

# UN ENTORNO SISTÉMICO DE APRENDIZAJE SOBRE COMPLEJIDAD<sup>1</sup>

A systemic learning environment about complexity

Sánchez Mayoral P.<sup>2</sup>, Velasco Jiménez I.<sup>3</sup> y Pérez Ríos J.<sup>4</sup>

**Abstract (English)** The challenge to managers in the current turbulent environment is a formidable one due to its complexity. The ability to recognize what complexity means and to cope with it is something that managers should have. The training/education of students/managers should consider these issues. In this paper we present an Internet accessible educational environment that has been developed with the aim of familiarizing the students/managers with these aspects by means of software tools designed specifically for that purpose.

**Resumen (Castellano)** Es innegable la complejidad a la que se enfrentan las organizaciones y los directivos que las gobiernan. Ser conscientes de esta complejidad es el primer paso para poder abordarla. En la formación de alumnos/directivos deben incluirse contenidos y metodologías que les permitan comprender y tratar la complejidad de los problemas a los que se va a enfrentar, y con ello mejorar la calidad de sus decisiones. En esta comunicación se muestra un entorno informático docente desarrollado con la finalidad de familiarizar al alumno con el concepto de complejidad, mediante aplicaciones diseñadas para tal fin y accesibles vía Internet.

**Keywords:** complexity, system dynamics, business games, design and diagnosis of organizations; **Palabras clave:** complejidad, dinámica de sistemas, juegos de empresa, diseño y diagnóstico organizativo.

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (Plan Nacional de I+D+i). Ref.: CSO2010-15745.

<sup>2</sup> Pablo Sánchez Mayoral (✉) e-mail: mayoral@uva.es

<sup>3</sup> Iván Velasco Jiménez (✉) e-mail: ivan.velasco@uva.es

<sup>4</sup> José Pérez Ríos (✉) e-mail: rios@uva.es

INSISOC-Grupo de Pensamiento Sistemico. E.T.S.I. Informática, Universidad de Valladolid Campus Miguel Delibes, Paseo de Belén 15, 47011 Valladolid, Spain

## **1 Introducción**

En general el entorno de la mayor parte de las organizaciones, y ellas mismas, es altamente complejo, tanto por la cantidad de variables que contienen como por la multiplicidad de interrelaciones entre ellas, la velocidad a la que cambian, y la consecuente dificultad que entraña valorar las consecuencias de los actos.

Ser conscientes de esta complejidad es el primer paso para poder adaptarse a ella y tratarla. Por esta razón, en los currículos formativos para directivos de cualquier ámbito, además de los contenidos y metodologías tradicionales, debiera incorporarse material y actividades que permitan al alumno comprender la complejidad de los problemas a los que se va a enfrentar, a la vez que proporcionarle métodos y herramientas que le ayuden a abordar esa complejidad y, con ello, mejorar la calidad de sus decisiones.

## **2 Objetivo**

El objetivo de esta comunicación es mostrar el desarrollo de un entorno informático docente mediante el cual los alumnos pueden acercarse al concepto de complejidad, a través de aplicaciones informáticas diseñadas para tal fin. Dicho entorno dispone de dos zonas diferenciadas: la primera de ellas dedicada al estudio de la complejidad dinámica y la segunda a la comprensión de la relación entre complejidad y diseño organizativo. La complejidad dinámica se tratará con la dinámica de sistemas y los juegos de empresa, mientras que la complejidad y su relación con el diseño organizativo se estudiará a través de la cibernética organizacional (en concreto el Modelo de Sistemas Viables de S. Beer) y un software específicamente desarrollado que facilita su comprensión y aplicación práctica.

## **3 La complejidad dinámica**

La utilidad de la simulación con Dinámica de Sistemas como apoyo para la toma de decisiones ante problemas complejos rápidamente fue reconocida. Como consecuencia de ello se desarrollaron herramientas informáticas que han facilitado el uso y la extensión de esta metodología en entornos tanto académicos (docentes e investigadores) como empresariales: Vensim, iThink, Stella, Powersim, AnyLogic, etc.

