

# Módulo educativo multimedia para la enseñanza de dinámica y control de procesos

Ortíz Jesús / Rennola Leonardo / Bullón Johnny

---

## Resumen

*Las computadoras modernas poseen una gran capacidad de cálculo que permiten crear y trabajar con programas multimedia que facilitan la interactividad y el nivel de comprensión en los procesos de aprendizaje. Por ello resulta de gran utilidad el desarrollar un programa de computación educativo multimedia para la enseñanza de Control Automático de Procesos, que facilite el aprendizaje por parte del estudiante.*

*Para la elaboración del programa se utilizó una computadora Pentium II de 350 MHz, las aplicaciones multimedia Macromedia Director 8, Flash 5 y el lenguaje técnico de computación MATLAB 5.3 – Simulink.*

*El programa desarrollado lleva por nombre SimCONTROL (Simulador de Control) y está dividido en: Fundamentos Teóricos, Conceptos Básicos, Módulo de Cálculo (Simulador), Galería y Ayuda. El programa constituye un complemento educativo idóneo en la formación de futuros ingenieros químicos o cualquier personal afín.*

**Palabras clave:** educación multimedia, control de procesos, simulación.

\*\*\*

## Abstract

### EDUCATIONAL MULTIMEDIA MODULE FOR THE TEACHING OF CONTROL PROCESSES

*Modern computers possess a great capacity of calculus, allowing to create and to work with multimedia programs that facilitate the interactivity and the level of understanding in the learning process. Therefore, developing an educational multimedia computer program is of great help for teaching Automatic Process Control which facilitates learning. In the elaboration of the software a computer Pentium II of 350 MHz, the multimedia Macromedia Director 8, Flash 5, and the technical language of calculation MATLAB 5.3 - Simulink were used. The software developed has the name of SimCONTROL (Control Simulator), and it is divided in: Theoretical foundations, Basic Concepts, Module of Calculation (Simulator), Gallery and Help. The program constitutes a suitable educational complement in the development of future chemical engineers or any similar trained personnel.*

**Key words:** multimedia education, process control, simulation.

\*\*\*

## Résumé

### MODULE ÉDUCATIF MULTIMÉDIA POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA DINAMIQUE ET LE CONTRÔLE DES PROCESSUS

*Les ordinateurs modernes ont une grande capacité de faire des calculs qui permettent de créer et de travailler avec des programmes multimédias qui facilitent l'interactivité et le niveau de compréhension dans les processus d'apprentissage. Pour cette raison, un programme éducatif multimédia est de grande utilité pour l'enseignement de contrôle automatique des processus, ce qui facilite l'apprentissage de l'étudiant. Pour l'élaboration du programme on a utilisé un ordinateur Pentium II de 350 MHz, les applications multimédia Macromedia Director 8, Flash 5 et le langage technique d'informatique MATLAB 5.3 – Simulink. Ce programme nommé SimCONTROL (Simulateur de Contrôle) est divisé en: Fondements Théoriques, Concepts Basiques, Module de Calcul (Simulateur), Galerie et Aide. Le programme constitue un complément éducatif idéal dans la formation de futurs ingénieurs chimiques ou d'autres professionnels dans ce domaine.*

**Mots-clés:** Education Multimédia, Contrôle de Processus, Simulation.

## INTRODUCCIÓN

La idea de usar la computadora como una herramienta para la enseñanza en el campo de la Ingeniería surgió desde el mismo momento que estos equipos entran en escena, ya que es bien conocida la laboriosidad de los cálculos de las aplicaciones ingenieriles, y la multicplidad de variables que pueden estar envueltas. Todo este conjunto de complejidades causa en los estudiantes una gran carga de trabajo, que en muchos casos no les permite una comprensión global y sólida de un fenómeno determinado.

Desde hace cinco décadas, en las facultades de Ingeniería de las universidades más importantes del mundo se llevan a cabo grandes proyectos con el fin de acelerar en sus estudiantes el proceso de aprendizaje de los lenguajes de programación de las computadoras. A medida que pasaron los años, las computadoras se convirtieron en un instrumento de uso extendido por parte de la población en lugar de ser una herramienta exclusiva de cálculo. Hoy en día se puede pensar en la creación de un libro virtual que le permita al estudiante obtener información, no sólo con la lectura, sino también a través de animaciones, sonido y video, permitiendo un aprendizaje más eficiente.

Se debe recordar que el proceso de comprensión y retención de información es más efectivo cuando el individuo tiene activados varios de sus sentidos. Cuando la percepción sensorial es sólo auditiva, la retención es cercana al 20%. Con un escenario que incluya ayuda audiovisual, la retención sube a un 40 % y cuando el proceso también introduce elementos interactivos que obligan al estudiante a interactuar, la retención puede llegar hasta un 80% (Wolf, 1996).

En Ingeniería Química es fundamental que el individuo conozca y comprenda la esencia de los procesos y las expresiones matemáticas que los rigen, para así poder actuar y resolver problemas en el ámbito industrial. Así pues, en la enseñanza de la Ingeniería Química existe una gran necesidad de explicar al estudiante ciertos fenómenos físicos y/o químicos. Es aquí cuando la computadora se vuelve más útil, ofreciendo la alternativa de sustituir la tradicional forma de explicación, por una animación descriptiva o un video realista, que de seguro cau-

sará en el estudiante la fuerte impresión requerida por su cerebro para comprender la esencia de un fenómeno. En cuanto a las expresiones matemáticas lo más importante es que el individuo logre conocer con relativa exactitud el dominio numérico de cada variable, para que así pueda ser capaz de identificar situaciones no acordes físicamente con el entorno matemático. Al principio la computadora ayudaba en tal propósito, pero no se aprovechaban las posibilidades gráficas de las ecuaciones (Basu, 1996). Hoy en día las computadoras permiten observar instantáneamente en un gráfico el efecto de alterar el valor de una variable. Entre los trabajos publicados sobre la materia se puede mencionar el desarrollo de un programa (Zheng y Keith, 2004) en JAVA para la enseñanza de la conducción de calor en objetos sólidos. El programa permite a los estudiantes, luego de la introducción de parámetros claves, la visualización de su sistema a través de una película.

