

LA EXPANSIÓN DEL CANAL DE PANAMÁ: Análisis utilizando un Modelo de Dinámica de Sistemas

Humberto R. Álvarez A., Ph. D.
Universidad Tecnológica de Panamá
humberto.alvarez@utp.ac.pa

Luis Carlos Rabelo, Ph. D.
Universidad de la Florida Central
lrabelo@mail.ucf.edu

Darío Solís, Ph. D.
Universidad Tecnológica de Panamá
dario.solis@utp.ac.pa

RESUMEN

La expansión del Canal de Panamá pudiera ser el proyecto de inversión en infraestructura más grande desarrollado por la República de Panamá en sus 100 años de vida independiente. El objetivo de este estudio de simulación es el de utilizar el proyecto de expansión del Canal de Panamá para desarrollar y demostrar el proceso de decisión en un sistema complejo y desarrollar un modelo que ayude a entender el efecto de diferentes aspectos económicos, sociales y políticos relacionados con esta magna obra. Los mayores retos de este proyecto de investigación incluyen el desarrollo de las expresiones paramétricas que explican las relaciones que rigen el, así como la dinámica de dichas relaciones y la validación del modelo.

Palabras Clave: *Dinámica de Sistemas, Canal de Panamá, Sistemas Complejos, Toma de Decisiones.*

ABSTRACT

The Panama Canal expansion is the greatest infrastructure investment project developed by the Republic of Panama in its more than 100 years of independent life. One objective of this study is to use the Panama Canal expansion project to develop and demonstrate the decision process for a complex system. An additional objective is to develop a model which helps to understand the effect of different economical, social and political aspects related to this huge construction work. The mayor challenges of this research project includes the development of the parametric expressions which explain the relationships that rule the system, as well as the dynamics of this relationships and the model validation.

Keywords: *System Dynamics, Panama Canal, Complex Systems, Decision Making.*

1. INTRODUCCIÓN

Tal y como se aprecia en la figura 1 [1], el Canal de Panamá es un sistema de navegación de 80 km

de largo que permite que naves transiten de un océano a otro, a través del Istmo de Panamá, todo esto gracias a un conjunto compuesto por canales y esclusas, alimentados por el Lago Gatún, a 30 metros sobre el nivel del mar. El tránsito a través canal toma entre 8 y 10 horas sin tomar en cuenta el tiempo de espera en la entrada al mismo.

Desde su construcción en 1914, el Canal de Panamá ha sido un elemento clave en la industria marítima y de transporte mundial. En la actualidad maneja alrededor del 4% del comercio mundial [2], y es un importante competidor en algunas de las rutas de transporte de importancia.

Por ejemplo, el Canal actualmente maneja sobre el 15% del comercio marítimo de los Estados Unidos y más del 25% de la carga en contenedores entre el norte de Asia y la Costa Este de los Estados Unidos [2]. Para la República de Panamá, el canal ha generado, en especial, el crecimiento de las ciudades terminales de Panamá y de Colón, con el desarrollo de un conglomerado de servicios correlacionados y de industrias que rodean el canal, incluyendo puertos del trasbordo, ferrocarriles, venta y abastecimiento de combustible, reparaciones de naves, actividades bancarias, seguro y turismo, entre otros.

El Canal de Panamá ha estado sujeto a gran presión debido a los cambios en la industria marítimo. Cambios en tendencias del transporte, incluyendo la utilización creciente de

contenedores y los servicios que envían con las rutas fijas y los itinerarios, han estado presionando el canal por más capacidad y servicios más confiable, reduciendo los tiempos de espera y tránsitos. Al mismo tiempo, el incremento en naves que no pueden transitar por el Canal, en especial en el segmento de contenedores, presionando por modernizar y expandir sus esclusas y facilidades para minimizar el número de tránsitos y la cantidad de carga a través del Canal de Panamá



Figura1. El Canal de Panamá

En la actualidad, el Canal de Panamá está operando en aproximadamente 90% de su capacidad sostenida [2, 3], lo que limita su habilidad y capacidad para proveer un servicio de calidad y a la vez captar la demanda creciente en los próximos 5 a 10 años. Adicionalmente, los operadores portuarios a ambos lados del Canal están invirtiendo grandes y millonarias sumas de dinero a fin de aumentar su capacidad de almacenamiento de carga y atención a barcos tipo Postpanamax, que no pueden transitar por el Canal.