Un problema que, en general, tenían estos paquetes de software de dinámica de sistemas era su complejidad: estaban concebidos más para modelar que para simu-

lar y jugar. Otra dificultad radicaba en la necesidad de disponer e instalar el software de simulación para poder interactuar con un modelo. Todo ello complicaba su utilización en el ámbito docente. Sin embargo, en este sentido se han logrado avances importantes, al comercializarse actualmente paquetes de software que, por un lado ofrecen modos de uso más amistosos y, por otro, permiten la publicación de modelos en Internet y su utilización, por parte de muchos usuarios, mediante un simple navegador.

Una de las grandes ventajas de la dinámica de sistemas y de los juegos de empresa basados en ella, radica en el hecho de que el modelo que subyace es explícito, esto es, se puede consultar por el usuario. Podemos enriquecer enormemente el proceso de aprendizaje, es decir, la comprensión de la estructura del problema tratado (la que determina su comportamiento), accediendo al modelo que gobierna el juego. Contrariamente a lo que ocurre con los juegos de empresa del tipo “caja negra”, en los que el usuario toma decisiones, comprueba los resultados de las mismas y, a base de iteraciones sucesivas y múltiples ensayos, consigue, en el mejor de los casos, vislumbrar de manera vaga las causas de la evolución observada.

Como consecuencia de esta ventajosa combinación de dinámica de sistemas y simuladores de empresa fueron surgiendo juegos de propósito formativo y divulgador que han tenido gran aceptación en universidades y escuelas de negocio de todo el mundo. Ejemplos muy conocidos son: People Express Management Flight Simulator (J. Sterman, MIT) o Beefeater Restaurants Microworld (K. Warren, Strategy Dynamics).

En nuestro grupo tenemos una línea de trabajo docente que pretende desarrollar aplicaciones con rasgos similares a los que acabamos de describir. En ella se enmarcan el BeerGame Software y el OligopolyGame Software.

A partir del popular Beer Distribution Game (desarrollado por Sterman, MIT, y distribuido por la System Dynamics Society), juego para la representación de un sistema de distribución, que en sus primeros años se ejecutaba de forma física (en una sala y empleando fichas y tarjetas), hemos desarrollado una versión electrónica para Internet.

El Beer Game fue creado con la finalidad demostrar cómo un sistema, a priori sencillo (un canal de distribución cuyos participantes sólo reciben y emiten pedidos<sup>5</sup>), puede tener fácilmente un comportamiento altamente oscilatorio, ineficiente y muy alejado del óptimo, como consecuencia de la carencia de una visión sistémica del problema. Los participantes toman decisiones racionales, pero excesivamente locales; decisiones basadas en un modelo mental muy limitado, que no tie-

---

<sup>5</sup> Más información sobre las características del juego en [www.beergamevalladolid.org](http://www.beergamevalladolid.org)

ne en cuenta la estructura y los retrasos existentes en el sistema global en el que se encuadran.

Con el software actualmente en explotación ([www.beergamevalladolid.org](http://www.beergamevalladolid.org)) el profesor administrada los alumnos y supervisa las sesiones (partidas). Los alumnos adoptan uno de los roles existentes (productor, intermediario o minorista) y, periodo a periodo, van tomando las decisiones que consideran oportunas (fig. 1).



**Fig. 1** Software Beergame: pantalla de juego.

Antes de iniciar una sesión, el profesor debe configurar los parámetros del juego, entre los cuales están el número de participantes (intermediarios en el canal de distribución), la curva de demanda de los compradores finales del producto o los tiempos (de fabricación, de comunicación y de transporte de un pedido). Estas posibles configuraciones permiten ensayar diferentes escenarios y observar, por ejemplo, cómo los comportamientos indeseables del sistema se acentúan con tiempos de pedido mayores, cómo la disfuncionalidad del sistema es todavía mayor a medida que crece el número de participantes o cómo, incluso con demandas prácticamente constantes, el sistema acaba teniendo un comportamiento inestable. Por último, el software dispone de un sistema de comunicación integrado entre el profesor y los alumnos, que facilita mucho la utilización de forma remota.

