

MODELOS DE SIMULACION COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES

Guía de estudio preparada por
Prof. Héctor Zamorano
Cátedra de Práctica Profesional – Sistemas de Información
Facultad Ciencias Económicas y Estadística - UNR

INDICE

1. Introducción	2
2. La Empresa como Sistema Social	3
2.1. Empresa Sistema	3
2.2. Sistema Social	4
3. Teoría de la Representación	4
3.1. Modelos de la Realidad	4
4. La Dinamica de Sistemas	6
4.1. Un poco de historia. Surgimiento de la Dinamica de Sistemas	6
4.2. La Simulación de un Modelo de Dinámica de Sistemas	11
5. Trabajando con el Pensamiento Sistémico	12
5.1. Una comparación entre la madura Dinámica de Sistemas y el joven Pensamiento Sistémico o System Thinking	13
5.2. El análisis sistémico aplicado a una formación social	13
6. Un ejemplo práctico del uso de modelos matemáticos y su simulación	14
6.1. Desarrollo del caso	15
6.2. Solución del caso	16
7. Conclusión	19
Referencias Bibliográficas	22

MODELOS DE SIMULACION COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES

1. Introducción: En la empresa, los niveles políticos deben tomar decisiones estratégicas que influirán en el mediano y largo plazo de la organización.

A efectos de dar cuenta del desempeño de los distintos subsistemas en cuanto al cumplimiento de los objetivos que se le asignaron, congruentes con la Misión definida, es que se elaboran informes que exteriorizan la evolución de las principales variables involucradas.

Este “control de la gestión” permite analizar comportamientos no deseados y realizar las correcciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos fijados.

Se conforma así un proceso de retroalimentación donde el sistema incorpora el conocimiento de los resultados alcanzados durante un período anterior, permitiéndole adecuar su funcionamiento en el período siguiente.

Este mecanismo hace entonces necesario que las unidades de tiempo insumidas por dicho proceso de retroalimentación sean las menores posibles, para poder realizar cambios en forma inmediata ante la presencia de anomalías respecto a lo esperado.

Ahora bien, es evidente que estos controles de gestión, si bien no solo son necesarios sino imprescindibles, refieren a hechos ocurridos, describen lo pasado.

Ante tal situación, siempre que ocurra un comportamiento no deseado en una variable del sistema y se deba tomar una decisión para intentar corregir su evolución, los efectos de tal decisión podrán ser evaluados recién después que transcurran algunas unidades de tiempo desde su ejecución, con el agravante de que los controles de gestión podrían mostrar, a pesar de las medidas tomadas, un mayor deterioro de la variable que se quiso reencauzar.

Este marco de situación indica que mediante los controles de gestión tradicionalmente utilizados, para evaluar los efectos de una decisión, deberemos esperar que el sistema reaccione a su implementación y transcurra algún tiempo para darnos cuenta de si tal decisión fue correcta o no.

Surge así un punto cuestionable respecto a la suficiencia de los “controles de gestión” en cuanto herramienta sustentadora de decisiones que mantengan el comportamiento del sistema en sintonía con su Plan Estratégico. Pareciera que los órganos decisorios debieran recurrir al procedimiento de “prueba y error”: implementar una decisión, controlar sus efectos, corregir,

Resultaría sumamente alentador en tal sentido, poder contar además con una herramienta que permitiese corroborar hipótesis, comprobar los efectos de las decisiones antes de que éstas sean implementadas. Una herramienta que contestase la pregunta : ¿qué sucedería sí ...?

2. La empresa como sistema social: Resulta indiscutible que la empresa es una formación social. Se trata de uno de los ámbitos naturales de actuación del profesional en Ciencias Económicas. Y las Ciencias Económicas son una ramificación de ese gran tronco disciplinar que son las Ciencias Sociales.

Los profesionales en Ciencias Económicas trabajan con personas, comunicaciones, expectativas, conflictos, valores.

Además, la empresa conforma un sistema, o sea que se trata de una red de interrelaciones que se producen en su interior, y que dado el particular comportamiento e interacción producido por sus elementos componentes es posible de ser distinguida del entorno.

El hecho de que el ámbito de actuación sea un “sistema” y que dicho sistema sea “social” caracteriza de manera determinante su análisis.

2.1. empresa sistema: Tanto la Cibernética del segundo orden como la Teoría General de Sistemas proveen de los conceptos necesarios para analizar, comprender y describir un sistema.

En éste trabajo solo se hará foco en un tema de vital importancia para analizar los efectos de la toma de decisiones y el control de gestión, y dicho tema es el referido a la existencia de “relaciones de causalidad circular” entre las variables de un sistema.

Esta idea de causalidad circular se contrapone a la consideración de las relaciones causa-efecto de manera lineal.

Sustenta que una modificación en una variable del sistema producirá un efecto que hará que otra u otras variables se modifiquen, y estas modificaciones desencadenarán nuevas variaciones en otras variables, hasta que al cabo de un tiempo, aquella primer variable que inició los cambios se verá afectada por causa de las mismas variaciones que ella comenzó. Todo esto respondiendo a que las variables de un sistema se encuentran interrelacionadas, no son independientes, conformando una red de interacciones causa-efecto.

2.2. sistema social: Que el sistema sea social nos aleja de la posibilidad que tienen las Ciencias Físicas y las Naturales, donde algún elemento puede ser analizado separadamente y sometido a una serie de experimentos para observar su reacción.

Siguiendo los conceptos de la cibernética del segundo orden, los sistemas objeto de estudio se construyen a partir de observaciones, por lo que al realizar una segunda observación, lo que se hace es observar la observación (Luhmann N. 1997). Esto nos acerca al concepto de modelo.

