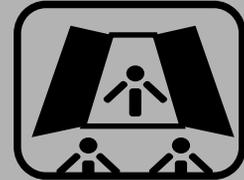


# SIMULACIÓN MEDIANTE DINAMICA DE SISTEMAS PARA EVALUACION DE INVERSIONES EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (TI)



## AUTOR

NORA MILEIDY GONZÁLEZ CASTRILLÓN  
Administradora de Sistemas Informáticos  
Universidad Nacional de Colombia  
nora.mgonzalez@gmail.com  
COLOMBIA

## AUTOR

YULI PAOLA HERNÁNDEZ OSORIO  
Administradora de Sistemas Informáticos  
Universidad Nacional de Colombia  
yulipaola@gmail.com  
COLOMBIA

## AUTOR

NESTOR DARIO DUQUE MENDEZ  
Phd (c.) Ingeniería de Sistemas  
Universidad Nacional de Colombia  
ndduqueme@unal.edu.co  
COLOMBIA

## AUTOR

GERMAN AUGUSTO OSORIO  
Especialista en Sistemas  
Universidad Nacional de Colombia  
gaosorioz@unal.edu.co  
COLOMBIA

**Fecha de Recepción del Artículo: Julio 19 de 2007**  
**Artículo de Investigación Tecnológica Tipo 1**

**Fecha de Aceptación del Artículo: Agosto 10 de 2007**

## RESUMEN.

*La innegable importancia de las tecnologías de información (TI) en las organizaciones no siempre se ve acompañada de una apropiada gestión, pues habitualmente los proyectos tecnológicos no son adecuadamente planeados y proyectados, en parte por la dificultad para establecer mediciones que orienten la aprobación de la inversión.*

*El presente trabajo propone y desarrolla una herramienta para apoyar la toma de decisiones en la inversión en proyectos tecnológicos, teniendo en cuenta el impacto financiero y organizacional que esto podría generar. Dicha herramienta es un modelo de simulación que sirve como instrumento a ingenieros y administradores en el planteamiento y evaluación de alternativas en determinadas tecnologías.*

*El desarrollo de los modelos permitió determinar diversos factores que cobran importancia en la gestión de proyectos tecnológicos y las simulaciones permitir entregar a los decisores algunas ayudas para visualizar la dinámica de las complejas interrelaciones de dichos factores, despejando en algún grado la incertidumbre de sus decisiones.*

**PALABRAS CLAVE**

Dinámica de sistemas  
Tecnologías de Información (TI)  
Gestión de proyectos tecnológicos  
Simulación

**ABSTRACT**

The undeniable importance of the information technology (IT) in the organizations it is not always accompanied by an appropriate administration, because habitually the technological projects are not appropriately planned and projected, partly for the difficulty measurements that guide the approval of the investment.

The present work proposes and develops a tool to support the taking of decisions in the investment in technological projects, keeping in mind the financial and organizational impact that this could generate. This tool is a simulation model that helps as an instrument to engineers and administrators in the planning and evaluation of alternative in technologies projects.

The development of the models allowed to determine diverse and important factors in the managing Information technology projects and the simulations allowed to give to the manager some aids to visualize the dynamics of the complex interrelations of these factors, clearing in some degree the uncertainty of their decisions.

**KEYWORDS:**

Dynamics systems  
Information Technology (IT)  
Technological projects  
Simulation

**INTRODUCCIÓN**

Los proyectos directamente relacionados con el fin misional de la empresa vienen acompañados de análisis económico-financiero (rentabilidad, riesgos de inversión) previo a la aprobación de estos y su posterior implementación. Pero cuando la inversión es en tecnología de información (TI), la decisión, a pesar del papel que juega, no suele ir acompañada de exámenes económicos/administrativos previos, soportados en herramientas que soporten la decisión, debido a la complejidad que presentan este tipo de proyectos en cuanto a la relación y cuantificación de sus variables endógenas, y a la limitada visión de los efectos que se generan en relación al entorno organizacional en general.

Se requiere establecer pautas que guíen la decisión y herramientas que faciliten el juego con las variables involucradas. Los modelos de simulación han mostrado sus bondades en problemas complejos y se convierten en una buena alternativa que soporte y guíe la toma de decisiones involucrando la dinámica del sistema [1].