Debido a esas presiones, la Autoridad del Canal de Panamá ha propuesto un proyecto de expansión, conocido como el Tercer Juego de Exclusas. El proyecto consistiría en dos juegos nuevos de esclusas paralelas a las existentes, una en el lado Atlántico y otra en el lado Pacífico, con capacidad para manejar buques de gran calado que en la actualidad no pueden transitar

por el Canal. Adicionalmente, la Autoridad del Canal de Panamá está considerando el uso de un sistema de tinajas de reutilización de agua, de tal manera que consumirían menos agua que las actuales.

Sin embargo, la decisión de expandir el Canal de Panamá depende, por mandato constitucional, de un referéndum nacional a fin de decidir el futuro de dicho proyecto. Debido a esto, han surgido diferentes grupos de interés. Los grupos que apoyan la ampliación del Canal de Panamá lo hacen apoyándose en la contribución que dicho canal tiene sobre la economía panameña. De acuerdo a la Contraloría General de la República [5], el canal ha estado creciendo en de manera significativa en los últimos diez años, haciendo una significativa contribución a la economía panameña. Por ejemplo, los aportes del Canal de Panamá al gobierno nacional han sido de sobre 1 billón de dólares. Adicionalmente, por cada dólar que el Canal genera, los sectores económicos que apoyan al Canal generan \$1.25. Debido a que el proyecto de expansión doblaría la capacidad del Canal, su impacto sobre la economía sería significativamente mayor. De igual manera, durante los 8 años estimados de construcción, la generación de empleos, además de otros impactos sociales, serían de gran importancia.

Por otro lado, grupos que se oponen al proyecto de ampliación, arguyen elementos que van desde un costo demasiado elevado del proyecto, el cual se estima en US\$ 5.25 billones, pero que grupos adversos estiman en hasta US\$ 25 billones, hasta problemas ambientales y de uso de agua, así como riesgos tecnológicos del proyecto.

Dado que este proyecto de expansión sería una de las obras de infraestructuras desarrolladas en Panamá desde la construcción del propio canal, el objetivo de este proyecto fue el de desarrollar un modelo que permitiera entender el efecto que las diferentes variables involucradas en el proyecto de ampliación tienen en los elementos relacionados a un proyecto tan complejo. A fin de lograr dicho objetivo, se desarrolló un modelo sistémico mostrando diferentes relaciones y efectos del proyecto de ampliación, no solamente

desde un punto de vista económico, sino también desde un punto social y ambiental. La tarea inicial de este proyecto fue estudiar el impacto del proyecto de ampliación del Canal de Panamá en términos de teorías de sistemas complejos, y de desarrollar un modelo que explicara el impacto de las decisiones políticas, sociales, ambientales y económicas relacionadas a dicho mega proyecto.

Con el objetivo de cumplir con las metas deseadas, se utilizó la Dinámica de Sistemas como herramienta, a fin de describir dinámicamente las variables y relaciones de

dinámica de sistemas tiene que ver con dos criterios muy importantes [10, 11, 12, 13]. Primero, el modelo debe generar comportamientos que no difieran significativamente de aquellos del sistema real a modelar. Segundo, se dice que un modelo puede explicar el comportamiento de un sistema si refleja las relaciones causales del mismo. En consecuencia, el grado de utilidad del modelo dependerá más del usuario que de la persona que lo desarrolle.