Por otro lado, siguiendo con los aportes teóricos de la cibernética del segundo orden, lo que marca la diferencia con la del primer orden es que ya no se trata de la observación de los sistemas, sino la observación de los sistemas observando, lo que implica toda una caracterización para nuestros modelos representativos, dado que el observador no puede colocarse fuera del sistema para su observación aséptica y objetiva, sino que se encuentra dentro del sistema, interactúa con él, más aún, pone en su representación todos sus prejuicios, puntos de interés, postura ideológica, experiencia previa, que hace entonces de su modelo una postura subjetiva y por tanto no única.

3. La teoría de la representación:

“Como conocemos es lo que existe”

Esta afirmación pertenece a S. Woolgar (1991) quien analiza que el conocimiento se logra por medio de una representación de los objetos. De tal manera, no serían los objetos los que permiten la construcción de una representación, sino que la representación que de ellos nos hacemos son los que nos permiten tomar conocimiento del objeto. Esto avalaría la posibilidad de que un mismo objeto pueda tomar distintas formas según sea la perspectiva de la representación que se utilice.

3.1. Modelos de la realidad:

Al observar y analizar una determinada situación social, el observador constituirá el objeto observado mediante una representación. Tal representación no es otra cosa que un modelo de la realidad bajo análisis.

Un modelo es una representación formal que incluye aquellos elementos de la realidad que considera esenciales desde la perspectiva del observador y a los efectos de la observación.

Esto implica que habrá elementos considerados intrascendentes y que serán dejados de lado, centrando la atención en los aspectos reconocidos como fundamentales.

La utilización de modelos para captar la realidad y poder en consecuencia tomar una decisión no es algo extraño ni novedoso. En la vida cotidiana todas las personas utilizan modelos mentales para apoyar sus más elementales tomas de decisiones.

Puestos dos observadores a analizar un sistema, es muy probable que sus descripciones resulten al menos en parte diferentes. Tales divergencias se atribuyen a los diferentes modelos representativos que construyeron, ya sea por sus diferentes experiencias y perspectivas, ya por perseguir distintos objetivos de análisis.

Los analistas suelen recurrir a modelos formalizados a efectos de poder explicitar sus propios modelos mentales y poder transmitir con mayor facilidad sus argumentos; tenemos así modelos físicos como las maquetas, modelos gráficos que permiten visualizar tendencias y proporciones, modelos abstractos como los matemáticos mediante los cuales se muestran relaciones entre las variables de un sistema, pudiendo ser llevados a un ordenador para su cálculo y resolución.

Esos modelos con los que se representa el sistema bajo análisis adquieren una utilidad mayor a la de solo explicitar el modelo mental del observador cuando son utilizados a efectos de ayudar a la toma de decisiones.

Decidir implica un proceso de selección entre varias alternativas. Una vez seleccionada una alternativa, ésta se pone en acción, con lo que indudablemente se producirán una serie de modificaciones en el sistema: los sistemas sociales son dinámicos, con lo que presentan una fisonomía distinta en cada unidad de tiempo.

Esta consideración nos lleva a la necesidad de tomar en cuenta las consecuencias de la alternativa seleccionada, y poder evaluarlas en cuanto a sus efectos en el mediano y largo plazo.

Surge así una buena razón para justificar el uso de modelos formales: la mente humana sólo está preparada para manejar un muy reducido número de variables y en muy corto lapso de tiempo hacia el futuro.

Otro elemento a tomar en cuenta es que el esquema lingüístico utilizado para transmitir la representación del objeto analizado puede ser tergiversado por los otros producto de diferencias ideológicas, culturales, o de los distintos intereses y perspectivas profesionales de quienes lo reciben.

Por tanto, con un modelo formal resultaría posible expresar concreta e indudablemente la representación del objeto, tomar en consideración todas las variables que resultan esenciales al sistema analizado, y podrían tomarse en cuenta además los posibles efectos a mediano plazo de un cambio en alguna (o varias) de las variables incluidas cuando en los cálculos matemáticos incorporamos la variable tiempo.

4. La Dinámica de Sistemas:

En el trabajo del profesional, donde se tiene la pretensión de aplicar los presupuestos teóricos del pensamiento sistémico, es necesario encontrar una herramienta que haga de nexo entre la teoría y la práctica.

Esa herramienta deberá contemplar, entre otras cuestiones, las siguientes:

- permitir analizar el problema social en cuestión inserto dentro de un todo, con una visión holística.
- Posibilitar la determinación de la red de interrelaciones entre los componentes del sistema, de manera de poder ver los bucles de relaciones causales originados por las mutuas influencias de las variables.
- Facilitar la explicitación de dichas relaciones mediante algún tipo de formalización matemática que nos permita simular el comportamiento del sistema en condiciones similares a las de laboratorio.
- Proveernos de una idea del comportamiento del sistema en el mediano o largo plazo.
- Incluir a los actores y al observador en esa postura reflexiva de la cibernética del segundo orden: observarse observando.

En tal sentido, aparece una metodología específica, inmersa en un movimiento filosófico, científico y técnico, denominada Dinámica de Sistemas (Aracil 1983).

4.1. Un poco de historia: surgimiento de la Dinámica de Sistemas.

En torno a la Segunda Guerra Mundial comienza el desarrollo de las computadoras como máquinas electrónicas dotadas de gran capacidad de

cálculo y que serían llamadas a impulsar los desarrollos científicos y tecnológicos en todos los campos del saber y quehacer humanos. A consecuencia de esto se inicia también un cuerpo de doctrina denominado informática (Aracil 1983) tendiente precisamente a estudiar el uso del computador.