En este artículo se presenta un modelo de simulación que apoya la toma de decisiones para gestión de proyectos de TI y sirve como instrumento en el planteamiento y evaluación de alternativas en determinadas tecnologías, además de expresar esta información en un lenguaje más acorde a los gerentes. El modelo obtenido es resultado de un proyecto de investigación, con el cual se pretende modelar los efectos organizacionales que puede causar la inversión en cualquier tipo de proyecto de Tecnologías de Información (TI) y de esta manera apoyar las decisiones tomadas por la gerencia informática.

El resto del artículo está organizado así: A continuación se esboza la base teórica de los modelos basados en Dinámica de Sistemas; en el numeral 2 se plantea el problema a resolver, mientras que en el numeral siguiente se presentan los modelos obtenidos para finalizar con las conclusiones.

**1. MODELO DE SIMULACIÓN BAJO DINAMICA DE SISTEMAS**

La metodología que plantea la dinámica de sistemas y el pensamiento sistémico reconocen las relaciones que existen entre las diferentes variables que intervienen en un sistema, permitiendo observar el comportamiento y los efectos de estas a lo largo del tiempo, modelando a través de herramientas computacionales [4],[10].

Generalmente, la dinámica de sistemas se utiliza para analizar el comportamiento de sistemas complejos, los cuales se ven afectados en el tiempo por variables endógenas y exógenas que transforman y dinamizan su comportamiento. El pensamiento sistémico plantea "un marco conceptual, un cuerpo de conocimientos y herramientas que se ha desarrollado en los últimos cincuenta años, para que los patrones totales resulten más claros y para ayudar a su modificación" [5].

El desarrollo de esta metodología parte con el planteamiento del comportamiento del sistema a través de mapas mentales los cuales son representaciones (modelos) de la realidad. Los pensadores sistémicos usan diagramas causales para mostrar la estructura de realimentación del sistema y estructuras genéricas para ilustrar los comportamientos comunes [11]. La conceptualización del sistema se plantea a través de

diagramas causales plasmando el comportamiento dinámico del sistema, relacionando el conjunto de variables que intervienen y generando bucles de retroalimentación que permiten analizar su comportamiento (efectos) a lo largo del tiempo. Estos se traducen a diagramas de flujos y niveles (Forrester), lo cual facilita el planteamiento de las ecuaciones que serán las que determinen el verdadero comportamiento del modelo. La utilización de diagramas de Forrester en la cuantificación del modelo combina técnicas gráficas y numéricas para permitir un mejor establecimiento en la relación de las ecuaciones para cada variable y el comportamiento asociado. Para la determinación de las ecuaciones es conveniente hacer uso de modos de referencia de todas las variables, para así poder trazar un gráfico de su comportamiento con el cual comparar y corregir errores que presente el modelo. Y por último, se realiza la simulación en alguna herramienta computacional y se evalúa su comportamiento en el tiempo.

**2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y RELACIONES VISIBLES**

Las buenas inversiones en TI lejos de ser un gasto son una palanca que permite a la organización avanzar en el logro de sus objetivos. Hoy no se requiere planear los sistemas acordes con los lineamientos estratégicos de la organización sino que el componente informático debe ser en sí mismo parte de la fortaleza en la visión estratégica.

Una inversión significativa en tecnología corresponde a un proyecto estratégico, con efectos a medio plazo sobre la cuenta de resultados y sobre el propio modelo de negocio en el que se asienta la actividad de la empresa. Esto concede a las TI un importante papel inductor en lo que a la evolución y el crecimiento de la empresa se refiere. Las implicaciones de las inversiones en TI pueden ser:

- Alineación estratégica
- Mejora de procesos
- Adquisición de conocimiento
- Re-educar a la organización
- Administrar alianzas
- Aumentar la capacidad financiera

Uno de los problemas a resolver en la formulación de un modelo es cuales son las variables a considerar y si es posible conocer algo de su comportamiento. El modelo se plantea a partir de factores fundamentales, asociados a la organización competitiva y de las premisas que nos plantea el mejoramiento continuo: el crecimiento,

nuevos mercados, más diversificación, mejorar la tecnología para producir más, bajar los costos y así ganar mercado, mejorar el rendimiento, entre otros.