Para el software OligopolyGame ([www.iberfora2000.org/oligopolygame](http://www.iberfora2000.org/oligopolygame)) nos hemos basado en un modelo de dinámica de sistemas del mercado oligopolístico (elaborado por Martínez Vicente, CSIC) donde el usuario toma decisiones sobre un conjunto de variables de una empresa que compite en el mercado con otras dos. El objetivo es mejorar el beneficio a lo largo de 36 meses (iteraciones).

El programa dispone de un módulo de administración donde el profesor gestiona los alumnos y las sesiones. Desde aquí, y en función de los objetivos de aprendizaje, puede seleccionar el grado de información de que dispondrá el alumno en sus simulaciones, eligiendo uno de entre los 4 niveles acumulativos posibles: in-

formación sobre decisiones y resultados de su empresa, diagramas causales (general y parciales) que gobiernan el simulador, decisiones y resultados de las otras dos empresas y ecuaciones del modelo.

Los alumnos pueden realizar tantas simulaciones como deseen sin interactuar con el motor de simulación que hay debajo (Vensim). Van dando valores a las variables palancas y observando los resultados de sus decisiones en un cuadro de mando con información numérica y gráfica. Los resultados de las simulaciones se pueden guardar para su análisis posterior. La pantalla principal de una simulación se muestra en la fig. 2.

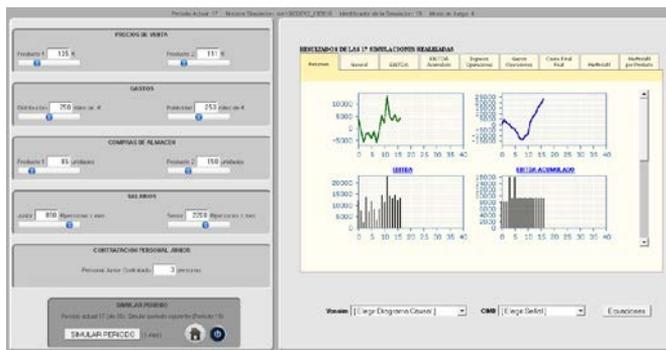


Fig. 2 Software OligopolyGame: pantalla de juego.

El juego incorporará en un futuro dos novedades en las que actualmente trabajamos: por un lado la posibilidad de ampliar a tres el número de actores de una simulación (las tres empresas del oligopolio) y, por otro, la posibilidad de introducir en las simulaciones comentarios de los alumnos sobre sus expectativas, motivos de su decisión o valoración de resultados. Esta información puede ser de gran interés para la posterior obtención de conclusiones y, en definitiva, la consecución de un aprendizaje más rico.

## 4 Complejidad y diseño organizativo

En términos cibernéticos se utiliza el concepto de *variedad* como indicador del grado de *complejidad* de un problema (Ashby, 1956) y equivale al número de estados posibles y comportamientos actuales o potenciales que se pueden dar en una determinada situación o problema. Podríamos decir que la función de un directivo sería básicamente hacer frente a la complejidad (variedad) de las situaciones a tratar. Por otro lado pretendemos que la organización sea *viable*, es decir logre sus fines y mantenga su existencia a lo largo del tiempo. Para ello debe ser capaz de hacer frente a la complejidad (variedad) del entorno en el que opera. La cuestión

es, ¿cómo hacer frente a la enorme variedad, característica de los entornos organizativos? La Cibernética Organizacional (CO) responde a esta cuestión proponiendo diversos procedimientos (Pérez Ríos, 2008a). Veamos dos de ellos.