A fin de desarrollar el modelo, se utilizó la metodología COMPRAM. Esta metodología se

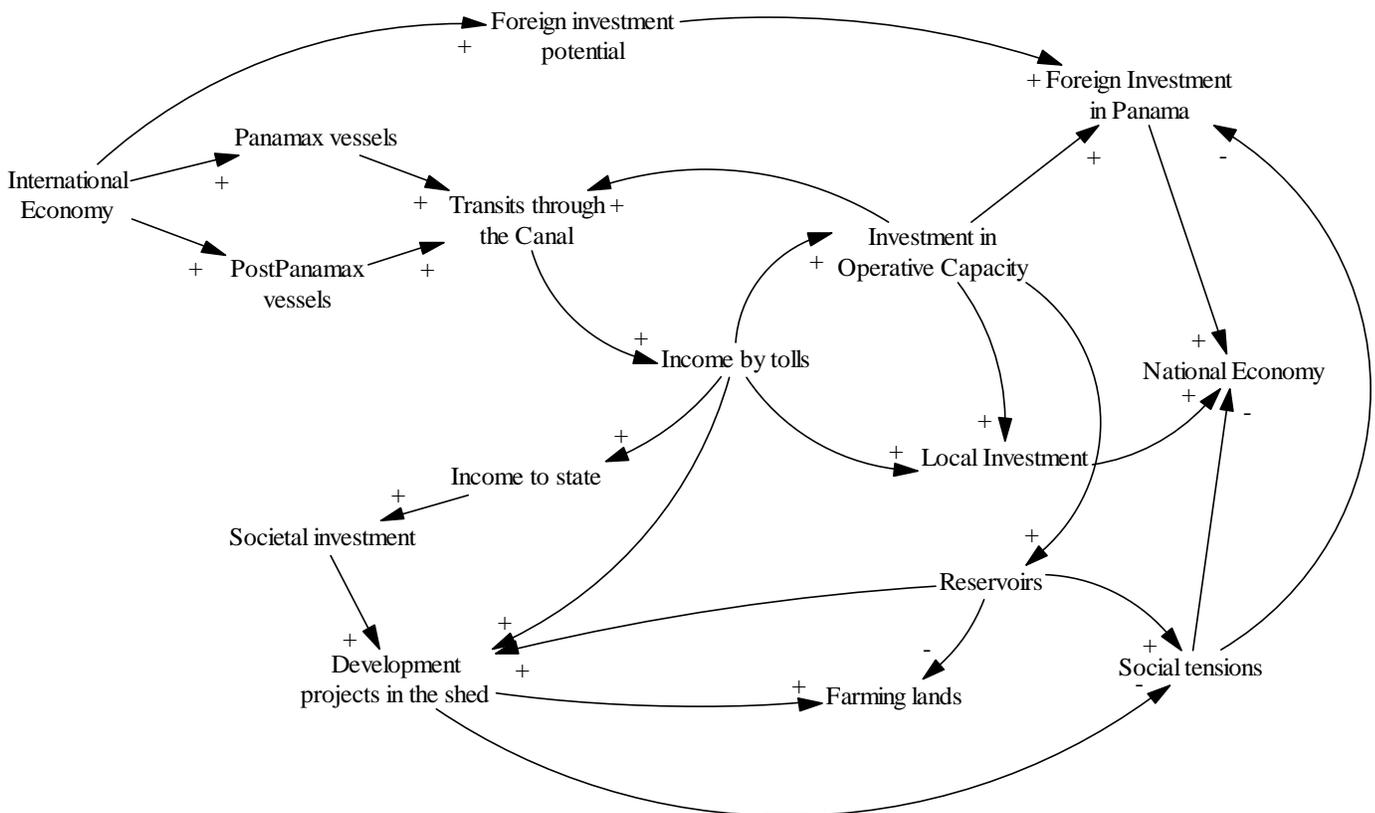


Figura 2. Modelo Causal

dicho sistema complejo. La Dinámica de Sistemas se ha identificado como un enfoque que permite introducir estructuras dinámicas a aspectos complejos del proceso de toma de decisiones [6, 7, 8, 9].