Casi simultáneamente, Norbert Wiener (1894 – 1964) dio el nombre de cibernética a otra elaboración paradigmática a partir del análisis de los procesos de comunicación y control tanto en máquinas como animales, dando como resultado uno de los más importantes conceptos actualmente en uso para el análisis de los sistemas sociales: los mecanismos de retroalimentación (feedback). Wiener advirtió la existencia de procesos de retroalimentación y control en una considerable gama de sistemas naturales y sociales, procesos éstos que permiten la autorregulación en los organismos vivos y en los servomecanismos de los dispositivos técnicos. Al respecto resulta importante volver sobre las explicaciones que sobre la cibernética del primer y segundo orden han sido comentadas en párrafos anteriores.

En los años de la postguerra, el biólogo L. von Bertalanffy acuña el término Teoría General de los Sistemas.

La Teoría General de Sistemas conforma una manera sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, permitiendo además formas de trabajo interdisciplinarias.

La fundamental característica de éste paradigma científico se encuentra en su perspectiva holística e integradora, donde lo importante a ser considerado son las interrelaciones y los conjuntos de elementos que por su particular comportamiento permiten sean distinguidos del entorno.

Esta forma de observar la realidad surge en contraposición a los enfoques analíticos y reduccionistas que se venían empleando hasta entonces.

A partir de principios extraídos de la biología, Bertalanffy conforma entonces una idea de totalidad orgánica, enfrentada con el anterior paradigma que se basaba en una imagen inorgánica del mundo.

Cuando se habla de sistemas aparece la idea de totalidad, pero las propiedades de esa totalidad no responden a la simple agregación de partes o componentes y sus respectivas propiedades. Esa totalidad surge como algo distinto de sus componentes, y sus propiedades se generan en el interjuego de relaciones de dichas partes, surgiendo también como distintas a las de quienes la conforman. Esta explicación responde al

principio Aristotélico de que el todo es más que la suma de las partes (todo / parte).

Tomando éste primer principio y enriqueciéndolo, Bertalanffy observa que un sistema es distinguible de su entorno por la particular manera de relacionarse de sus componentes entre sí y con respecto al medio donde se desenvuelve. Incorpora entonces un segundo paradigma: la relación todo / entorno, quedando de esta manera explicitado que un sistema establece un flujo de relaciones con el ambiente donde actúa.

Evidentemente, en ésta relación con su entorno, el sistema se verá obligado a efectuar adaptaciones en su interior de manera que su accionar resulte congruente con el marco que le presenta el ambiente donde se desenvuelve.

Tenemos así un sistema que persigue un objetivo, tomando en consideración su supervivencia y la sustentabilidad de dicho objetivo, donde sus partes integrantes son interdependientes, y donde se produce un flujo de entradas y salidas por las cuales queda establecida una relación con el entorno.

De ésta manera, la Teoría General de Sistemas intenta aprovechar una tendencia generalizada a la integración de parte de todas las ciencias, intentando sentar bases para una teoría integrada de la organización y la complejidad.

La aparición de éstas disciplinas, informática, cibernética y teoría general de sistemas, conforman el denominado paradigma sistémico, a raíz del cual surge la dinámica de sistemas como metodología específica, como herramienta de aplicación de, precisamente, todas las proposiciones teóricas sustentadas por esta particular y consensuada manera de analizar los sistemas. A partir de éste desarrollo, otras similares metodologías fueron surgiendo con el transcurso del tiempo, como por ejemplo la denominada System Thinking, o como el Pensamiento Sistémico explicitado por Peter Senge en sus recientes publicaciones, por citar algunas de las más conocidas.

Es así que promediando el XX, el ingeniero Jay W. Forrester es llamado a resolver un problema relativo a oscilaciones bruscas en los pedidos de la empresa Sprague Electric, de similar fisonomía a los que se producían en los servomecanismos compensados incorrectamente. (Aracil, 1983).

Jay Forrester advirtió que las técnicas de investigación operativa y las simulaciones de tipo Monte Carlo no conducían a resultados satisfactorios,

dado que reconoció la importancia que jugaban en el problema los procesos de retroalimentación de información y los retrasos en la transmisión de información. Así Forrester estudió la idea de que los bucles de retroalimentación con retrasos producían las oscilaciones. De esta manera dio origen a la denominada Dinámica Industrial. Con posterioridad, y ante lo positivo de los resultados obtenidos por la Dinámica Industrial, esta metodología fue empleándose a otros tipos de sistemas, principalmente al estudio de las ciudades (dinámica urbana).

En 1970 Forrester fue invitado por el Club de Roma para intentar aplicar su metodología a la elaboración de un modelo del mundo. De tal manera, la antigua denominación se cambió por Dinámica de Sistemas.

La Dinámica de Sistemas trata de construir, recurriendo al conocimiento de expertos, modelos dinámicos de un determinado sistema, donde los bucles de retroalimentación juegan un papel primordial. Estos modelos son susceptibles de ser expresados matemáticamente, con lo que, pueden ser utilizados en un computador para realizar simulaciones.

Los sistemas sociales son esencialmente *dinámicos*, esto significa que varían en su conformación con el paso del tiempo. La variable tiempo no puede ser separada de la consideración de un sistema social, dado que una de las características fundamentales de éste es la retroalimentación. Por medio de la retroalimentación, un sistema controla objetivos deseados y objetivos alcanzados, modificaciones en el entorno, etc., y produce los cambios necesarios para corregir una dirección no deseada, con lo que se logran nuevos productos cuyo impacto vuelve a ser tomado por el proceso de retroalimentación, y así sucesivamente.

