

EFFECTOS DE LA AGLOMERACIÓN DE BASURA EN CIUDAD OBREGÓN SONORA, MÉXICO (APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES Y DINÁMICA DE SISTEMAS)

Autores:

Ernesto Alonso Lagarda Leyva¹
Email: elagarda@itson.mx
URL: www.itson.mx/dii/elagarda/index.htm
Ma. Guadalupe Paz Acosta Quintana²
Email: mpacosta@itson.mx

RESUMEN AMPLIADO

EJE TEMÁTICO: desarrollo y simulación dinámica de un modelo empleando dinámica de sistemas y la teoría de sistemas suaves en un sistema de servicio público.

OBJETIVO.

Desarrollar un modelo que represente el comportamiento dinámico del sistema de recolección de basura por medio de metodologías de análisis para sistemas Suaves y Duros (Checkland y Forrester) , en el cual se muestren escenarios bajo diferentes condiciones que ayuden al tomador de decisiones de servicios públicos. .

ANTECEDENTES

El desarrollo del proyecto refiere el uso de la metodología de DS y la aplicación de cuatro estadios de la SSM, la riqueza de modelo dinámico precisamente se da porque en la fase de conceptualización se aplican los cuatro primeros estadios el primero de ellos analiza la situación problemática no estructurada seguido de la situación problemática estructurada; el tercer estadio es la determinación raíz de sistemas pertinentes finalmente el cuarto estadio es la confección y verificación de modelos conceptuales, es precisamente de este cuarto estadio de donde se desprende el desarrollo del diagrama causal fortalecido por todo un proceso de conceptualización del sistema fase inicial de la DS y la más importante en el desarrollo de la modelación de sistemas complejos; con el desarrollo de las hipótesis dinámicas (tendencias de comportamiento de las variables a partir de la relación compleja que se da entre ellas); se llega a la etapa de formulación en la que se construye el modelo formal y el desarrollo de las ecuaciones matemáticas; finalmente se simula el modelo con el software Vensim Ple plus para comprobar las hipótesis dinámicas y se contrasta con la realidad para su validación.

¹ Profesor Investigador , Maestro en Ingeniería (Optimización de Sistemas Productivos) por el Instituto Tecnológico de Sonora.

² Profesor-Investigador, Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por el Instituto Tecnológico de Sonora.

METODOLOGÍA.

FASE DE CONCEPTUALIZACIÓN

La fase de conceptualización a través de la metodología de sistemas suaves con la aplicación de los cuatro primeros estadios se tiene una definición clara de las variables críticas que posteriormente serán empleadas para estructurar el modelo causal

Estadio 1. Situación problemática no estructurada.

El esquema utilizado para el análisis y la descripción del sistema, fue el de estructura y proceso de dicho sistema, así como la relación existente entre estos dos, es decir, el clima organizacional.

Estadio 2. Situación Problemática Estructurada

La finalidad del estadio dos es la obtención de los posibles sistemas pertinentes. Para esto se lleva a cabo la agrupación de los síntomas o anomalías rescatadas del estadio anterior, con la finalidad de relacionarlos a una problemática general, que se supone, es la causa de todas esas anomalías del sistema.

Al final de este estadio se obtiene una **imagen rica** de la **situación problemática**, figura 2 presenta la relación de las problemáticas del sistema, representadas con símbolos o dibujos y agrupados en sus respectivos sistemas pertinentes.

Estadio 3. Definiciones raíz de sistemas pertinentes

La finalidad del estadio tres es obtener las definiciones raíz partiendo de los sistemas pertinentes obtenidos del estadio dos.