Como parte del desarrollo del modelo, se prestó especial atención al proceso de validación del modelo. La validación de un modelo de

	Escenarios	
	Expansión	No Expansión
Tiempo para la expansión	10 años	100 años
Porcentaje de inversión en capacidad operativa	15% del ingreso anual	5% del ingreso anual

desarrolló con el objetivo de manejar y modelar, de manera adecuada problemas sociales complejos. Un problema social complejo se puede definir como un problema de la vida real que presenta comportamientos dinámicos. La

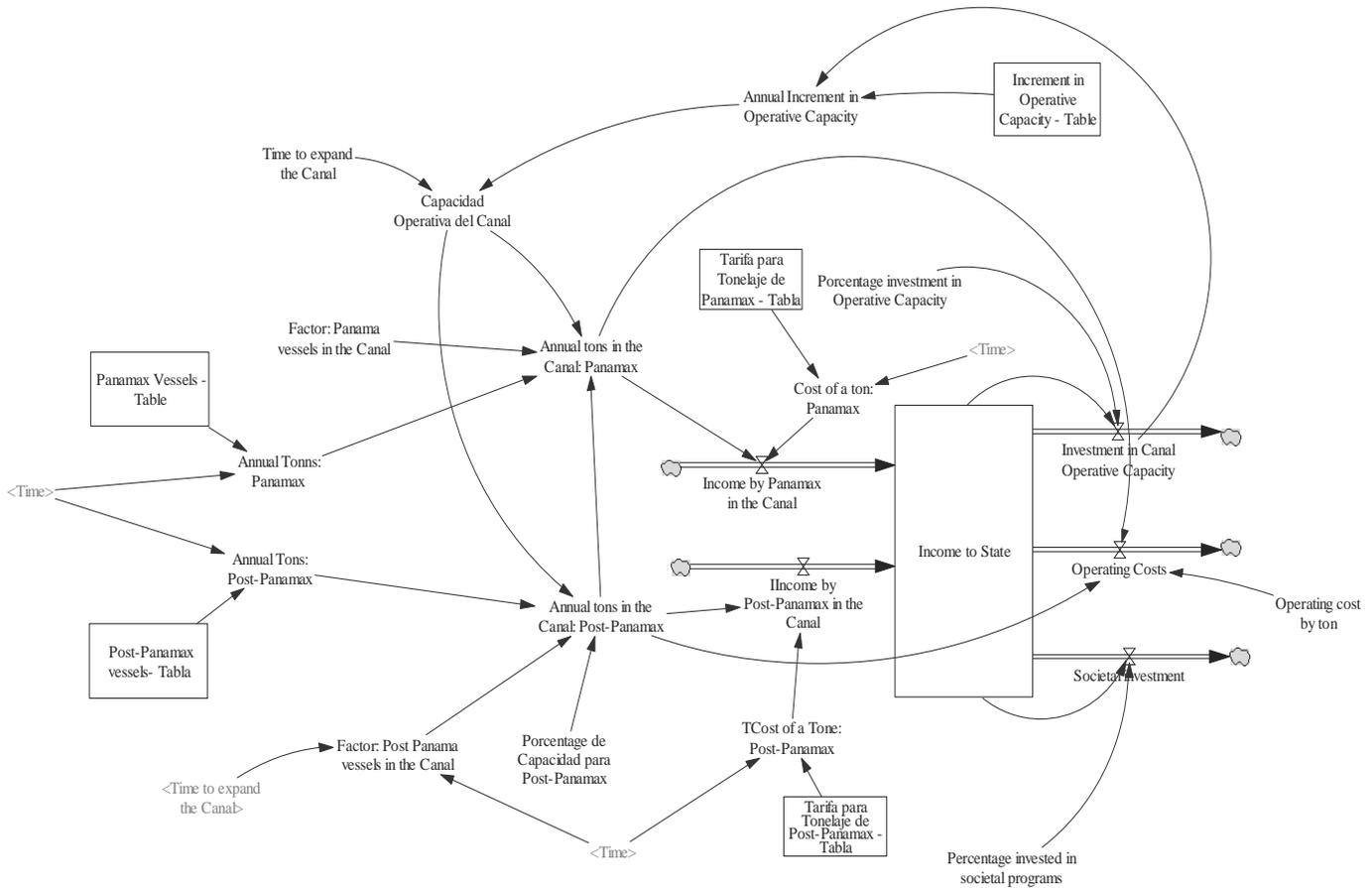


Figura 3. Modelo Dinámico de las Operaciones

metodología define un marco prescriptivo que permite analizar, guiar y predecir problemas sociales complejos y comprende las meta-etapas a seguir por un equipo multidisciplinario con el objetivo de definir, describir y resolver problemas complejos de Dinámica de Sistemas. Mayor información puede encontrarse en [1].

2. EL MODELO

Aunque este documento no entrará en detalles en el proceso de modelado, si es importante aclarar que a lo largo de este trabajo de investigación se realizaron reuniones con diferentes actores dentro de los sistemas que componen el Canal de Panamá: colaboradores de la Autoridad, usuarios, campesinos, economistas, sociólogos, etc. Debido a que mucha de la información necesaria era confidencial al momento de escribir el modelo original, se procuró aproximar la información presentada a fin de que permitiera describir los comportamientos esperados del modelo.

La figura 2 presenta el diagrama causal del modelo. Esta figura muestra que a medida que los tránsitos aumentan, las utilidades debido a los peajes aumentan. Por otro lado, un aumento en los tránsitos requiere un aumento en la capacidad operativa que requiere a su vez, inversiones de los ingresos del Canal, lo que a su vez disminuye el aporte social del mismo.

Adicionalmente, un aumento en la capacidad operativa del Canal, requerirá mayor cantidad de agua, lo que a su vez disminuye la disponibilidad de tierras existentes en las riveras del Canal disminuyendo las posibilidades de aumentar los cultivos locales, creando tensiones sociales en el área, lo que afecta la imagen del Panamá internacionalmente, afectando a su vez los tránsitos por el Canal.

A partir del modelo causal, se desarrollaron dos sub-modelos dinámicos. Así, la figura 3 muestra el modelo dinámico de la operación, donde se

