia de los juegos se puede construir y emplear un lenguaje común para ser usado en la enseñanza de: complejidad, variedad, ley de variedad requerida, manejo de complejidad, atenuadores de complejidad y amplificadores de complejidad.

#### Complejidad y variedad

La primera lección de esta sección del curso es sobre la complejidad. La complejidad puede definirse como el número de estados posibles de un sistema que un observador distingue y adscribe sentido para una situación dada. Con base en esta definición, Ashby [18] propuso la variedad como una medida para la complejidad. La variedad queda definida como el número total de estados posibles de un sistema [19].

#### La variedad del triqui medida con la teoría de juegos

Hay diferentes maneras de aproximarse al número de estados posibles del triqui. Se pueden observar los estados en los que un juego de triqui puede estar, las maneras como un juego se desarrolla o el número de estrategias con las que cada uno de los jugadores cuenta.

Para calcular el número de juegos del triqui basta observar que en la primera jugada el primer jugador tiene 9 posibilidades, el segundo tendrá 8, en su segunda jugada el primer jugador tendrá 7, y así sucesivamente hasta 1. Es decir, el número total de juegos posibles de triqui debe ser del orden de  $9!$  que es igual a: 362.880.

Sin embargo, de este último cálculo hay que sustraer los juegos que terminan antes de que las 9 casillas se hayan llenado, es decir, los juegos que terminan en triqui. Este cálculo se muestra en la Tabla I [20]. De estos, 131.184 los gana el primer jugador, 77.904 el segundo y los restantes 46.080 terminan en empate.

Gana en 5 jugadas	1.440
Gana en 6 jugadas	5.328

Gana en 7 jugadas	47.952
Gana en 8 jugadas	72.576
Gana en 9 jugadas	81.792
Empata	46.080
<b>Total</b>	<b>255.168</b>

Tabla I: Juegos posibles de triqui

El cálculo de la variedad para el triqui es un poco más complicado. Para lograr explicarlo se inicia con un ejemplo más sencillo: el **juego de los bienes públicos**, que es una adaptación del dilema del prisionero para  $n$  jugadores [17]. En este experimento juegan tres participantes secuencialmente. El juego consiste en que cada jugador puede decidir invertir o no. Todas las inversiones van a una bolsa que al final del juego se multiplica por dos y se reparte en partes iguales entre los jugadores (ver la Figura 2).

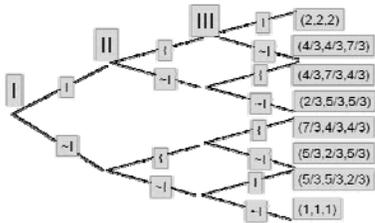


Figura 2: Representación extendida de un juego de BBPP simplificado con D=1

Para este juego el jugador 1 tiene dos estrategias posibles: Invertir o no. Mientras que, el jugador 2 tiene las cuatro estrategias que se presentan en la Tabla II.

Jugada del jugador 1	I	~I
<b>Estrategia 1</b>	I	I
<b>Estrategia 2</b>	I	~I
<b>Estrategia 3</b>	~I	I
<b>Estrategia 4</b>	~I	~I

Tabla II: Conjunto de estrategias para el jugador 2

El jugador 3 cuenta, en cambio, con un conjunto de 16 estrategias como se puede ver en la Tabla III.

Jugadas de los jugadores 1,2	I,I	I,~I	~I,I	~I,~I
<b>Estrategia 1</b>	I	I	I	I
<b>Estrategia 2</b>	I	I	I	~I
<b>Estrategia 3</b>	I	I	~I	I
<b>Estrategia 4</b>	I	I	~I	~I
<b>Estrategia 5</b>	I	~I	I	I
<b>Estrategia 6</b>	I	~I	I	~I
<b>Estrategia 7</b>	I	~I	~I	I
<b>Estrategia 8</b>	I	~I	~I	~I
<b>Estrategia 9</b>	~I	I	I	I
<b>Estrategia 10</b>	~I	I	I	~I
<b>Estrategia 11</b>	~I	I	~I	I
<b>Estrategia 12</b>	~I	I	~I	~I
<b>Estrategia 13</b>	~I	~I	I	I
<b>Estrategia 14</b>	~I	~I	I	~I
<b>Estrategia 15</b>	~I	~I	~I	I
<b>Estrategia 16</b>	~I	~I	~I	~I

Tabla III: Conjunto de estrategias para el jugador 3

El número de estrategias con que un jugador cuenta puede ser visto como el número de maneras posibles en que cada jugador puede programar una máquina, representada como una caja negra, para jugar por él o ella. Esta caja negra tiene un número de entradas, determinadas por la posición del jugador, y una salida con dos valores posibles: Invertir o No.