Básicamente, la dinámica de sistemas es una metodología para estudiar y manejar la complejidad de los sistemas que se retroalimentan con los resultados de sus acciones, como sucede por ej. en los negocios. Aquí la característica principal es la retroalimentación. Para su aplicación práctica ha desarrollado una especial manera de graficar el sistema bajo análisis (diagrama causal y diagrama de flujos y stocks). Actualmente, diversas marcas comerciales de software crearon interfaces que permiten rápidamente captar de los gráficos introducidos cuales son las relaciones entre los elementos y facilitan la construcción de los modelos matemáticos representativos de tales relaciones y su posterior simulación.

Debemos reconocer los particulares inconvenientes que presentan los sistemas sociales al momento de su análisis, dado que en ellos interviene

la conducta humana. En un sistema social, al decir de Jay W. Forrester, las personas actuarían como dientes en el engranaje social y económico; los individuos representan sus respectivos papeles a la vez que son movidos por la presión impuesta por todo el sistema.

La dinámica de sistemas combina la teoría, los métodos y la filosofía de los sistemas para analizar su comportamiento, habiendo surgido por la búsqueda de una mejor comprensión de la administración empresarial, extendiendo hoy su aplicación a los campos de la ecología, la política, la medicina, etc. La dinámica de sistemas muestra cómo van cambiando los estados de un sistema bajo observación a través del tiempo.

El punto de partida de un proyecto de dinámica de sistema será un problema a resolver o un comportamiento indeseable a corregir que ha sido observado o percibido en un sistema social. Para comenzar se recaba la información que, quienes participan en el sistema, poseen en sus mentes respecto del comportamiento de éste. Estas personas nos permitirán conocer la estructura del sistema y las normas que rigen sus decisiones. Téngase en cuenta entonces que no nos valdremos solo de datos cuantitativos, mensurables, sino que echaremos manos a algo mucho más prometedor: la experiencia humana.

Trataremos de descubrir las formas de retroalimentación que dispone el sistema, y organizaremos la información de manera de poder contar con un adecuado modelo representativo de la realidad bajo análisis.

“Al examinar una compañía, usamos nuestro conocimiento sobre la manera en que la estructura y las políticas determinan el comportamiento. Entrevistamos a la gente en relación con el modo en que toman sus decisiones. Las declaraciones que describen los motivos por los cuales se toman decisiones constituyen políticas que gobiernan una determinada acción. Un modelo de dinámica de sistemas es una estructura de políticas en interacción. Ellas determinan las decisiones cotidianas.” (Forrester, 1998).

Aquí Forrester se refiere a una empresa comercial, y es pertinente tomarlo como ejemplo, ya que las empresas son formaciones sociales que persiguen objetivos y están dotadas de racionalidad, o sea, son en definitiva, sistemas sociales.

Las entrevistas permiten elaborar un modelo descriptivo del comportamiento del sistema, que con toda seguridad será demasiado complejo para ser captado y resuelto por la mente humana, por ello

debemos recurrir a la simulación por computadora: básica y simplemente, el modelo es expresado en cuanto a sus relaciones por medio de ecuaciones matemáticas y lógicas que permitan su resolución por medio del ordenador. Así, estaremos en condiciones, siempre que el modelo sea suficientemente representativo del sistema, de simular el comportamiento de éste a lo largo del tiempo probando en él distintas medidas o cambios. De ésta manera no correremos los riesgos de “experimentar” nuestras decisiones en la realidad, ni deberemos esperar para evaluar los resultados. Esto permitiría por ejemplo, detectar que la retroalimentación de los efectos de determinado cambio considerado a priori conveniente, a través del tiempo resulta contraproducente porque no ha atacado el problema sino disimulado los síntomas.

La dinámica de sistema ayuda a comprender de qué manera las políticas afectan las decisiones: se construye un modelo de simulación donde se incluyen los centros de toma de decisión y las políticas que deben atender. De ésta forma el modelo generará flujos de decisiones controladas por las políticas y generando un determinado estado del sistema, el que se retroalimentará de los resultados obtenidos y volverá a generar flujos de decisiones que responden a políticas, y así sucesivamente. Es fácil darse cuenta entonces que, si el comportamiento observado a través del tiempo en la simulación es indeseable, habrá que cambiar las políticas.

Resultan sumamente alentadoras las expectativas de Forrester cuando sostiene que el diseño de sistemas sociales se convertirá en una profesión reconocida. “Los diseñadores de empresa serán capaces de reducir el número de errores en la estructura y políticas de las instituciones sociales. Un diseño correcto puede hacer que una empresa sea menos vulnerable a los cambios en el entorno empresarial... puede mejorar la estabilidad de empleo y producción” dijo Forrester. Y esto representa un muy serio desafío para el sistema educativo

4.2. La Simulación de un Modelo de Dinámica de Sistemas:

Simular un modelo elaborado con la metodología de la dinámica de sistemas implica en primer término, reproducir en la computadora el comportamiento del sistema real modelado.

Mediante el proceso de simulación se logran varios objetivos importantes:

- identificar los elementos ante cuyas variaciones el sistema es más sensible

- probar nuestras hipótesis o apoyar nuestras decisiones referidas a cambios en las políticas que determinan el comportamiento del sistema, sin operar directamente sobre el sistema real
- analizar los efectos a mediano y largo plazo de la instrumentación de cambios en el sistema
- explicar clara y concretamente las acciones a tomar
- Con la simulación se obtendrán los diferentes estados del sistema en cada unidad de tiempo y correspondientes a cada cambio en sus parámetros.