Por un lado *desdoblando verticalmente la complejidad*: descomponiendo el entorno en sub entornos y éstos a su vez en sub sub entornos. A cada sub entorno le corresponden organizaciones más pequeñas dentro de la organización global, de forma que sea menor la complejidad a la que se deben enfrentar. Este desdoblamiento se puede realizar según diferentes puntos de vista denominados *criterios de recursión*. Y por otro, una vez realizado el desdoblamiento vertical, *equilibrando la variedad* de la organización en foco con la del entorno que le corresponde. Aquí es donde radica la esencia del denominado Modelo de Sistemas Viables (MSV).

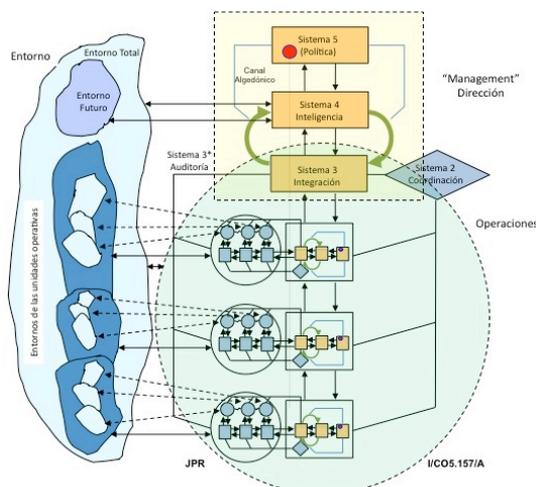


Fig. 3 MSV mostrando el segundo nivel de recursión (Pérez Ríos 2008a, p.56)

El MSV (Beer, 1985) establece las condiciones necesarias y suficientes para que una organización sea viable: que en ella estén presentes 5 funciones o subsistemas considerados como imprescindibles y que, simplificando drásticamente, serían sistema 1 (implementación), sistema 2 (coordinación), sistema 3 (integración), sistema 3\* (complemento del 3, canal auditor), sistema 4 (inteligencia) y sistema 5 (identidad).

El MSV es recursivo. El Sistema 1 de una organización cualquiera puede estar compuesto por unidades operativas (nuevas organizaciones) responsables de líneas de actividad distintas. La creación de estas unidades operativas viene determinada por la forma en que el management quiere dividir la variedad del entorno en el que opera (desdoblamiento de la complejidad). Estas unidades operativas (sub organizaciones) resultantes tendrán, a su vez, su sistema 1 compuesto de nuevas unida-

des operativas, y así sucesivamente. Al nivel en que se sitúa una organización en este proceso de desagregación lo denominamos *nivel de recursión*. En la fig.3 se puede apreciar una organización en cuyo S1 están las unidades operativas/sub-organizaciones (3 en este ejemplo) con una estructura que es una réplica de la del sistema en foco, eso sí, giradas 90° a efectos de visualización. Una explicación más detallada del MSV se puede encontrar en Pérez Ríos (2008a, 2010, 2012).

Es sencillo comprender la dificultad que entrañaría aplicar el modelo y mostrar gráficamente la estructura resultante en el caso de organizaciones de cierto tamaño y altamente diversificadas, para todos los criterios y niveles de recursión empleados. El software VSMoD®<sup>6</sup> (Pérez Ríos 2003, 2006, 2008b) pretende facilitar esta tarea.

Mediante este software se pretenden dos objetivos. Por un lado facilitar la aplicación práctica del MSV, dada la complejidad, arriba descrita, que puede llegar a tener la estructura de una organización de cierta entidad y, por el otro, facilitar el aprendizaje del propio modelo por parte de directivos y la implementación en él de ejemplos o casos de organizaciones reales o imaginarias.