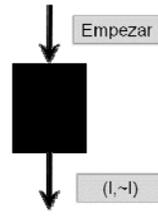


Figura 3: Caja negra para el jugador 1

$$V(1)=(2^1)^{(1)} \quad (1)$$

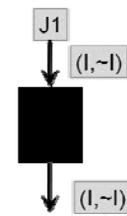


Figura 4: Caja negra para el jugador 2

$$V(2)=(2^1)^{(2)} \quad (2)$$

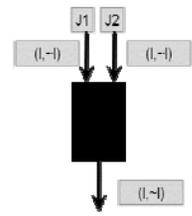


Figura 5: Caja negra para el jugador 3

$$V(3)=(2^1)^{(4)} \quad (3)$$

Las figuras 3 a 5 muestran los modelos de caja negra para cada uno de los tres jugadores. Asimismo, las ecuaciones 1 a 3 muestran el cálculo de variedad de cada uno de los conjuntos de estrategias de cada uno de los jugadores representados como cajas negras. En general, la ecuación (4) muestra cómo se puede calcular la variedad de una caja negra con  $n$  entradas donde cada una toma  $q$  valores y  $m$  salidas donde cada una toma  $p$  valores.

$$V=(p^m)^{(q^n)} \quad (4)$$

Un cálculo similar al presentado arriba muestra que: ¡El número de estrategias disponibles para el jugador que inicia un juego de triqui debe estar entre:  $9*7^8*5^{48}$  y  $9*7^8*5^{48}*3^{192}*1$  y entre  $8^9*6^{63}$  y  $8^9*6^{63}*4^{315}*2^{1575}$  para su contrincante! Un número astronómico para la variedad de un juego tan “simple” como el triqui.

### La ley de Ashby y el manejo de complejidad

De acuerdo con Ashby: “Sólo variedad absorbe variedad” [1; 18-19]. Lo anterior implica que la viabilidad de una organización depende de su capacidad para que la variedad de sus respuestas sea al menos igual a la complejidad que emerge de su entorno [21]. Es decir, una organización es viable si el número de situaciones relevantes en el entorno con que debe lidiar con base en un criterio de desempeño es igual al número de respuestas que la organización puede ofrecer.

Ahora bien, o el enunciado anterior está completamente errado o las cuentas están mal hechas. ¿Cómo es posible que el triqui sea tan complejo (en número), y a la vez resulte un juego tan simple? La respuesta proviene de dos herramientas muy útiles para manejar la complejidad: los atenuadores y los amplificadores de variedad.

Los atenuadores de complejidad tienen la función de agrupar los estados posibles en el entorno del sistema relevantes para su desempeño. Esta agrupación se hace con base en el criterio de que a todos estos estados la organización pueda responder de la misma manera sin que esto implique sacrificios en su desempeño. De esta manera se “atenúa” la complejidad del entorno, es decir, se reduce el número de los estados relevantes para la organización.

Disminuir el número de estados relevantes en el entorno incrementa la posibilidad de éxito de una organización. Sin embargo, esta tarea debe ser complementada amplificando la complejidad del sistema. Lo anterior significa que la organización debe ser efectiva en dar respuesta a todas los estados posibles en el entorno. Para ello responde a cada uno de ellos de acuerdo con la clasificación realizada previamente.

Para mostrar este par de herramientas en acción y las consecuencias sobre el desempeño de la organización cuando no

se emplean correctamente, a continuación se muestran dos ejemplos: el triqui y otro juego inspirado en la teoría de juegos.

**El triqui y la atenuación de complejidad:** Como ya se dijo, un atenuador de complejidad es todo procedimiento o medio que reduce la complejidad percibida del entorno. El primer paso para reducir la complejidad del entorno con que el sistema debe lidiar es distinguir los estados relevantes para el éxito de la organización con base en un criterio de desempeño. Definido el propósito, la complejidad se atenúa agrupando los estados posibles a los que el sistema puede ofrecer idéntica respuesta sin que su desempeño se vea afectado. El primer atenuador de complejidad del triqui es la simetría del tablero, pues las 8 simetrías de un cuadrado reducen el número de juegos de triqui a 255.168 dividido entre 8 que es igual a 31.896 Sin embargo, con una diferencia sutil en la interpretación de simetría [20] Steve Schaefer [22] reduce a 26.830 los juegos posibles de triqui como se muestra en la tabla IV.