5. Trabajando con el Pensamiento Sistémico:

Una actual línea de acción que se basa en los conceptos de la teoría general de sistemas, preferentemente aplicada a los sistemas sociales empresa, y que tiene como uno de sus principales exponentes a Peter Senge, desarrolla lo que denomina pensamiento sistémico como metodología de abordaje de éste tipo de sistemas. Esta línea investigativa es coincidente con la corriente denominada system thinking, también abocada al análisis de los sistemas abiertos al aprendizaje, y que al igual que en el pensamiento sistémico intenta descubrir patrones de comportamiento dinámicos (arquetipos) mostrándolos de manera gráfica con la utilización de los denominados diagramas causales.

Se trata de una mejor, más natural y holística visión de los sistemas vivos, tales como los individuos, los equipos o las organizaciones, tratando de obtener una clara visión de la manera en que sobreviven y prosperan en un ambiente tan dinámico como el actual.

El pensamiento sistémico, al estar orientado a los sistemas empresa, resulta congruente con conceptos no solo vigentes sino de total aplicación en el campo de las organizaciones sociales todas, como son la planificación estratégica y el control de gestión.

Brevemente, la planificación estratégica tiene su punto de partida en la definición de la visión y la misión del sistema. El control de gestión permitirá verificar la manera en que se está cumpliendo con las metas de la misión fijada en pos de la visión definida. Cuando nuestro análisis debe focalizarse en formaciones sociales, no en meros agregados sociales, de cualquier tipo (tipo empresa, organizaciones gubernamentales, ONG's), los conceptos de la planificación estratégica deben ser tenidos en cuenta, ya que habrá una imagen del futuro que se desea (visión), lo que puede llegar a alcanzarse si se realiza el propósito para el cual la organización social se ha

conformado (misión) que para ser llevado a cabo convenientemente requiere cumplir con pautas y compromisos fijados (metas) los que serán medidos periódicamente para corregir los desvíos que pudieran producirse (control de gestión). Una idea de la manera de introducirse en el conocimiento de la formación social bajo análisis podría ser a través de preguntas de éste tipo:

- a) Dónde queremos estar o llegar?
- b) Cómo sabremos cuando hemos llegado allí?
- c) Dónde nos encontramos en éste momento?
- d) Cómo recorreremos el camino que resta?
- e) Qué puede llegar a cambiar en el entorno en el futuro?

Cómo se observa, se trata de una manera holística de encarar el análisis, dejando de lado problemas puntuales, y menos aún descomponiendo tales problemas en sus componentes, y sobre todo, teniendo siempre presente una visión de futuro.

5.1. Una comparación entre la madura Dinámica de Sistemas y el joven Pensamiento Sistémico o System Thinking

Ambos modos de aprehender la realidad de un sistema se dedican a analizar las mismas clases de sistemas y comparten totalmente la misma perspectiva. Ambos construyen idénticos diagramas causales para explicitar y documentar el análisis. La diferencia que podría mencionarse es que la Dinámica de Sistemas avanza un paso más mediante la construcción de un modelo matemático para su simulación por computadora que permita anticipar el posible efecto de políticas alternativas, que sea una herramienta útil como apoyo a la toma de decisiones. En suma, la utilización de los métodos sustentados por el systems thinking podrían interpretarse como la captación de los modelos mentales que se encuentran en la organización, reconstruyendo así patrones de comportamiento o arquetipos dinámicos y consistentes en sistemas complejos y susceptibles de adaptación, mientras que con la dinámica de sistemas incorporamos dichos patrones de comportamiento dinámico dentro de una estructura conformada por comunicaciones e interrelaciones que expresamos matemáticamente a efectos de su simulación.

5.2. El análisis sistémico aplicado a una formación social:

“El arte del pensamiento sistémico consiste, entre otras cosas, en evaluar las consecuencias del acto que escogemos” (P.Senge, 1995)

Cuando se analiza un sistema social, y debe proporcionarse una solución a un problema existente en el mismo, dado que indudablemente los estímulos o variaciones provocados en una de las variables componentes de tal sistema influirán en el resto recibiendo al tiempo el impacto de su propia variación (bucles de retroalimentación), es imprescindible que se analicen minuciosamente las consecuencias de la solución propuesta.

Otro importante aspecto a tomar en consideración es el reconocer que el mayor potencial del pensamiento sistémico se encuentra en incorporar al análisis los elementos intangibles conformados por las actitudes y las creencias insertas en el sistema, ya que de ésta manera se estará en condiciones de poner de relieve las estructuras subyacentes.

Finalmente, debe considerarse, tal como P. Senge lo afirma, que un buen pensador sistémico es quien puede ver el funcionamiento simultáneo de cuatro niveles:

- Acontecimientos
- Pautas de conducta
- Sistema
- Modelos mentales

Acontecimientos son todos aquellos eventos que se han detectado, generalmente como problemáticos, en el funcionamiento del sistema social que se está analizando.

Las pautas de conducta son los particulares comportamientos de algunas de las variables ocurridos en el sistema bajo análisis y que reflejarían en el tiempo, la repercusión de los acontecimientos detectados.

Sistema refiere al comportamiento sistémico de la organización social; reflejaría las influencias recíprocas existentes entre los elementos del sistema donde están contenidas las pautas de conducta. La idea es que la pauta de conducta de una variable (su comportamiento en el tiempo) puede ser explicada por otra pauta de conducta de otra variable vinculada.

Los modelos mentales son la exteriorización y consideración de las particulares formas de ver y comprender determinados aspectos del sistema, por parte de sus componentes. Su consideración supone tomar en cuenta cómo piensan los actores, como ven ellos los problemas, en fin, incluirlos en el análisis, hacerlos participar.

