

## TRATAMIENTO DE VARIABLES EN EL MODELADO SISTEMODINÁMICO DE UN SUPERMERCADO

Juan Carlos Michalus<sup>a\*</sup>; Oscar Hugo Batista<sup>a</sup>; Erardo Schmidt<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*  
e-mails: michalus@fio.unam.edu.ar, hugooscarbatista@hotmail.com, ventas\_tecnotrans@hotmail.com

### Resumen

En el presente trabajo se describe las principales funciones que permiten modelar variables componentes de un modelo sistemodinámico que se elaboró como herramienta de apoyo en la toma de decisiones en la empresa comercial: “SuperMas”, localizada en la ciudad de Leandro N. Alem, provincia de Misiones, Argentina e introducir al modelo las políticas utilizadas por el empresario. Las proyecciones del comportamiento del sistema se obtienen a través de la simulación, y permiten anticipar medidas para atenuar desvíos indeseables.

**Palabras Clave** - Sistemodinámica – Funciones – Rentabilidad – Proyección de Ventas – Proyección de Compras – Política de Compras – Gastos Operativos

### 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es describir las funciones que permiten modelar variables específicas de un modelo sistemodinámico elaborado mediante el software Vensim PLE, para un supermercado de la localidad de Leandro Alem, provincia de Misiones, en el marco de una investigación que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, por parte del equipo de investigación con antecedentes en la temática **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

La modelación se puede conceptualizar como el proceso mediante el cual se opera en forma indirecta con un objeto utilizando un "representante sustituto", es decir, un sistema intermedio auxiliar que denominamos "modelo", y que actúa como un retransmisor de la información desde el fenómeno que se estudia hasta el investigador **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Permite inferir algún tipo de conocimiento sobre el sistema real que no resultaba evidente antes de construir y usar el modelo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Esta abstracción resulta una simplificación del sistema real donde se consideran las variables de interés para los fines de la investigación, sin embargo, debe ser lo suficientemente detallada para poder extraer conclusiones válidas bajo las condiciones del estudio **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Es posible elaborar varios modelos de un mismo sistema, de acuerdo a los fines que se persigan. Existe una gran cantidad de clasificaciones de los modelos, según el enfoque de interés que guíe la investigación, algunas de estas clasificaciones se pueden ver en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**, entre otros. Los modelos pueden ser clasificados en dos grandes grupos **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

- Modelos de Predicción, que buscan suministrar datos precisos sobre la situación futura del sistema modelado

- Modelos de Gestión, que buscan comparar alternativas y establecer la mejor o más apropiada.

En este último grupo se encuentran los modelos de Dinámica de Sistemas o sistemodinámica, que permiten modelar sistemas altamente organizados, realimentados y no lineales con la finalidad de comprender las causas estructurales que provocan su comportamiento **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Este campo tuvo origen en el área de administración, pero su aplicación se ha extendido al medio ambiente, la política, la conducta económica, la medicina y la ingeniería **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

En el proceso de elaboración, se recurre a una serie de funciones que dispone el software Vensim PLE, que permiten formular de manera adecuada las ecuaciones que describen el comportamiento de las variables que constituyen el modelo.

## 2. Metodología

Para el modelado y simulación, se siguieron las etapas clásicas recomendadas por García **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Schafernicht **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que se basa en la extracción de la información contenida en los modelos mentales de las personas, mediante entrevistas en profundidad, combinadas con relevamiento de datos a través de la revisión de documentos e inspecciones in situ del sistema bajo análisis; elaboración del diagrama de influencias, mediante el cual se representan de forma cualitativa las interrelaciones entre las variables; construcción del modelo informático, conocido como diagrama de Forrester, en honor a Jay Wright Forrester, considerado el padre de la Dinámica de Sistemas, se ha utilizado el software de uso académico libre Vensim PLE, v. 7.3.5; Verificación y validación del modelo, donde -entre otras comprobaciones- los resultados de la simulación fueron contrastados con datos históricos para ajustarlo al funcionamiento real. El modelo sistemodinámico obtenido permite ver cómo reacciona el sistema, cuando se modifica uno o más parámetros, es decir, facilita la realización de análisis prospectivos con la finalidad de aplicar medidas anticipadas que eviten o atenúen los desvíos no deseados.