Gana en 5 jugadas	172
Gana en 6 jugadas	579
Gana en 7 jugadas	5.115
Gana en 8 jugadas	7.426
Gana en 9 jugadas	8.670
Empata	4.868
<b>Total</b>	<b>26.830</b>

Tabla IV: Juegos simétricos posibles de triqui

Si, además, se supone que el jugador quiere ganar, las posibilidades se reducen así: a 5.938 si cuando puede hacer triqui lo hace; a 4.590 si el juego termina cuando es inevitable; y a 1.145 si juega a evitar que su oponente pueda hacer triqui y no se continúa jugando si el resultado es definitivo. (Para mayor detalle ver: [22])

Decidido en 3 jugadas	19
Decidido en 4 jugadas	58
Decidido en 5 jugadas	317
Decidido en 6 jugadas	435
Decidido en 7 jugadas	316
<b>Total</b>	<b>1.145</b>

Tabla V: Juegos posibles de triqui con las reglas de: 1. Hacerlo, 2. Evitarlo de ser posible y 3. Darlo por terminado cuando el resultado sea predecible

Finalmente, si se observan sólo los estados del tablero, sin tener en cuenta los pasos que condujeron a él, ni las reglas mencionadas en el párrafo anterior, sino sólo la simetría del juego como la define Schaefer [22], el número se reduce a 138 juegos. En 52 gana el jugador que comienza, en 19 su oponente y 67 terminan en empate [23]. Este proceso de reconocimiento de patrones corresponde con el expuesto por Beer [19], referenciando a Warren McCulloch, para explicar la capacidad de los jugadores de ajedrez de “descartar inmensas cantidades de variedad”.

E incluso, dado el contexto del torneo de triqui, en realidad, sólo son relevantes 67 estados para la efectividad de un jugador, como lo señala el campeón del mismo:

En el juego se puede perder, empatar o ganar. Sin embargo, está claro que con una estrategia bien desarrollada existe la posibilidad de nunca perder y siempre lograr el empate. Con base en estos puntos clave, se comenzó a desarrollar la estrategia de juego. El objetivo principal al escribir las reglas

era lograr siempre un empate con el mínimo número de reglas posibles. [24].

**La teoría de juegos, la atenuación, la amplificación y el manejo de la complejidad:** Para una mayor comprensión del manejo de complejidad por medio de atenuadores y amplificadores de complejidad, a continuación se complementa la explicación ya ofrecida con el juego del triqui con otro juego inspirado en la teoría de juegos.

**Las consecuencias de infringir la de Ashby:** Este nuevo juego está representado por la matriz de pagos que se muestra en la tabla VI. Las letras:  $\{I, J, K, L\}$  en la matriz corresponden a distinciones relevantes en el entorno para el jugador (sistema, si se quiere) que participa en el juego. Mientras que, las letras:  $\{W, X, Y, Z\}$  son los elementos del conjunto de acciones con que el jugador cuenta para jugar. Las posiciones  $a_{ij}$  de la matriz de pagos del juego A son iguales al pago que recibiría el jugador por realizar la acción  $i$  dada la situación  $j$ .

	I	J	K	L
W	6	7	3	3
X	4	1	9	1
Y	8	3	7	2
Z	2	5	2	10

Tabla VI: Matriz de pagos del juego A

Para contextualizar el ejercicio, supóngase que el juego es bailar y nuestra jugadora es una bailarina. Supóngase que  $\{I, J, K, L\}$  son:  $\{escuchar reggeton, escuchar vallenato, escuchar salsa, escuchar merengue\}$  y  $\{W, X, Y, Z\}$  son:  $\{bailar vallenato, bailar salsa, bailar reggeton, bailar merengue\}$ . Si el criterio de desempeño de la jugadora es maximizar su utilidad individual, dada por la Tabla VI, entonces, su mejor estrategia será:  $\{I \rightarrow Y\}, \{J \rightarrow W\}, \{K \rightarrow X\}, \{L \rightarrow Z\}$ .

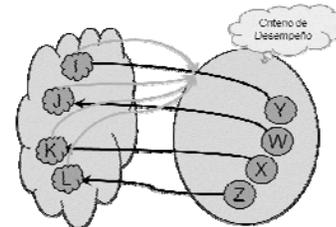


Figura 6: Manejo efectivo de complejidad para el juego A

**Falta de variedad requerida en el dominio informacional:** Ahora, supóngase que la bailarina no distingue entre salsa y merengue pero sabe bailar salsa y merengue. Entonces, decide lanzar una moneda cada vez que salga a bailar uno de estos ritmos. Si sale cara baila salsa y si sale sello baila merengue. Luego, cada vez que suene salsa, el 50% de las veces, su desempeño caerá de 9 a 2. Y, de la misma manera, cada vez que suene merengue su desempeño caerá de 10 a 1. Su estrategia será:  $\{I \rightarrow Y\}, \{J \rightarrow W\}, \{K, L\} \rightarrow \{X, Z\}$ .