6. Un ejemplo práctico del uso de modelos matemáticos y su simulación:

A efectos de ejemplificar lo expresado hasta aquí, podría tomarse en consideración el caso práctico que se desarrolla en la Cátedra de Práctica Profesional – Sistemas de Información de la carrera de Contador Público en la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística de la Universidad Nacional de Rosario.

Se trata de un taller sobre Modelos Matemáticos y Simulación por computadora, cuyo objetivo es introducir al estudiante en la aplicación práctica de los conceptos sistémicos en relación con la planificación estratégica en las organizaciones.

6.1. DESARROLLO DEL CASO:

El problema a analizar está orientado a analizar si la política de una empresa, cuyas características se detallan luego, resulta correcta para mantener una situación de Caja y de Existencias equilibradas en un período de al menos 6 ejercicios. Entenderemos por “situación equilibrada” simplemente a que no deberemos quedarnos sin mercaderías para atender las ventas de un período y que nuestra situación financiera deberá tratar de no ser deficitaria en ningún momento.

La empresa comercializa un producto que a su vez adquiere en el mercado. Las ventas han sido estimadas de acuerdo a un pronóstico, cuyos datos concretos se encuentran en la tabla denominada Pronóstico de Ventas. El cobro de los montos vendidos se realiza 50% al contado y 50% a 30 días. Las unidades vendidas se reponen (se vuelven a comprar), existiendo en esta operación una demora de tres períodos para su concreción. Los pagos son al contado. La política de compras determina que se comprará todo lo necesario para la reposición mientras exista saldo de caja suficiente; de lo contrario se comprará lo que tal saldo permita, con un mínimo de \$ 1.250.- (o sea que se comprará el máximo entre el saldo de caja y 1.250).

En cada período se deben afrontar gastos operativos por \$ 7.000.-.

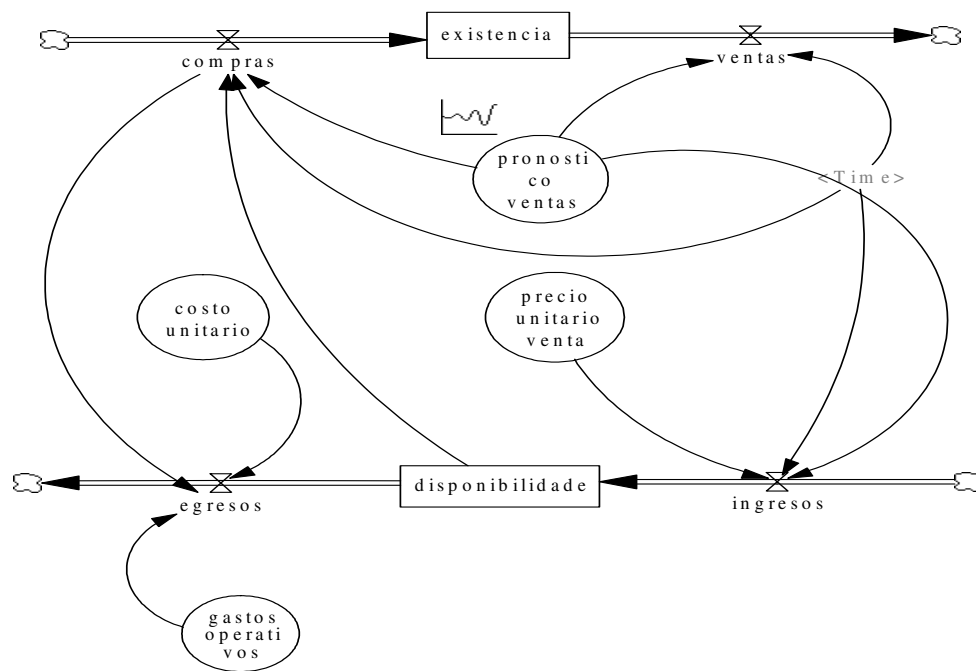
El escenario actual, y punto de partida para nuestro análisis determina:

- saldo inicial de caja de \$ 50.000
- existencia actual de unidades para la venta: 10.000
- precio de costo por unidad: \$ 7
- precio de venta por unidad: \$10

El objetivo de éste ejercicio es demostrar la insuficiencia de los modelos mentales para aprehender situaciones complejas, y cómo la falta de un análisis sistémico que contemple interrelaciones como realimentación de información en el transcurso del tiempo puede llevarnos a conclusiones equivocadas.

6.2. LA SOLUCIÓN DEL CASO :

El gráfico que se muestra a continuación expresa las interrelaciones del sistema mediante el denominado “diagrama de flujos y stocks”, elaborado de la manera que el software utilizado lo requiere, de tal forma que le permite “comprender” las relaciones y sus sentidos.



FORMULAS DEL MODELO:

```
(01)   compras=
        IF THEN
        ELSE(Time<3,0,MAX(1250,MIN(disponibilidades,pronostico ventas(Time
```

-3))))

Units: unidades

Repone las unidades vendidas con tres períodos de retraso..

(02) costo unitario=
7

Units: pesos

precio de compra de cada unidad

(03) disponibilidades= INTEG (
 +ingresos-egresos,
 50000)

Units: pesos

refleja el saldo de caja. Parte de un saldo inicial de \$ 50.000

(04) egresos=
 (compras*costo unitario)+gastos operativos

Units: pesos

monto de dinero que sale de la caja en el período

(05) existencias= INTEG (
 compras-ventas,
 10000)

Units: unidades

valor inicial 10.000 unidades

(06) FINAL TIME = 120

Units: Month

The final time for the simulation.