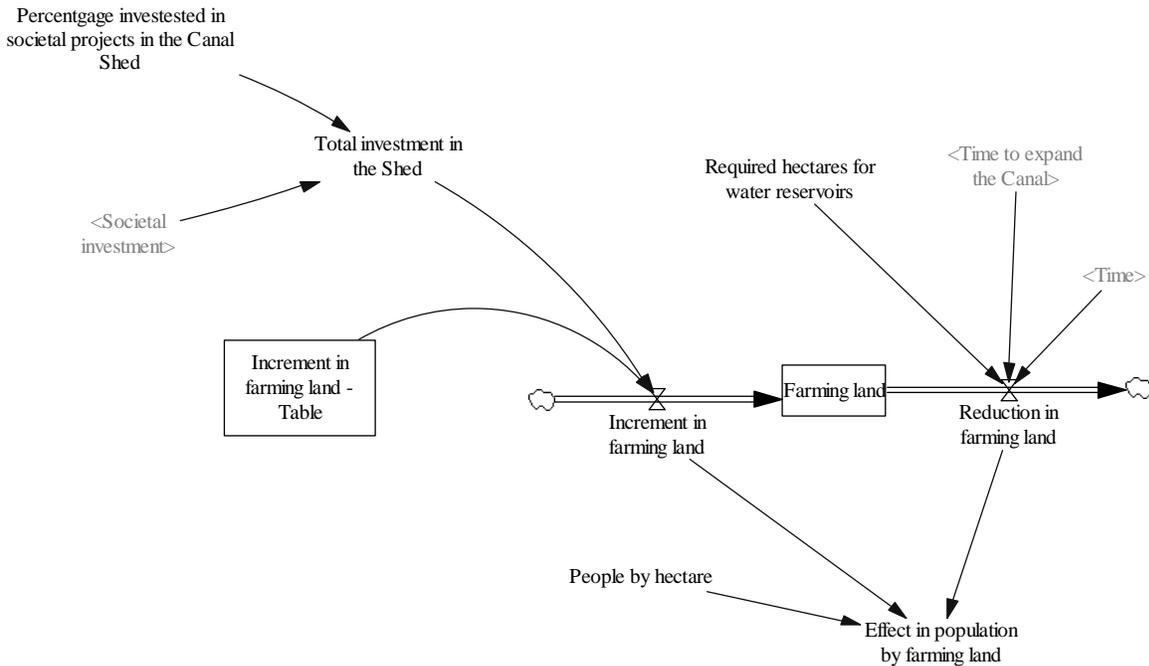


Figura 4. Modelo Dinámico: Embalses

aprecian variables como ingresos netos en función al tipo de tránsitos, tonelaje que atraviesa el canal y costos operativos, así como la inversión social, que por ley no puede ser menor que el 10% de los ingresos netos del Canal.

La figura 4 muestra el sub-modelo correspondiente a los embalses. Como se aprecia la cantidad de tierra disponible es función de la inversión social en la cuenca y de la cantidad de agua necesaria para la operación del canal, variable que depende a su vez del tiempo para la expansión. En este punto, es importante explicar que dicha variable es una variable de control para modelar los diferentes escenarios del modelo. Así, siendo el tiempo de simulación del modelo 25 años, se considerará entonces que tiempos menores de 25 años representarán un escenario con ampliación, mientras que mayores de esta cifra modelarán el escenario de no expansión. La tabla 1 muestra con mayor detalle los supuestos del modelo.

El 15% de inversión en capacidad operativa se supone en función a la necesidad del Canal de cubrir sus costos de ampliación. El 5% es en función de mejoras para aumentar de manera incremental y limitada la capacidad del Canal.

Se hicieron varias corridas del modelo a fin de poder corroborar los comportamientos en función a la experiencia de funcionarios de la Autoridad del Canal de Panamá y de otros actores relevantes en la investigación quedando de manifiesto que los comportamientos generados bajo información básica inicial eran similares a lo que la experiencia indicaba.

La figura 5 muestra resultados obtenidos para los escenarios modelados. La figura 5a muestra que durante los cinco primeros años de operación, el ingreso acumulado bajo el escenario de expansión será menor que bajo el de no expansión. Esto es de esperarse ya que durante este tiempo el Canal estará bajo el proyecto de expansión, que debe cubrirse con su propio flujo de caja, resultante de las operaciones del Canal actual. A través del tiempo, el incremento en tonelaje, tal y como lo muestra la figura 5b, generará suficientes ingresos para compensar, y superar los gastos iniciales.

Las figuras 5c y 5d muestran como las tendencias en los tránsitos serán función de los escenarios modelados. De ocurrir la expansión, habrá un incremento rápido de las toneladas transportadas