## 3. Resultados y Discusión

La empresa "SuperMas" es una PyME, categoría comercial, rubro supermercado, ubicado en la ciudad de Leandro N. Alem, Misiones, a 4 km de distancia del centro de la ciudad, sobre Ruta provincial N° 225, esquina con calle Los Zorzales N°10. El mercado potencial está constituido por aproximadamente 2400 personas (600 familias). Comercializa unos 8000 productos, que abarcan los rubros de: carnicería, verdulería, panificados, comestibles, artículos de limpieza y bazar. Cuenta con cinco trabajadores (cuatro empleados y el dueño del mismo), que desempeñan sus tareas en horario comercial.

A partir de la observación y análisis del funcionamiento real, complementada con el relevamiento de registros históricos y de la información extraída del modelo mental del dueño y administrador, se elaboró el denominado "diagrama de influencias", donde se explicitaron las interrelaciones entre las variables consideradas a partir del cual se construyó el modelo informático, conocido como "diagrama de Forrester", en el software Vensim PLE, v. 7.3.5. (Fig. 1).

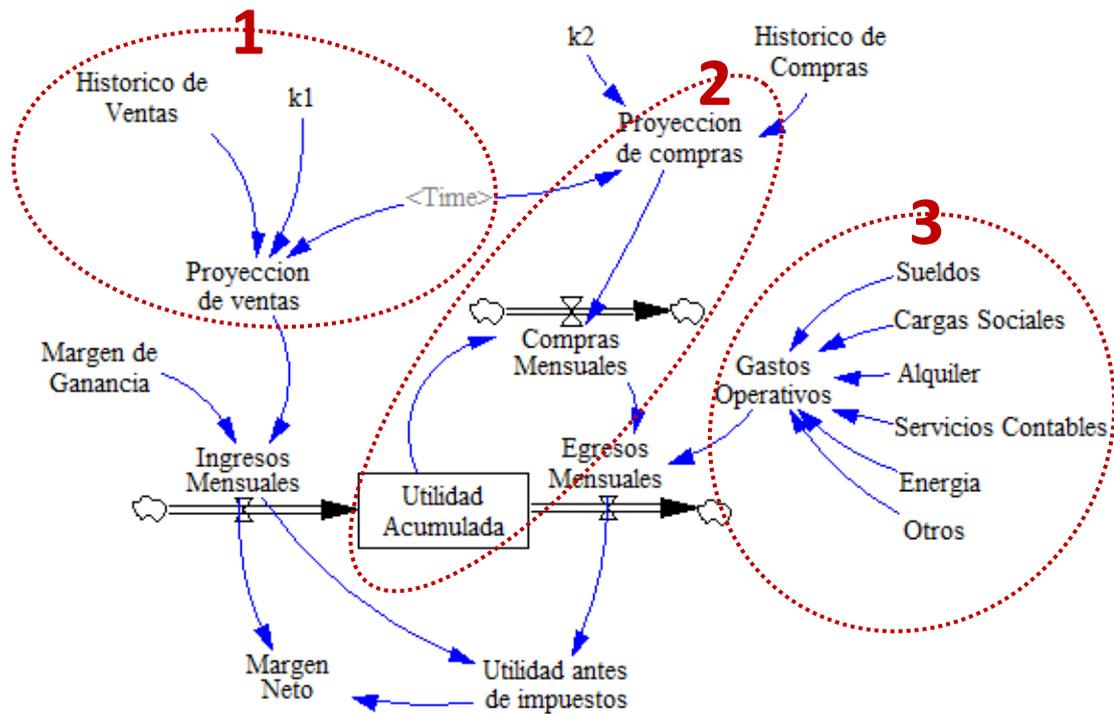


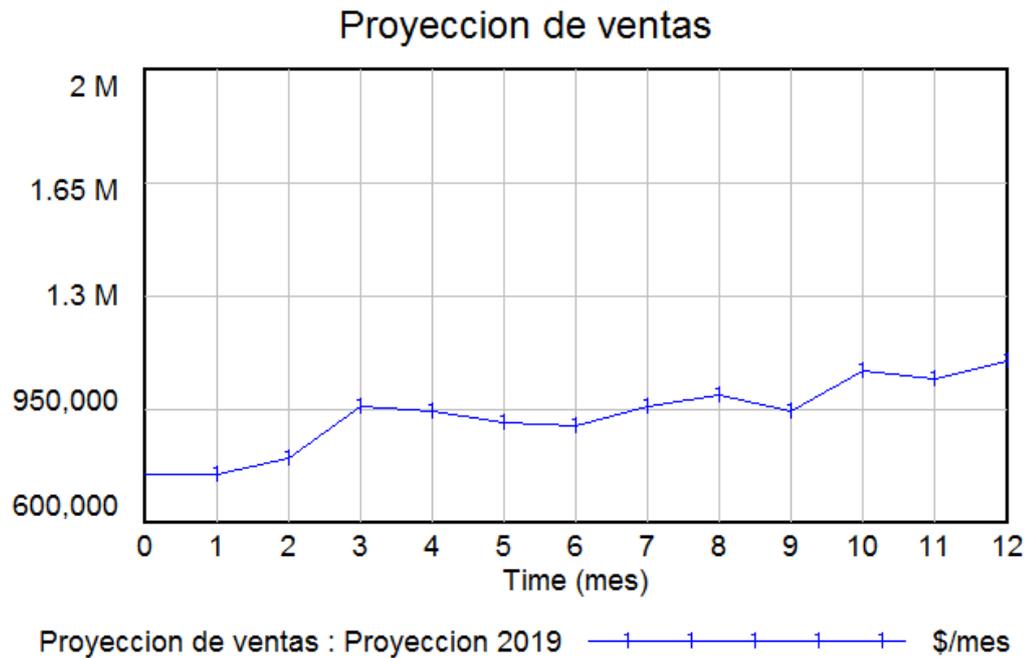
Fig. 1. Modelo sistemodinámico elaborado para el supermercado Súper Mas. Fuente: Software Vensim PLE, v. 7.3.5.

Para la proyección de ventas, las variables involucradas son las contenidas en la elipse de color rojo indicada con el N° 1 en la Fig. 1, se utilizaron datos históricos de ventas, los que se proyectaron para el siguiente periodo (pronóstico de ventas) mediante el parámetro  $k_1$ . En (1), se muestra la sintaxis en Vensim PLE.