(07) gastos operativos=
7000

Units: pesos

monto mensual a pagar por gastos operativos

(08) ingresos=
 IF THEN ELSE (Time >1,((pronostico ventas(Time-
1)+pronostico ventas(Time)
)*precio unitario venta/2), 0)

Units: pesos

monto de dinero que ingresa en el período: las ventas se cobran
50% al contado y 50% a 30 días

(09) INITIAL TIME = 0

Units: Month

The initial time for the simulation.

(10) precio unitario venta=
10

Units: pesos

precio de venta de cada unidad

(11) pronostico ventas(
 [(0,0)-
(120,2700)],(0,1000),(5,1300),(12,2500),(25,2000),(36,2200),(50,1500
),(100,2300),(120,1900))

Units: **undefined**

(12) SAVEPER =
 TIME STEP

Units: Month

The frequency with which output is stored.

(13) TIME STEP = 1

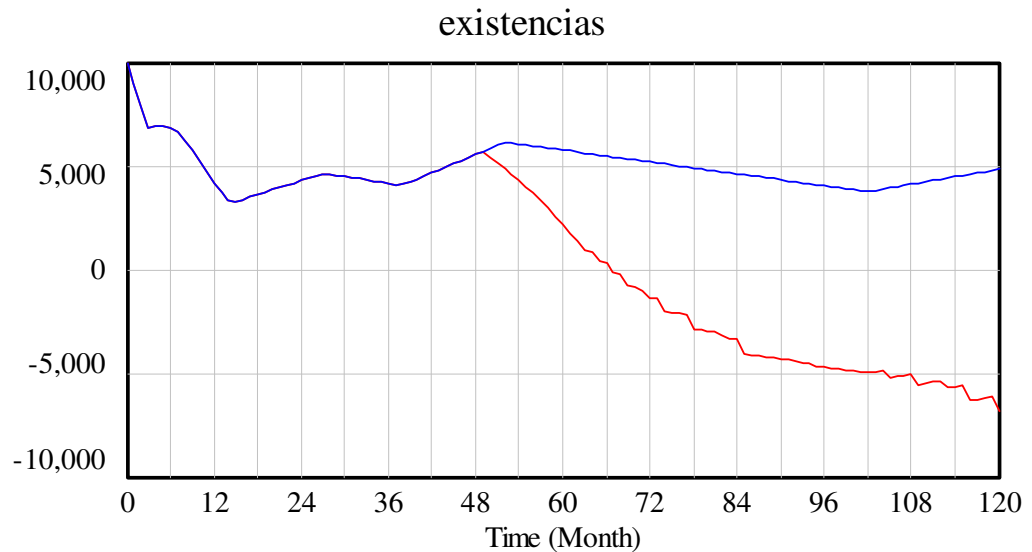
Units: Month

The time step for the simulation.

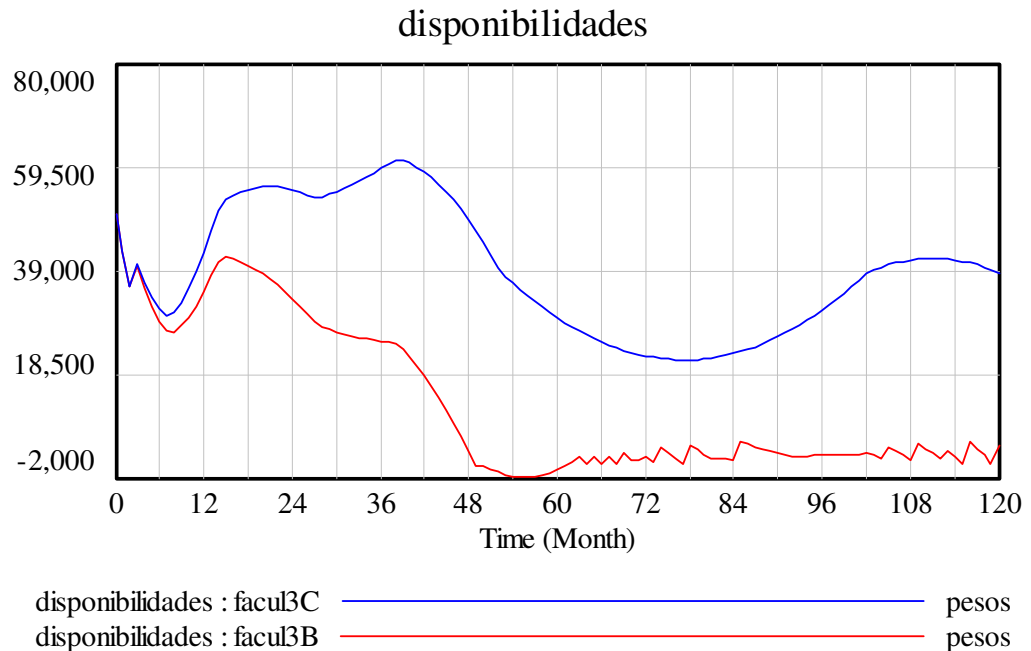
(14) ventas=
 pronostico ventas(Time)

Units: unidades

cantidades a vender según tabla con pronóstico de ventas



existencias : facu3C unidades
existencias : facu3B unidades



Las gráficas expuestas muestran la evolución de dos de las variables del modelo, que han sido seleccionadas por tratarse de las variables objetivos del análisis.

