

## ANÁLISIS PROSPECTIVO DE UNA RED DE COOPERACIÓN DE PYMES UTILIZANDO UN MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS<sup>1</sup>

**Juan Carlos Michalus<sup>2</sup>, María Del Carmen Ibarra<sup>3</sup>, Oscar Hugo Batista<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones

<sup>2</sup> Docente-Investigador, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones(UNaM)

<sup>3</sup> Docente-Investigadora, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones(UNaM)

<sup>4</sup> Docente-Investigador, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones(UNaM)

### Introducción

La Dinámica de Sistemas (DS) constituye una metodología para el estudio y manejo de sistemas complejos, factible de ser aplicado en distintos campos, en particular a los sistemas empresariales.

La DS pone énfasis en localizar las variables críticas del sistema e identificar los vínculos causales que existen entre ellas. Se construye un modelo dinámico de un sistema determinado mediante la formalización del conocimiento que disponen los expertos (modelos mentales del sistema, complementados con la observación y relevamiento de datos), donde los bucles de retroalimentación y la no linealidad juegan un papel primordial (Zamorano, 2004; Schaffernicht, 2009).

En el marco de una investigación desarrollada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), se ha elaborado un modelo de simulación mediante DS correspondiente a una red de cooperación constituida por un secadero de té y cinco aserraderos de la provincia de Misiones, Argentina quienes constituyen una red de cooperación inter-sectorial. El secadero de té utiliza parte de los residuos generados por los aserraderos como combustible para generar el calor necesario en el proceso de elaboración (secanza de té). Procesa 2.000 t/año de té verde, a partir del cual obtiene 500 t/año de té negro seco (Michalus, 2011).

La PyME elaboradora de té utilizaba leña de bosque nativo (en promedio 1.000 t/año) como combustible para generar la energía térmica necesaria en el proceso de elaboración. A partir del año 2008 ha conformado esta red de cooperación que le permitió reemplazar la leña de bosque nativo por costeros (7-8%), aserrín (50-55%), viruta (9-11%) y chips de madera de bosque implantado (23-26%) (Kairiyama, 2011).

El objetivo de este trabajo es presentar un modelo de DS que permite realizar análisis de políticas y escenarios de la red de cooperación descrita.

### Metodología

Para el modelado y simulación mediante DS se han seguido las etapas descritas por Araiza Zabala y Sotaquirá Gutiérrez (2004), Schaffernicht (2009), Del Despósito Zúñiga (2010), entre otros. Las etapas mencionadas se realizaron en forma iterativa, mediante la utilización del software Vensim



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XVIII Jornada de Pesquisa

PLE, Versión 5.5 a, provisto por la empresa Ventana Systems Inc., realizando los ajustes hasta obtener finalmente el modelo en funcionamiento.

Para verificar la consistencia estructural se procedió al estudio del comportamiento del modelo con la finalidad de detectar la existencia de discrepancias frente al sistema real y corregirlas mediante un refinamiento en las ecuaciones utilizadas.

El modelo fue sometido posteriormente a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad, que permitieron la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis y la verificación del correcto funcionamiento (Del Despósito Zúñiga, 2010). El posterior calibrado del modelo mediante el ajuste de los parámetros correspondientes se realizó partir de la consulta a expertos (empresarios y personal administrativo de rango superior de las firmas), observaciones y revisión de documentos suministrados por las empresas.

Una vez ajustado el modelo, se procedió a realizar los experimentos de simulación, con un horizonte temporal de 60 meses (5 años).

### Resultados y discusión

Los resultados de los experimentos permitieron recabar un cumulo importante de información sobre el comportamiento de las variables, detectar las fundamentales para cada uno de los establecimientos y para el funcionamiento en red.

En particular, un análisis de la quema de residuos en el establecimiento codificado como “aserradero 2”, permite contrastar la situación de la empresa en los siguientes escenarios:

- a) Si trabaja los próximos 5 años en forma individual, generará unas 70 t/mes de residuos por mes, las que quemará al aire libre;
- b) mediante el trabajo en cooperación se aprovechará parte de estos residuos disminuyendo la quema alrededor de 36 t/mes, con la consiguiente disminución del impacto ambiental negativo que esto produce, y con las ventajas asociadas a los ingresos por venta de esta fracción de residuos;
- c) Si se incrementa la producción de té al doble (o, en su defecto, se incorpora otros establecimientos elaboradores de té), la fracción de residuos reaprovechados como combustible a través de la red de cooperación pasará a ser en promedio de unas 70 t/mes, mejorando así el impacto positivo sobre el medio ambiente y los ingresos económicos por venta de los residuos. Se observa que para este último caso, la utilización de residuos es alta (la quema se reduce hasta valores cercanos a cero).

En este último caso, al aumentar el volumen de residuos utilizados, el “aserradero 2” establece el límite porque los residuos disponibles se aproximan a cero al duplicar el volumen empleado; sin embargo, sería posible aumentar aún más su utilización a través de la red, ya que existe disponibilidad en los demás aserraderos que se podrían utilizar si se modifican las proporciones de residuos provenientes de cada uno de los establecimientos de la red.

### Conclusiones





**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XVIII Jornada de Pesquisa

El modelo elaborado constituye una primera versión para la red de cooperación, donde se han considerado las variables significativas para el análisis de la dinámica de cooperación.

Los principales resultados permiten observar que el establecimiento denominado “aserradero 2” resulta un recurso con restricción de capacidad a la hora de incrementar el volumen de residuos intercambiados a través de la red de cooperación. Esta limitación puede ser superada modificando las proporciones aportadas por los demás establecimientos, quienes disponen de residuos que pueden ser reaprovechados mediante la red en lugar de quemarlos al aire libre, con beneficios económicos para las PyMEs y para el medio ambiente, al evitar la utilización de madera de bosque nativo y disminuir la quema de residuos por parte de los aserraderos.

Palabras Clave: PyMEs; Cooperación; Modelado y simulación; Dinámica de Sistemas.

#### Referencias bibliográficas

1. Araiza Zabala, G. C. y Sotaquirá Gutiérrez, R. (2004): Un nuevo enfoque de modelado de estrategias empresariales con Dinámica de Sistemas. II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. <http://fis.unab.edu.co/2encuentrods>. Acceso: julio 2006.
2. Del Despósito Zúñiga, L. (2010): Modelado y Simulación mediante Dinámica de Sistemas del funcionamiento general de un establecimiento de Elaboración Primaria de Yerba Mate Tesis de Titulación Ingeniero Civil Industrial, Mención Gestión. Universidad del Bío-Bío. . Concepción, VIII Región, Chile.
3. Kairiyama, J. C. (2011): Entrevista sobre funcionamiento de red de cooperación de PyMEs. Michalus, J. C. (entrevistador). febrero de 2011. Oberá, Misiones, Argentina
4. Michalus, J. C. (2011): "Modelo cooperativo de integración flexible de PyMEs orientado al desarrollo local. Factibilidad de aplicación en municipios de la provincia de Misiones, Argentina" (15/12/11). Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas. Programa doctoral en Ingeniería Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. 163.pp.
5. Schaffernicht, M. (2009): Indagación de situaciones dinámicas mediante la Dinámica de Sistemas. <http://dc307.4shared.com/doc/TG5RhUIA/preview.html>. Última visita: octubre de 2012
6. Zamorano, H. (2004): La Dinámica de Sistemas y los modelos de simulación por computadora. [on line]. [http://es.geocities.com/galleano\\_zamorano/sociocib.pdf](http://es.geocities.com/galleano_zamorano/sociocib.pdf) Acceso: julio de 2008.