$$\text{Proyección de ventas} = \text{Histórico de Ventas}(\text{Time}) * (1 + k_1 / (100)) \quad (1)$$

Units: \$/mes

La salida gráfica de esta ecuación, con  $k_1 = 40\%$  (valor obtenido de manera empírica por el equipo de investigadores) se presenta en la Fig. 2.



**Fig. 2. Proyección de ventas para el año 2019. Fuente: Software Vensim PLE, v. 7.3.5.**

El modelo sistemodinámico permite incorporar las políticas, entendidas como las reglas utilizadas para la toma de decisiones. Como ejemplo, para las compras, cuyas variables involucradas se muestran en la elipse de color rojo señalada con el N° 2 en la Fig. 1, la política que utiliza el empresario es la siguiente: si la Utilidad Acumulada (UA) resulta menor a la Proyección de Compras (PC), procede a comprar por un monto igual a la UA, pero si esto no se verifica, entonces compra el monto de la Proyección de Compras. La sintaxis en VensimPLE se puede representar mediante la función: IF-THEN-ELSE, como se indica a continuación (2).

$$\text{Proyección de Compras} = \text{IF THEN ELSE} (\text{Utilidad Acumulada} < \text{Proyección de compras}, \text{Utilidad Acumulada}, \text{Proyección de compras}) \quad (2)$$

Los incrementos en los gastos de alquiler establecidos en el contrato son de un 15 % cada seis meses. Para representar esto, se utilizó la función STEP, con la sintaxis que se presenta en (3).

$$\text{Alquiler} = 18500 * (1 + \text{STEP}(0.15, 6)) * (1 + \text{STEP}(0.15, 12)) \quad (3)$$

Units: \$/mes

En la Fig. 3 se muestra la proyección del gasto de alquiler para el año 2019.