La línea inferior muestra en ambos casos la evolución de éstas variables en las distintas unidades de tiempo de acuerdo a los valores establecidos originalmente en el caso. El modelo permite observar como la hipótesis original no puede sostenerse al cabo de 48 períodos, visión casi imposible sin la ayuda de una herramienta apropiada. Las líneas superiores muestran cómo se logra una mejora en las dos variables graficadas al cambiar uno de los parámetros del modelo: el precio de venta pasó de \$ 10 a \$ 10,50.

Resulta claro que un modelo mental es insuficiente para poder dar cuenta de la gran cantidad de interrelaciones que se generan durante el período de estudio, y menos aún tener una idea de los posibles estados del sistema transcurridos algunos períodos de tiempo. Puede verse también cómo, la hipótesis de un aumento del precio de venta puede ser corroborada sobre un modelo. Por supuesto, se trata en éste caso de solo un ejemplo, pero ésta metodología es aplicable a casos reales de organizaciones reales.

7. Conclusión:

Tal como se ha visto, utilizar un modelo de simulación de dinámica de sistemas permite al analista disponer de una herramienta potente con la

cual puede experimentar, probar hipótesis de trabajo, mensurar efectos, en suma, tener un importante apoyo a la toma de decisiones.

No solo permitiría trabajar con sistemas sociales en las condiciones de laboratorio que mencionara Javier Aracil, sino que además haría operativos y aplicables a tales experimentaciones todo el bagaje teórico incluido en la Teoría General de Sistemas y la Cibernética de segundo orden.

En suma, el uso de modelos de simulación de Dinámica de Sistemas estaría posibilitando cumplir con los requerimientos planteados al inicio de éste trabajo:

1. Permitir analizar el problema social en cuestión inserto dentro de un todo, con una visión holística.
2. Posibilitar la determinación de la red de interrelaciones entre los componentes del sistema, de manera de poder ver los bucles de relaciones causales originados por las mutuas influencias de las variables.
3. Facilitar la explicitación de dichas relaciones mediante algún tipo de formalización matemática que nos permita simular el comportamiento del sistema en las condiciones de laboratorio antes expresadas.
4. Proveernos de una idea del comportamiento del sistema en el mediano o largo plazo.
5. Incluir a los actores y al observador en esa postura reflexiva de la cibernética del segundo orden: observarse observando.

No obstante las virtudes señaladas, cabría considerar algunas de las debilidades que pueden atribuirse a ésta metodología:

1. consideración de cambios estructurales del sistema: es lógico pensar que en su intento por adaptarse a las presiones contextuales, el sistema sufra en algún momento cambios en su estructura. Esto podría anticiparse y considerarse utilizando algunas de las funciones lógico-matemáticas que los actuales softs de simulación nos proveen (if ... then ... else; ramp; etc), pero responderán en definitiva a las previsiones de los profesionales que construyan el modelo.
2. Toma de decisiones que cambien políticas del sistema: lo antes señalado es válido de ser considerado en cuanto al proceso adaptativo con relación a cambios políticos (variación de parámetros) frente a determinados comportamientos del sistema que se consideren deben ajustarse. Considerando decisiones estructuradas, esto sería posible de ser tenido en cuenta en el modelo, pero quedarían sin ser consideradas las posibles decisiones desestructuradas que en la realidad podrían llegar a producirse.

3. Consideración de innovaciones tecnológicas: es cierto que el modelo no puede tomar en consideración que se produzca aquello que hoy no existe y puede llegar a desarrollarse en un futuro. No obstante, no debe dejar de considerarse que tal situación es en realidad una limitación humana y no propia de la metodología. La herramienta metodológica depende de la capacidad humana, y por tanto no puede realizar aquello que la inteligencia del hombre no puede concebir.
4. La subjetividad de quienes construyen el modelo: en realidad, éste problema conforma la esencia misma de lo que un modelo es. Al comienzo de éste capítulo quedó claramente indicada tal situación con la expresión de Woolgar “Como conocemos es lo que existe”. No obstante, dado que la realización de un modelo de un sistema social debería requerir de un trabajo en equipo que cubra interdisciplinariamente la mayor cantidad posible de aspectos que este tipo de sistema presenta, tal trabajo conjunto debería atenuar la subjetividad individual, quedando sí la subjetividad grupal o postura ideológica del equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDER-EGG, Ezequiel, Técnicas de Investigación Social, El Cid Editor, 1980

ARACIL, Javier, *Introducción a la Dinámica de Sistemas*, Alianza Universidad Textos, 1983.

BERGER P. y LUCKMANN T., La construcción Social de la Realidad, Amorrotu Editores, 1994

DAHRENDORF, Ralf, El conflicto social moderno, Biblioteca Mondadori, 1990

DRUCKER, Peter F., Los desafíos de la administración en el siglo XXI, Editorial Sudamericana, 1999

FORRESTER , Jay, *Diseñando el Futuro*, en Universidad de Sevilla, España, 15 de diciembre de 1998.

SENGE, Peter, *La Quinta Disciplina en la Practica*, Granica, 1995.

GIDDENS, Anthony, La tercera vía, Taurus, 2000

LUHMANN, Niklas, Sociedad y sistema: la ambición de la teoría, Paidós, 1997

MANNHEIM, Karl, Ideología y Utopía, Fondo de Cultura Económica, 1993

VIRILIO, Paul, La bomba informática, Catedra, 1999

VIRILIO, Paul, El ciber mundo, la política de lo peor, Cátedra, 1997

von DIJK, Teun, Ideología, una aproximación multidisciplinaria, Gedisa, 1999

WOOLGAR, Steve, Ciencia: abriendo la caja negra, Anthropos, 1991

Software utilizado: Vensim 5.2 (versión académica)