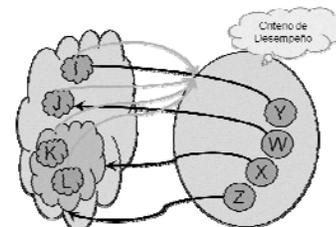


Figura 7: Manejo no efectivo de complejidad para el juego A

**Falta de variedad requerida en el dominio operacional:** Supóngase, ahora, el caso en el que ella es capaz de distinguir todos los ritmos en cuestión, pero no sabe bailar merengue. En este caso, su mejor opción es bailar vallenato cada vez que suene merengue. Y, por supuesto, su desempeño caerá de 10 a 3. Su estrategia será:  $\{I \rightarrow Y\}$ ,  $\{J, L \rightarrow W\}$ ,  $\{K \rightarrow X\}$ .

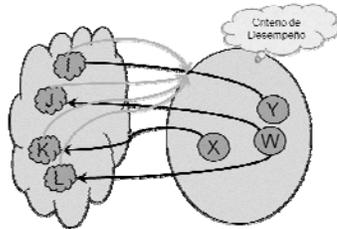


Figura 8: Manejo no efectivo de complejidad para el juego A

En el ejemplo se presentan dos situaciones donde la efectividad del sistema se ve mermada debido a su incapacidad para satisfacer la variedad requerida por la situación. En el primer caso, no saber distinguir entre salsa y merengue, es decir, no atenuar de manera efectiva la variedad del entorno tiene un costo de oportunidad que fluctúa entre 7 y 9 unidades. En el segundo caso, la incapacidad del sistema en dar respuesta a las perturbaciones del entorno, es decir, no tener suficiente capacidad para amplificar su variedad tiene un costo de oportunidad igual a 7. Como se observa, un mal manejo de la complejidad bien sea desde el dominio informacional o desde el dominio operacional conlleva consecuencias no deseadas para el sistema. De allí la relevancia del cumplimiento de la ley de variedad requerida para las organizaciones.

## 5. DISCUSIÓN Y REFLEXIONES DE CIERRE

- Una herramienta utilizada por el grupo docente para pasar del dominio informacional al dominio operacional en la enseñanza de temas relacionados con la cibernética organizacional es la integración de aportes de la teoría de juegos y la economía experimental a los contenidos del curso. En el documento se presenta un resumen de algunas aplicaciones que vinculan los temas de Teoría de Juegos, Economía Experimental y Cibernética.
- Consideramos que los juegos pueden simular sistemas sociales, y por ello algunas de las herramientas planteadas en la teoría de juegos y la economía experimental pueden ser útiles para analizar dichos sistemas. En particular utilizar algunos elementos de la teoría de juegos como una fuente práctica para estudiar sistemas.
- A nivel docente, fue enriquecedor compartir los conceptos de la cibernética organizacional por medio de juegos y ejercicios prácticos, como un complemento al estudio de casos. Consideramos que el abrir espacios de interacción donde los estudiantes puedan vincular sus experiencias vivenciales con los conceptos de la cibernética organizacional fue una adecuada práctica docente.
- Con base en nuestra experiencia, desarrollada en este curso en particular, pero también en los cursos anteriores en los que hemos participado, consideramos que la lúdica es una herramienta de enseñanza que atrae a estudiantes jóvenes. Nos parece importante abrir espacios de encuentro donde los estudiantes sean parte activa de su proceso de aprendizaje y, a la vez, se diviertan mientras

integran la teoría, la herramienta y la práctica de los cursos.

- Aprovechar la integración de conceptos de la teoría de Juegos en el contexto de problemas cibernéticos, posiblemente abre un campo interesante de investigación. En particular creemos que los desarrollos en teoría de juegos cooperativos puede aportar significativamente al avance de la cibernética organizacional, así como, los desarrollos alcanzados en la teoría de juegos no cooperativos en los temas de regulación y contratos.

## Agradecimientos

Los autores de este artículo queremos agradecer a los monitores del curso de "Estrategia Organizacional": Érika García, Víctor Espinoza, Yhesica Ramírez, Patricia Rodríguez, María Carolina Rojas; a los estudiantes doctorales: José Bermeo, Juan Camilo Bohórquez, Ricardo Bonilla y Jorge Villalobos; a los más de 200 estudiantes que nos ayudaron directamente a producir este trabajo y a los más de 800 estudiantes de quienes tantas lecciones hemos aprendido a lo largo de nuestra experiencia docente en los temas de la estrategia organizacional.