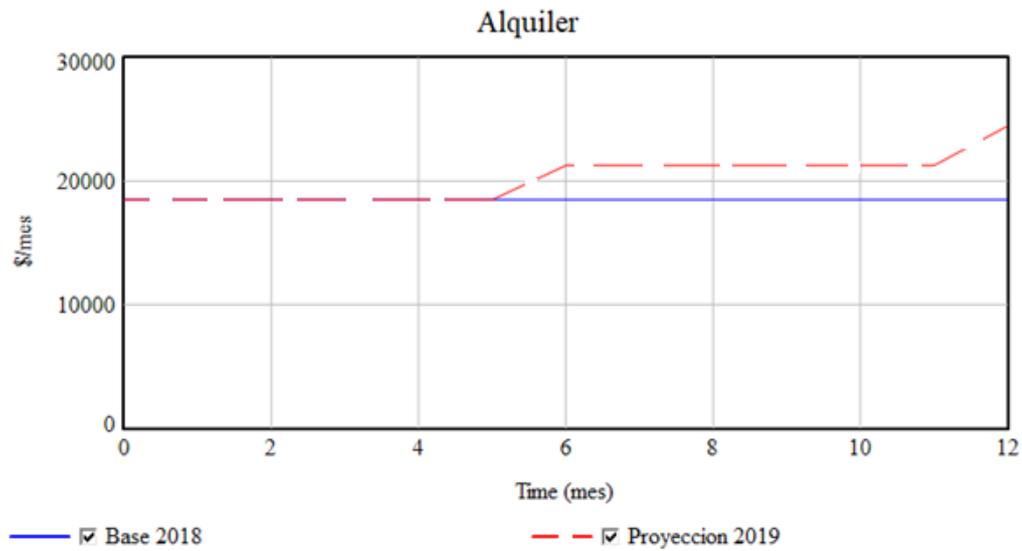


Fig. 3. Proyección del costo de alquiler para el año 2019. Fuente: Software Vensim PLE, v. 7.3.5.

En relación con los gastos de energía, a la fecha, la misma se ha incrementado en un 26 % en febrero, 14 % en marzo, 4 % en abril y se prevee un incremento del 4 % en agosto. Estos incrementos se modelaron según (4).

$$\begin{aligned} \text{Energía} = & 20000 * (1+\text{STEP}(0.26, 2)) * (1+\text{STEP}(0.14, 3)) & (4) \\ & * (1+\text{STEP}(0.04, 4)) * (1+\text{STEP}(0.04, 8)) \\ \text{Units: } & \$/\text{mes} \end{aligned}$$

La proyección de los costos de energía se muestra en la Fig. 4.

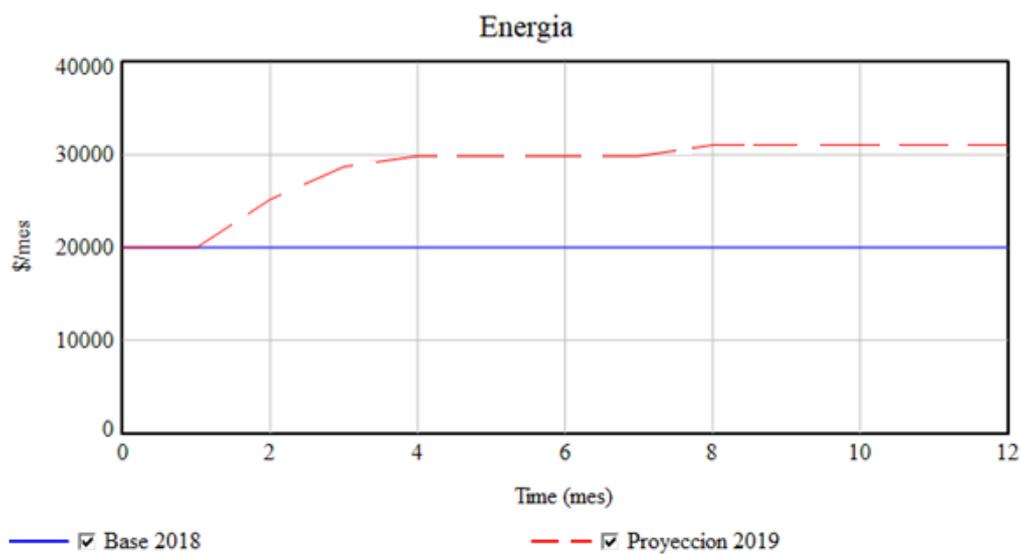


Fig. 4. Proyección de costos de energía para el año 2019. Fuente: Software Vensim PLE, v. 7.3.5.

Para el caso de los sueldos, según convenio colectivo de trabajo de los empleados de comercio, los incrementos salariales son de 7 % en enero, 7 % en febrero y 6 % en marzo. Además, existe una "cláusula gatillo" que establece una actualización a futuro, por este motivo se ha supuesto un incremento adicional de 7 % en septiembre. Estos incrementos se representaron en el modelo mediante (5).

$$\begin{aligned} \text{Sueldos} = & 90000 * (1+\text{STEP}(0.07, 1)) * (1+\text{STEP}(0.07, 2)) & (5) \\ & * (1+\text{STEP}(0.06, 3)) * (1+\text{STEP}(0.07, 9)) \\ \text{Units: } & \$/\text{mes} \end{aligned}$$

A partir de los incrementos que establece (5), la evolución de los sueldos se presenta en la Fig. 5.