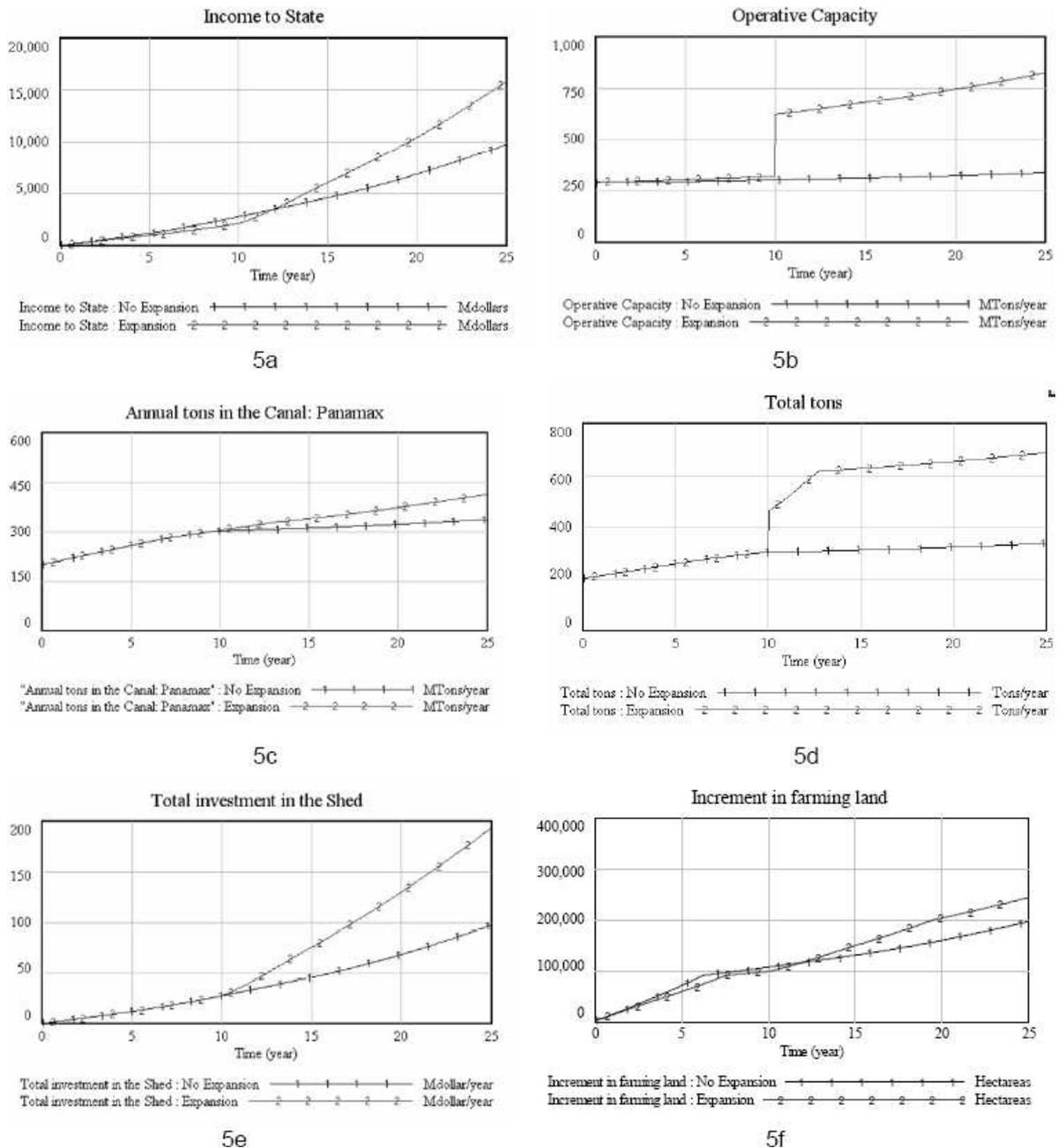


Figura 5. Resultados del Modelo

por buques Postpanamax, mientras que las toneladas transportadas por buques Panamax tiende a estabilizarse. Por el contrario, de no producirse la expansión, la cantidad de toneladas transportadas crecerá de manera limitada en función a la capacidad disponible del Canal.