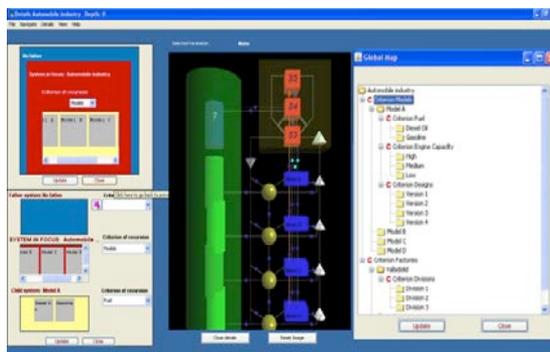


Fig. 4 Software VSMoD®: pantalla general de una organización en foco (Pérez Ríos 2012, p.77)

Con VSMoD® podemos crear una compleja estructura vertical de una organización, a través de diferentes criterios y niveles de recursión. Para cada organización resultante de esta estructura vamos a poder introducir la información (en cualquier formato digital) relativa a todos y cada uno de los elementos (sistemas 1 a 5) que, según el MSV, se requieren para su viabilidad, incluidos los canales de comunicación y el entorno en el que opere esa organización en foco. Y podremos navegar por esta estructura, cambiando de nivel y dimensión, con suma facilidad. En la fig. 4 podemos ver una pantalla del software. El perfil docente de VSMoD® se verá fortalecido en un futuro con la versión Web (actualmente en desarrollo) y con la integración de un tutorial-guía para su aplicación en cualquier organización.

<sup>6</sup> VSMoD® se encuentra disponible para uso educativo e investigador en [www.vsmoD.org](http://www.vsmoD.org)

## 5 Conclusiones

Se necesita mayor formación en complejidad. Los problemas a los que se enfrentan los directivos así lo demanda. Es preciso que éstos tomen conciencia del problema y conozcan las herramientas metodológicas y prácticas que permiten abordar esa complejidad. Para ello, hemos desarrollado algunas aplicaciones informáticas mediante las cuales tratamos el concepto de complejidad dinámica y la relación entre complejidad y diseño organizativo.

Por lo que respecta a la complejidad dinámica hemos desarrollado juegos de empresa basados en dinámica de sistemas, a los que hemos dotado de funcionalidades que permiten un aprendizaje más profundo: acceso Web, posibilidad de cambios en los parámetros del juego, diferente número de participantes, diferente grado de información disponible para el jugador y posibilidad de guardar y comentar las simulaciones.

Por lo que respecta al diseño organizativo, hemos desarrollado un software específico que permite aplicar la CO y el MSV de Stafford Beer. VSMoD® permite mostrar y tratar con relativa facilidad la compleja estructura a que puede dar lugar la aplicación del MSV a una organización de cierto tamaño, con varios niveles, criterios de recursión y organizaciones conectadas entre sí, y que difícilmente podría ser representado y manejado si no es con un software ad hoc.

## 6 Referencias

- Ashby, W.R. (1956). *An Introduction to Cybernetics*, Vol. 2, Chapman Hall, London.
- Beer, S. (1985). *Diagnosing the System for Organizations*. John Wiley & Sons. Chichester.
- Pérez Ríos, J. (2003). VSMoD®: a software tool for the application of the Viable System Model, 47th Annual Conference of the International Society for the Systems Sciences (ISSS), Heraklion, Crete, Greece.
- Pérez Ríos, J. (2006). Communication and information technologies to enable viable organizations. *Kybernetes* Vol. 35, No. 7/8.
- Pérez Ríos, J. (2008a). Diseño y diagnóstico de organizaciones viables. Un enfoque sistémico. Iberfora 2000. ISBN: 978-84-612-5845-1.
- Pérez Ríos, J. (2008b). Supporting Organizational Cybernetics by Communication and Information Technologies (VSMoD®). *International Journal of Applied Systemic Studies (IJASS)*. Vol 2 No.1/2, pp.48–65.
- Pérez Ríos, J. (2010). Models of organizational cybernetics for diagnosis and design. *Kybernetes* Vol 39 No. 9/10, 2010 pp.1529-1550.
- Pérez Ríos, J (2012). *Design and Diagnosis for Sustainable Organizations. The Viable System Method*. Springer.