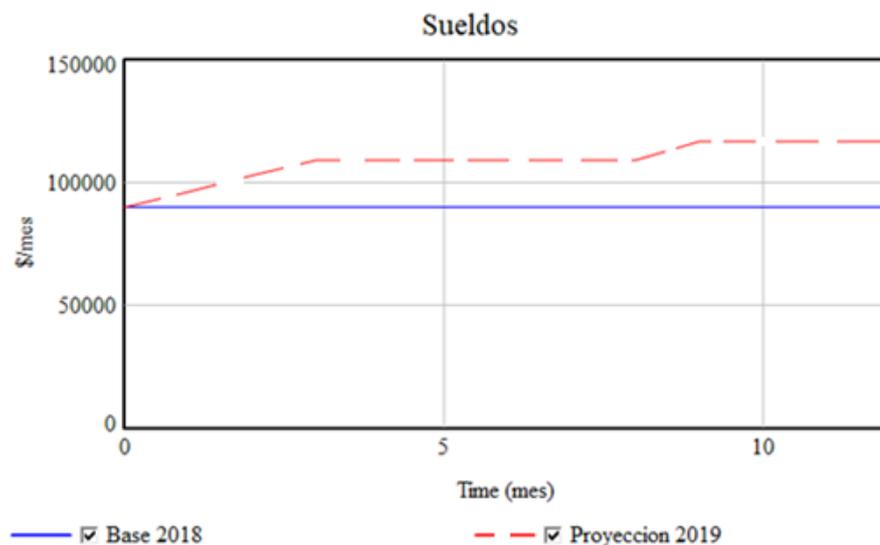


Fig. 5. Proyección de sueldos para el año 2019. Fuente: Software Vensim PLE, v. 7.3.5.

Los Gastos Operativos (señalados con la elipse de color rojo N° 3 en la Fig. 1) se componen por la suma de gastos individuales, y se modelan según (6):

$$\begin{aligned} \text{Gastos Operativos} = & (\text{Cargas Sociales} + \text{Alquiler} + \text{Energía} & (6) \\ & + \text{Servicios Contables} + \text{Sueldos} + \text{Otros}) \\ \text{Units: } & \$/\text{mes} \end{aligned}$$

La evolución proyectada de gastos operativos para el año 2019, considerando los incrementos proyectados de todos los gastos que lo componen se observa en la Fig. 6.

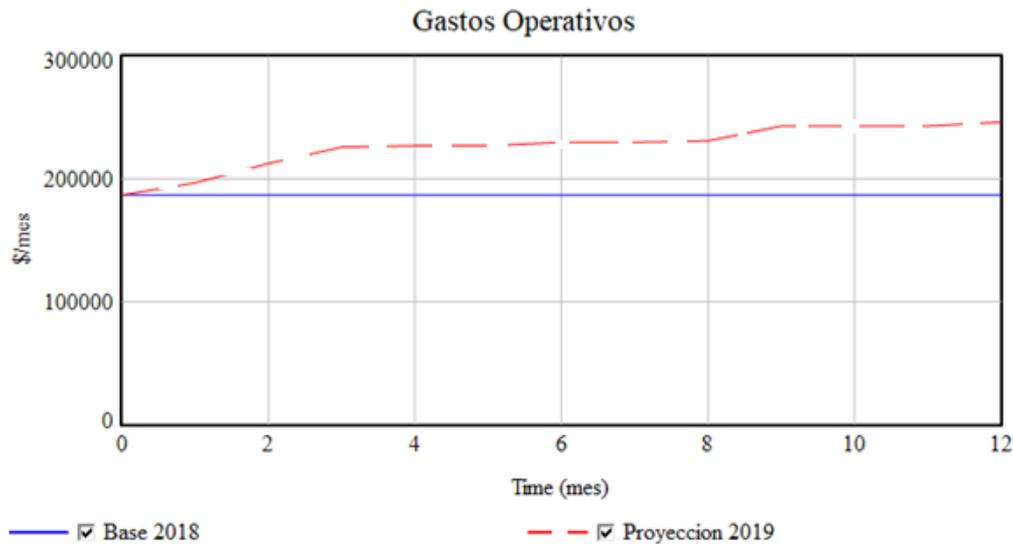


Fig. 6. Proyección de Gastos Operativos para el año 2019. Fuente: Software Vensim PLE, v. 7.3.5.