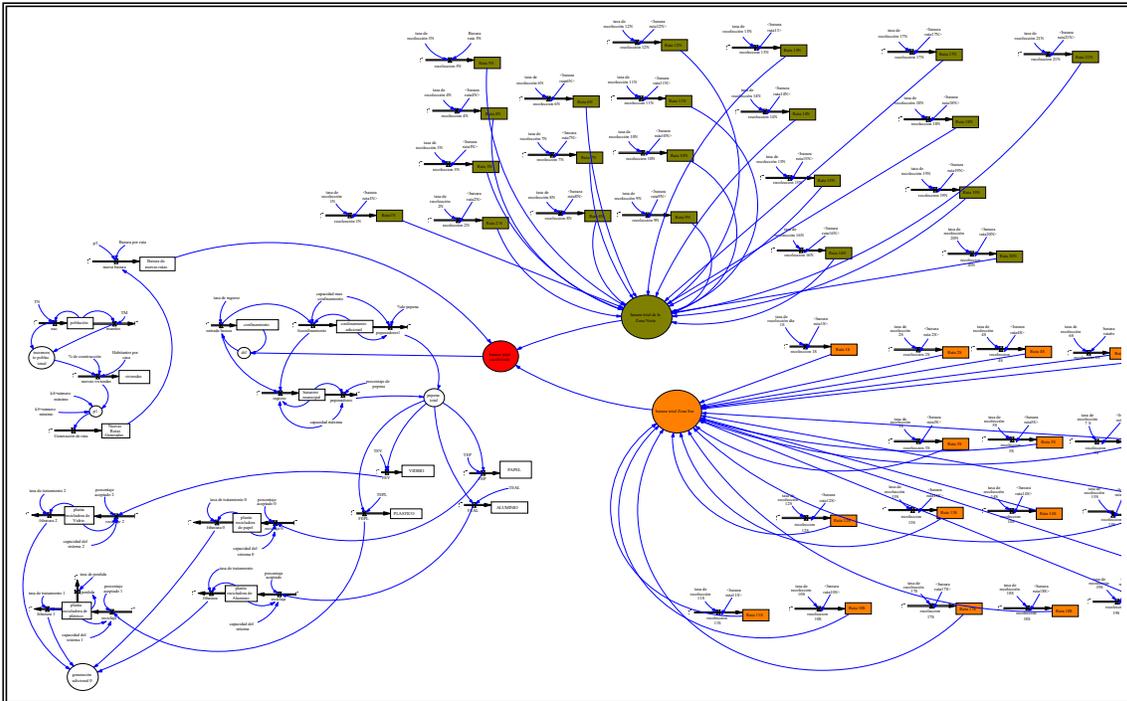
Un ***sistema pertinente*** es un sistema de actividad humana, que el investigador usa en la metodología de sistemas suaves, nombra como candidato a generar discernimiento en estadios posteriores del estudio. Por cada sistema pertinente se formula una definición raíz, y se construye un modelo conceptual³.

Para cada uno de los sistemas pertinentes se llevó a cabo la identificación del **CATWDA**. Cada letra de esta palabra, identifica a cada uno de los elementos que intervienen en el sistema y que van a servir para la formulación de la definición raíz. El significado de las letras de CATWDA se muestra a continuación:

³ Peter checkland, 1993: "Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas", pag. 357.

Formulación

En esta fase se desarrolla el diagrama de bloques (diagrama Forrester) donde se representan los elementos intuitivos realizados en la fase de conceptualización por medio del lenguaje formal (determinación de las ecuaciones matemáticas del modelo), y en la cual se estiman y seleccionan los parámetros del modelo; esto utilizando el Software de simulación "Vensim PLE Plus". Figura 4

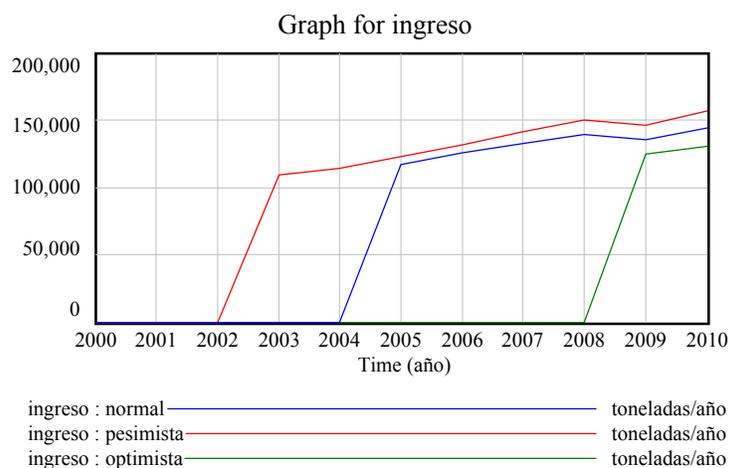


Evaluación y validación

Aquí se lleva a cabo la validación del modelo, que consiste en ver si el modelo arroja datos coherentes; es decir, hay que comparar los datos reales obtenidos del sistema, con los datos obtenidos de la simulación para asegurarse de que el modelo arroje resultados confiables.