Esta idea puede ser resumida en la figura 1.

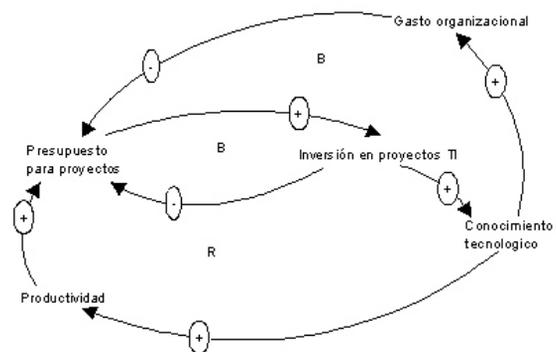
A partir de la premisa anterior un primer acercamiento se muestra en el modelo planteado en la Figura 2, donde se muestra la relación causa/efecto que se pretende reflejar de los proyectos de TI a ser implantados en una organización, a nivel financiero y organizacional. Como se aprecia, la empresa busca un progreso organizacional en el tiempo, a través de la adquisición de nuevo conocimiento aplicado mediante los proyectos de TI, potencializando las habilidades del recurso humano y posicionando la empresa como un ente competitivo en su entorno mediante una adecuada gestión de la productividad.

**Figura 1. Elementos de competitividad organizacional**



La inversión generará movimientos en el presupuesto de la empresa directa o indirectamente, a través de los posibles ahorros que se pueden generar con la realización de un proyecto.

**Figura 2. Diagrama causal de las inversiones en TI en las organizaciones.**



Otro factor importante que tiene en cuenta el modelo es el cambio organizacional que se genera a partir de la gestión del conocimiento el cual ampliará y generará nuevo conocimiento en las prácticas de gestión y direccionamiento empresarial, introduciendo un gasto adicional en el presupuesto.

### 3. MODELOS OBTENIDOS

A partir de la información recopilada en la investigación se identificaron las variables que son parte del modelo de simulación. Dicho análisis se llevo a cabo mediante la metodología Delphi en conjunto con los líderes de informática y gestión financiera de la organización.

Además de la información recolectada en la empresa se tuvo en cuenta los elementos propuestos en [7],[8],[9],[12] para plantear las variables que hacen parte del modelo.

#### 3.1 DIAGRAMA GENERAL

A partir del lo consignado en la figura 2, se refino el modelo acercándolo mas a la realidad en cuanto a la cotidianidad en los proyectos de TI, incluyendo elementos tradicionales en la decisión (presupuesto, costos, retroactivos, etc.) sino también sus efectos institucionales (productividad, generación y administración del conocimiento, complejidad en el desarrollo del proyecto, etc.). Los impactos financiero y organizacional se enlazan a través de la capacidad tecnológica<sup>1</sup> que generará la implantación del proyecto, el gasto organizacional<sup>2</sup> adicional que se obtiene con la gestión del conocimiento generado y la productividad<sup>3</sup> [3] que se logre con el desarrollo de dicho proyecto.

#### 3.2 IMPACTO FINANCIERO

La Figura 3 refleja el impacto financiero causado por el proyecto a ser evaluado, con base en los elementos financieros utilizados por una organización para la evaluación de proyectos. Una vez establecido el presupuesto para la realización de proyectos, se establece la probabilidad de inversión que se puede tener en un determinado proyecto, que dependerá de la cantidad de proyectos que se encuentren pendientes de realizar y de la pertinencia que este tenga para la organización, dicha pertinencia estará evaluada bajo criterios como: requerimientos de ley y el valor

(1). Es la acumulación de activos tecnológicos con que cuenta la organización, generado a partir de la adquisición de nuevos recursos tecnológicos.

(2). Gatos adicionales que se crean en la gestión del conocimiento generado por el proyecto a través de las capacitaciones y su aplicación.