## 6. REFERENCIAS

- [1] R. Espejo, y otros, **Organizational transformation and learning, a cybernetic approach to management**. Chichester : Wiley, 1996.
- [2] A. Reyes y R. Zarama, "The process of embodying distinctions, a re-construction of the process of learning". 3, 1998, **Cybernetics & human knowing**, Vol. 5, págs. 19-33.
- [3] Aristóteles. **Ética Nicomaquea**. México : Editorial Porrúa , 1998.
- [4] J. Bermeo y R. Zarama, **Construcción de un modelo de talleres para el tallero : diseño de prácticas educativas para una intervención organizacional**. Tesis (Magister en Ingeniería Industrial). Bogotá, Colombia : s.n., 2001.
- [5] N.L. Lammoglia, **Autoethnospoiesis: hacia la invención de una función que de vela - trae-ahí-delante - (por construcción, deducción o reconstrucción) los sistemas sociales**. Universidad de los Andes. Bogotá : s.n., 2003. Tesis (Magister en Ingeniería Industrial).
- [6] R. Zarama y otros, "A Latino American requiem for Stafford Beer". [ed.] Raúl Espejo. 3/4, s.l. : Emerald, 2004, **Kybernetes, the international journal of systems & cybernetics**, Vol. 33, págs. 701-716.
- [7] J. Bermeo, "El juego como una metodología para observar el observador". Bogotá : Manuscrito pendiente de publicación, 2007.
- [8] N. Lammoglia, J. Bermeo y R. Zarama, "Una estrategia para observar sistemas sociales y su estrategia". Bogotá : Manuscrito Inédito, 2008.
- [9] J. von Neumann y O. Morgenstern, **Theory of Games and Economic Behavior**. Princenton : Princeton University Press, 1944.
- [10] Nobelprize.org. Economics 2002. **The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2002**. [En línea] 2008. [Citado el: 29 de 02 de 2008.] [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/economics/laureates/2002/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2002/).
- [11] M. Heidegger, **The question concerning technology, and other essays**. [trad.] William Lovitt. New York: Harper touchbooks, 1977.
- [12] G. Spencer-Brown, **Laws of form**. New York : E.P. Dutton, 1979.

- [13] G. de Zeeuw, "Three phases of science: A methodological exploration". 13, 2001, **Systemica**, págs. 433–460.
- [14] N. Luhmann, **Sistemas sociales, lineamientos para una teoría general**. [trad.] Silvia Pappé, Brunhilde Erker y Javier Torres Nafarrate. En español, 2. Barcelona : Anthoros Editorial. En coedición con la Universidad Iberoamericana, México D.F., y con el Centro Editorial Javeriano, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá, 1998.
- [15] A. Giddens, **The constitution of society, outline of the theory of structuration**. Paperback. Berkeley and Los Angeles : University of California Press, 1986.
- [16] J. Searle, **Actos de habla**. [trad.] Luis M Valdés Villanueva. 5. Madrid : Ediciones Cátedra, 2001.
- [17] C. Camerer y E. Fehr, **Measuring social norms and preferentes using experimental games, a guide for social scientists**. 2003. págs. 1-38.
- [18] W. R. Ashby, **An introduction to cybernetics**. Versión electrónica (1999) recuperado el 20 de 12 de 2007, de <http://pcp.vub.ac.be/books/IntroCyb.pdf>. London : Chapman & Hall, 1956.
- [19] S. Beer, **Diagnosing the system for organization**. Chichester : Wiley, 1985.
- [20] H. Bottomley, "How many Tic-Tac-Toe (noughts and crosses) games are possible?" [En línea] 2001. [Citado el: 23 de 01 de 2008.] <http://www.btinternet.com/~se16/hgb/tictactoe.htm>.
- [21] R. Espejo, **The viable system model, a briefing about organizational structure**. Aston Science Park, Birmingham : SYNCHO Limited, 2003.
- [22] S. Schaefer, "MathRec Solutions (Tic-Tac-Toe)". [En línea] 2002. [Citado el: 30 de 01 de 2008.] <http://www.btinternet.com/~se16/hgb/tictactoe.htm>.
- [23] Wikipedia contributors. "Tic-tac-toe". [En línea] 187890409 , Wikipedia, The Free Encyclopedia, 30 de 01 de 2008. [Citado el: 30 de 01 de 2008.] <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Tic-tac-toe&oldid=187890409>.
- [24] F. Vélez-Cruz, "Estrategia Organizacional". Bogotá, Colombia : s.n., 2008.