#### 4. Conclusiones

Las funciones que dispone el software, permiten determinar políticas de gestión para un mejor manejo administrativo del mismo, pudiendo tener la información proyectada a lo largo del año y con ello anticiparse a cualquier situación de inestabilidad. También la empresa puede incorporar sus propias políticas de gestión al software para determinar los distintos escenarios posibles.

Mediante la utilización del modelo sistemodinámico, es posible introducir las "novedades esperadas" en el horizonte de planificación analizado (proyección de ventas, aumentos de costos, etc.), analizar la evolución de las variables de interés (Margen de ganancia, margen neto, utilidad, etc.) y, en caso de detectar cambios indeseados, prever las acciones adecuadas para evitarlos, o atenuarlos.

#### Referencias

- [1] Michalus, J. C.; Batista, O. H.; Schmidt, E. (2017) La gestión y el control en la dinámica de desarrollo del departamento Oberá, Misiones, Argentina. Anales de IV° Congreso Latinoamericano de Administración y VII° Encuentro Internacional de Administración de la región Jesuítico - Guaraní (CONLAD 2017). Organizadores y Editores: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones; Posadas, prov. de Misiones, Argentina. 11 y 12 sept.
- [2] Michalus, J. C.; Batista, O. H.; Schmidt, E. (2018) Indicador simplificado de desarrollo para el departamento Oberá, provincia de Misiones, Argentina. Anales de V° Congreso Latinoamericano de Administración y VIII° Encuentro Internacional de Administración de la región Jesuítico - Guaraní (CONLAD 2018) Organizadores y Editores: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones; Posadas, prov. de Misiones, Argentina. 10 y 11 sept.
- [3] Corona Martínez, L. A.; Fonseca Hernández, M.; Figueiras Ramos, B. y Hernández Rodríguez, Y. (2002) Vinculación de los fundamentos filosóficos del método de simulación con la modelación como método científico general de investigación. Revista Educación Médica Superior, v. 16, n. 3, Sept. 2002. Ciudad de la Habana, Cuba. URL: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412002000300003&lng=en&nrm=iso&tIng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412002000300003&lng=en&nrm=iso&tIng=es) [Acceso: febrero de 2013].

- [4]** Izquierdo, L. R.; Galán, J. M.; Santos, J. I. y V., D. O. (2008) Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA, Revista de Metodología de Ciencias Sociales*. N° 16. Facultad de Ciencias Políticas y Sociología de la UNED. Madrid, España [Acceso: enero de 2013].
- [5]** Peña Zapata, G. E (2003) *Dinámica de Sistemas y Análisis Cualitativo Matemático*, en *Modelos de Gestión de la Producción Tesis Doctoral*. Doctorado en Ingeniería de Organización. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas, Escuela de Ingenieros Industriales Universidad de Sevilla. Sevilla, España. URL: <https://es.scribd.com/document/393599649/Original-DT264> [Acceso: diciembre de 2018].
- [6]** Galán Ordax, J. M. (2008) *Evaluación integradora de políticas de agua: modelado y simulación con sociedades artificiales de agentes*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. Departamento de Ingeniería Civil URL: <http://dspace.ubu.es:8080/tesis/handle/10259/80> [Acceso: enero de 2017].
- [7]** García, J. M. (2011) *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Edición de autor. ISBN 84-607-9304-4. Barcelona, España. 3° ed.
- [8]** Sánchez Ramos. J. (2002) *Introducción a los modelos*. Escuela de Ingeniería de Transporte. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Valparaíso. URL: [http://www.material\\_simulacionucv.cl/en%20PDF/Intro\\_model11.pdf](http://www.material_simulacionucv.cl/en%20PDF/Intro_model11.pdf) [Acceso: enero de 2016].
- [9]** Schaffernicht, M. (2009) *Indagación de situaciones dinámicas mediante la Dinámica de Sistemas*. E-book. ISBN: 978-956-7059-93-5. Editorial Universidad de Talca. Talca, Chile. URL: <http://dc307.4shared.com/doc/TG5RhUIA/preview.html> [Acceso: octubre de 2015].
- [10]** Sterman, J. D. (2000) *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill/ Irwin Companies. Massachusetts Institute of Technology Sloan School of Management USA. ISBN 0-07-231135-5. URL: <https://aulavirtual.uji.es/mod/folder/view.php?id=1361595> [Acceso: enero de 2013].