(3). Gestión de ciertas actividades de la organización y sus empleados para el logro de una adecuada rentabilidad.

agregado en cuanto a eficiencia, organización, estrategia y alcance que generará el proyecto. La inversión que se realice va a permitir incrementar la capacidad tecnológica de la organización tanto en conocimiento tecnológico como en infraestructura tecnológica (hardware y software), generando un impacto positivo o negativo en la productividad dependiendo de la gestión que se haga sobre el conocimiento, lo cual afecta directamente al presupuesto para proyectos.

#### 3.3 IMPACTO ORGANIZACIONAL

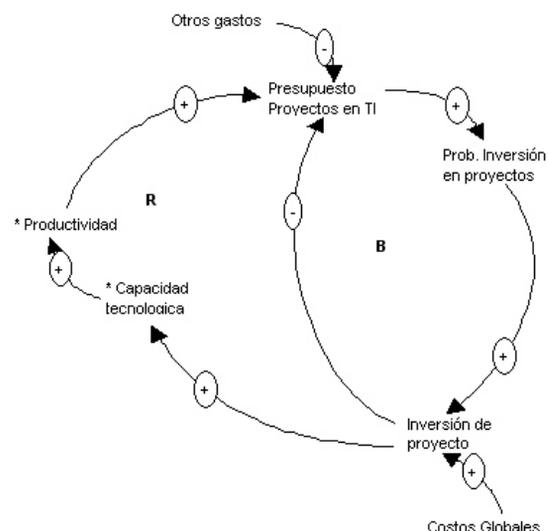
El posible impacto organizacional que puede generar el proyecto en términos del conocimiento tecnológico se modela mediante diagrama en la figura 4. A partir del grado de sistematización, del personal encargado del proyecto y de las actividades a desarrollar necesarias para la materializarlo, se puede establecer la complejidad en el desarrollo del mismo. Esto permite establecer un posible ahorro en cuanto al tiempo de realización, reflejado en un incremento en la productividad de la organización.

Estos análisis desprenden un conjunto de variables.

#### 3.4 VARIABLES INVOLUCRADAS.

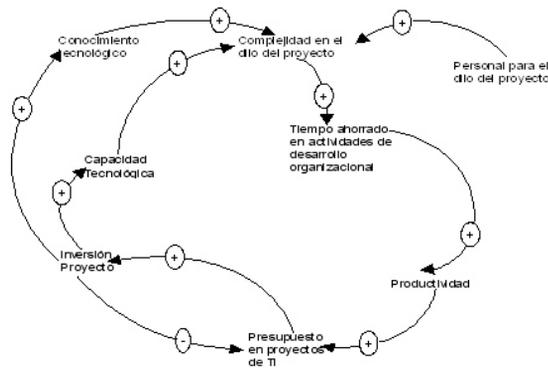
- El **conocimiento tecnológico**, como la relación ponderada de características que implican el desarrollo de las actividades generadas en el planteamiento de proyectos tecnológicos y las practicas anteriormente aplicadas a proyectos similares.

**Figura 3. Diagrama causal detallado del impacto financiero**



- El **conocimiento explícito**, representado en aquellos elementos que en cierta medida determinan un conocimiento objetivo y racional (base cognitiva interna).
- El **conocimiento tácito**, caracterizado por la integración de conocimiento diferente a la base cognitiva interna de la empresa o que generará el proyecto. Estará dada por aquellos elementos que permitan la materialización del conocimiento explícito.

**Figura 4. Diagrama causal detallado impacto organizacional**



- **La Experiencia (Como hacer)** Es el conocimiento adquirido previamente con la realización de proyectos similares al que se esta evaluando.
- El **nivel de competencias** para el desarrollo del proyecto, como el grado de competencias del equipo de proyecto, dependiendo del conocimiento tecnológico que requiera el proyecto y la participación de cada individuo (cargo) en el desarrollo de éste.
- La **complejidad en el desarrollo del proyecto**, referida a una complejidad alimentada a partir del conocimiento y la sistematización del área que generará el proyecto, además de la experiencia que se tiene en cuanto a la realización de proyectos referentes.
- El **Tiempo ahorrado en realización actividades**, estimado del posible ahorro en tiempo que se puede dar en el desarrollo de las actividades a partir de la realización del proyecto guiado por la complejidad que este genere a lo largo de su desarrollo.
- **Presupuesto de proyectos en TI:** Es el recurso económico que se destina para el desarrollo de proyectos o actividades diferentes a la operación normal de la organización.
- La **Productividad** es la eficiencia en cuanto a la destinación del tiempo en actividades que generen valor agregado a la organización de los empleados que laboran en el área.