Análisis de sensibilidad

Por último se realiza el análisis de sensibilidad del sistema bajo estudio por medio de la simulación del modelo. Esto consiste en tomar las variables "críticas" del sistema, es decir las variables más sensibles, y darles diferentes valores, por debajo y por encima del valor actual o real, viendo así el comportamiento del modelo bajo diferentes escenarios "optimistas" y "pesimistas". Se presenta a manera de ejemplo la gráfica 1



Gráfica 1. Ingreso de basura en basurero municipal de los tres escenarios

Resultados

Tomando como base la corrida del modelo se muestran los resultados de la simulación contra la realidad. Las fuentes de información de donde se obtuvieron los datos reales (Población, viviendas, nuevas rutas generadas, nacimientos, muertes, generación de ruta entrada de basura). Como se puede observar en la tabla 2, los datos reales y los simulados son bastante cercanos y en algunos casos el margen de error es casi nulo. Esto significa que el modelo arroja resultados coherentes, y que se comporta de acuerdo al sistema real.

Tabla 2. Valores obtenidos de la simulación del sistema para su validación.

Variables Críticas	Situación Real	Resultado del modelo	Diferencia	% de error
Población (en el 2000)	412,435 (Habitantes)	392,494	19,941	4.83 %
Viviendas (en 1995)	78,194 (viviendas)	67,054	11,141	14.25 %
Nuevas rutas generadas (en el 2000)	5 (rutas)	4.55	0.45	9.0 %
Nacimientos (en 1997)	8,429 (personas)	10,253	1,824	17.8 %
Muertes (en 1997)	1,658 (personas)	1,684	26	1.57 %
Generación de rutas (en el 2000)	1.8 (rutas/año)	1.55	0.25	13.89 %
Entrada de basura (en el 2000)	97,841 (toneladas)	92,811	5,030	5.14 %

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARACIL y Gordillo: Dinámica de Sistemas. Alianza, España. 1997.
2. ARACIL Santoja Javier: Introducción a la Dinámica de Sistemas. Editorial Alianza, Madrid, 1986.
3. CARLOS Scheel Mayenberger: Modelación de la Dinámica de Ecosistemas. Editorial Trillas, 1998.
4. FORRESTER Jay W.: Dinámica Industrial. Editorial Ateneo, Buenos Aires, 1981.
5. GORDON Geoffrey: Simulación de Sistemas. Editorial Diana, Sexta Edición, México, 1991.
6. INTRODUCTORY Guide and Tutorial Professional Dymano, USA 1986,
7. JAY W. Forrester: Principles of Systems. Text and Workbook. MIT Press/Wright-Allen, 1968.
8. JOHN D. Sterman: Business Dynamics Thinking and Modeling for a Complex World, Mc Graw Hill, USA 2000.
9. LÓPEZ D. Elena y Silvio M. Vicente: Introducción a la Simulación Dinámica, aplicaciones a sistemas económicos y empresariales. Editorial Ariel, España 2000.
10. MANUAL de Vensim: User's Guide Versión 1.62 Ventana Systems 1995.
11. MEADOWS Dennis L.: Dynamics of Commodity Productions Cycles. USA Wright Allen, 1969.
12. NANCY Roberts y Otros: Introduction to Computer Simulation for System Dynamics Modeling Approach. Productivity Press, 1996.
13. PETER Senge: La Quinta Disciplina en la Práctica. Granica; España 1998.
14. RICHARDSON G. Pugh III A. Introduction to System Dynamics Modeling With Dynamo. Productivity Press, USA 1981.
15. REFERENCE Manual Profesional Dynamo. USA 1986.
16. ROBERTS B. Edward: Managerial Applications of Systems Dynamics Productivity Press. S.A. 1978.
17. VIRGINIA Anderson y Lauren Johnson: Systems Thinking Basic from Concepts to Causal Loops. Pegasus Communications. Inc. 1997. Waltham.MA.
18. ZILL Denis G: Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones. Editorial Grupo Iberoamérica, México. 1982.