Finalmente, las figuras 5e y 5f muestran que, contrario a lo que se pudiera creer, la inversión social en la cuenca del Canal incrementará la probabilidad de proyectos de desarrollo, lo que

requerirá de mayor cantidad de tierra cultivable que competirá con los embalses que se requerirían. Esta tierra sería tomada de otras áreas limítrofes a la cuenca y sería necesario generar políticas de conservación a fin de controlar la deforestación incontrolada.

En conclusión, bajo los escenarios, el contexto y suposiciones hechas, la expansión del Canal parece favorable, ya que lejos de provocar conflictos, parece que traería progreso, en

especial en la cuenca del Canal, que es la más sensible a tensiones sociales por estar directamente bajo el área de influencia operativa del Canal.

3. FUTUROS TRABAJOS

Aunque el modelo fue validado originalmente por personal de la Autoridad del Canal de Panamá y otros actores relevantes al proyecto, es necesario desarrollar varias actividades de seguimiento. Primero, es obligante correr el modelo con datos reales provenientes del Canal y otras fuentes importantes. Segundo, es necesario generar modelos relevantes sobre el impacto de otros factores en aspectos tales como la economía panameña y el comercio internacional. Finalmente, hay que profundizar más en el sub-modelo de impacto o tensión social a fin de poder predecir posibles comportamientos que afecten el proyecto en un futuro.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue presentado originalmente en el Industrial Engineering Research Conference celebrada en Orlando, Florida, en Mayo de 2006. El mismo fue desarrollado gracias al financiamiento parcial de la Secretaría Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación de la República de Panamá y al apoyo de la Universidad Tecnológica de Panamá, la Universidad de la Florida Central y la Autoridad del Canal de Panamá.

5. REFERENCIAS

- [1]El Canal de Panamá, www.bbc.co.uk/spanish/panama/panama_main.stm, bajado el 16 de octubre de 2006
- [2]Panama Canal Authority, Maritime Authority of Panama, 2005, "Almost Full Capacity", Panama Maritime Handbook 2005/6, 7 – 13.
- [3]Lozano, L., 2005, "Still Going Strong", The Journal of Commerce, Vol. 6, Issue 48, November 28, p. 24.
- [4]Franzese, L. A., Abdenur, L. O., Starks, D., Botter, R. C., and Cano, A., 2004, "Simulating the Panama Canal, Present and Future," Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 1835 – 1838
- [5]Sandoval, Y., 2005, "The Dilemma of the Expansion Costs," Martes Financiero – La Prensa, n. 409, January 17, pp. 24-28.
- [6]Winch, G. 1998, "Dynamic visioning for Dynamic Environments," Journal of the Operational Research Society, 49(4), 354-361.
- [7]Forrester, J. W., 1961, Industrial Dynamics, The M. I. T. Press – Massachusetts Institute of Technology and John Wiley & Sons, Inc., U. S. A.
- [8]Giaglis, G. M., 2001 "A Taxonomy of Business Process Modeling and Information Systems Modeling Techniques," The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 13(2), 209-228.
- [9]Sterman, J. D., 2000, Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World, McGraw-Hill, New York.
- [10]Klabbers, J. H. G., 2000, "Learning as Acquisition and Learning as Interaction," Simulation & Gaming, 31(3), 380-406.
- [11]Dutta, A., and Roy, R., 2002, "System Dynamics," ORMS Today, 29(3), 30-35.
- [12]Wittenberg, J., 1992, "On the Very Idea of a System Dynamic Model of Kuhnian Science," System Dynamics Review, 8(1), 21-33.
- [13]Larsen, E. R., and A. Lomi, 1999 "Resetting the Clock: A Feedback Approach to the Dynamics of Organizational Inertia, Survival and Change," Journal of the Operational Research Society, 50(4), 406 – 221.
- [14]DeTombe, D. J. 2001. Compram, A Method for Handling Complex Societal Problems. European Journal of Operational Research 128(2): pp. 266-261.