Actualmente estos elementos se ven reflejados en el modelo y la cuantificación de los mismos se prueba en una herramienta computacional que permita entender la dinámica de los sistemas y afinar las ecuaciones subyacentes.

#### 4. CONCLUSIONES

Los proyectos tecnológicos exigen visualizar las interrelaciones desde las cuatro perspectivas, por lo menos, a través de ciertos conectores organizacionales, lo que les proporciona a los líderes de los proyectos de TI una herramienta fundamental para apoyar la justificación de la realización de sus proyectos en lista, y de esta manera la gerencia puede priorizar y asignar recursos de una forma más eficaz. La variable conocimiento, es base fundamental para la evolución de los proyectos, pues a medida que esta crece, la organización se estabiliza con respecto a su dinamismo interno y externo, a través de la mejora interna producida por la implantación del proyecto y del progreso tecnológico logrado y proyectado por el mismo.

Esta propuesta pretende ser un complemento estratégico para guiar los conocimientos y la experiencia de los entes decisores, quienes a través del análisis del comportamiento de ciertas variables pueden visualizar más los efectos y la dinámica generada por sus decisiones y mejorar la certidumbre de sus decisiones.

Este trabajo está en el marco de los semilleros del Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos GAIA.

#### 5. REFERENCIAS

[1]ARACIL, Javier. Dinámica de Sistemas, 4ta edición. Editorial Isdefe, 1995

[2]ARZOLA Hamilton, Minerva. LABOREO Laboreo, Santiago. TORRES leza, Fernando. Método para estimar el nivel tecnológico de las empresas: indice de situación y adecuación tecnológica, TASI2, Departamento de ingeniería de diseño y fabricación. Universidad de Zaragoza

[3]AVEDILLO-CRUZ, Elena. SHIMIZU, Masayoshi. WAINAI, Kiyoshi. Medición de la productividad del valor agregado y sus aplicaciones prácticas, con interrelación entre productividad y rentabilidad, Japan Productivity Center for Socio Economic Development. Traducido por José Alfredo Roa, junio 2001.

[4]COVER, Jennifer M. Introducción a la dinámica de sistemas. Traducido por Cacit Group S.A., junio 1999

[5]GARCÍA, Ludy. "Perspectiva Microsoft" en Revista Virtual Perspectivas N°5, 2002

[6]IBERMÁTICA "Tecnología y conocimiento, documentos de reflexión estratégica y tecnológica", en Grupo Ibermática de Innovación, No 101 y 102, junio de 2002.

[7]ORDÓÑEZ de pablos, Patricia. "Importancia estratégica de la medición del capital intelectual en las organizaciones". Departamento de Administración de Empresas y Contabilidad de la Universidad de Oviedo Facultad de Ciencias Económicas, 2002.

[8]PEREZ González, Daniel. Contribución de las tecnologías de información a la generación de valor de las organizaciones: un modelo de análisis y valoración desde la gestión del conocimiento, la productividad y la excelencia en la gestión, Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, 2005

[9]PIÑEIRO Sánchez, Carlos. Algunas reflexiones sobre la evaluación de inversiones en tecnologías de información, Departamento de economía financiera y contabilidad, Universidad de A Coruña

[10]SENGE, Peter. La Quinta Disciplina, editorial Granica, S.A., México. 2004

[11]SUSEL, Alejandro. Evaluación de Inversiones en Proyectos de Tecnologías de Información, IGT. Presentación empresa Invertec, 2003

[12]VELÁZQUEZ Zaldivar, Reynaldo. La satisfacción con las condiciones de trabajo, una propuesta para su medición, Cuba

INSTITUCION A LA QUE PERTENECEN LOS AUTORES.

Administración De Sistemas Informáticos  
Universidad Nacional de Colombia

Sede Manizales

Campus la Nubia

COLOMBIA