Los programas interactivos multimedia logran una activación sensorial mucho mayor que los sistemas tradicionales de enseñanza y prestan un grandioso servicio como herramientas suplementarias de aprendizaje.

Uno de los aspectos más importantes en la Ingeniería Química lo constituye el estudio de la Dinámica y Control de Procesos. En la actualidad, controlar un proceso significa mejorar la rentabilidad del mismo y también su seguridad ante posibles riesgos. Así pues, para facilitar el entendimiento de los métodos aplicados para el Control de Procesos y su representación mediante diferentes gráficos, se decidió realizar un módulo interactivo para la enseñanza de los fundamentos y principios básicos que rigen esta área, con el fin de brindar a los estudiantes una herramienta auxiliar de aprendizaje con todas las ventajas de la tecnología multimedia.

## MATERIALES Y METODOS

El programa multimedia se caracteriza por la interactividad de sus interfaces, ofreciendo de forma aislada o conjunta la selección a través de un menú, el rellenado de espacios y la manipulación directa de objetos; adicionalmente se presenta el desarrollo teórico utilizando videos, animaciones, imágenes fijas, textos y sonidos.

Para lograr los objetivos antes planteados, en primer lugar, se limitó el alcance a cubrir por el programa. Luego se estructuró el contenido de tal forma que el aprendizaje pudiera lograrse de una forma continua y eficiente. Posteriormente, se diseñó la pantalla principal con sus respectivos menús, uno vertical, que contiene las secciones principales y uno horizontal, que es secundario, y permite el acceso a subsecciones, ir directamente al módulo de cálculo o a la ayuda, ver la dedicatoria o salir del sistema. A continuación, se diseñaron las pantallas de las subsecciones, con interfaces sencillas y flexibles que permite al usuario el acceso y respuestas rápidas.

El paso siguiente consistió en realizar la búsqueda de la información tanto escrita, de sonido o gráfica que fue incluida en las secciones y subsecciones. La selección de los programas que permitieran la conexión entre las pantallas, la elaboración y puesta en marcha de las animaciones o la activación y confección del módulo de cálculo fueron los siguientes pasos.

Una vez llevadas a cabo las actividades anteriores, se procedió al trabajo de manufactura del programa multimedia, tomando en cuenta un buen diseño de la estructura básica, en forma sistematizada y siempre pensando en un instrumento al servicio de la pedagogía. El programa se sometió a pruebas continuas hasta eliminar toda posibilidad de error. Terminada la etapa de revisión, se procedería a elaborar la ayuda, incluyendo ejemplos. Finalmente, se grabó toda la información en un CD para su distribución.

A continuación se presentan cuatro etapas generales que comprendió la elaboración del módulo educativo:

- 1.- Estructuración, definición y recuperación bibliográfica del contenido programático del módulo.
- 2.- Aprendizaje del lenguaje de programación MATLAB 5.3<sup>®</sup> como herramienta para los cálculos matemáticos.
- 3.- Aprendizaje del programa SIMULINK<sup>®</sup> para la visualización gráfica.
- 4.- Aprendizaje del programa Macromedia Director 8.0<sup>®</sup> y Macromedia Flash 5.0<sup>®</sup> para la creación de las aplicaciones multimedia.

#### **Estructuración, definición y recuperación bibliográfica del contenido programático del módulo.**

Para que el módulo pueda ser útil al estudiante debe poseer un nivel mínimo de conocimientos teóricos. Así pues, se decidió utilizar el contenido programático del curso Dinámica y Control de Procesos (vigente para el año 2002), de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes para realizar esta sección teórica.

Además, se incluyó material gráfico sobre los equipos y accesorios que se usan en el ámbito industrial. También se muestran capítulos separados para el análisis de los sistemas de primer y de segundo orden. Adicionalmente se incluye un capítulo de conceptos básicos, para fortalecer los puntos importantes sobre los temas (Smith 1997, Creus 1997, Ogata 1998).

#### **Aprendizaje del lenguaje de programación MATLAB<sup>®</sup> como herramienta para los cálculos matemáticos.**

Dada la alta complejidad de las operaciones matemáticas a resolver se decidió emplear el lenguaje de programación MATLAB<sup>®</sup> (MATrix LABoratory), por su uso original en cursos de teoría de matrices, álgebra lineal y análisis numérico (The MathWorks, 1995). Hoy en día MATLAB<sup>®</sup> es un sistema interactivo y un lenguaje de programación que integra cálculos matemáticos y visualización que proporciona un ambiente flexible para los cálculos técnicos. Su arquitectura abierta hace que MATLAB<sup>®</sup> sea fácil de usar para la exploración de datos, creación de algoritmos y la creación de herramientas a la medida que proporcionan ventajas competitivas. MATLAB<sup>®</sup> se ha utilizado con mucho éxito para resolver problemas de ingeniería de control y es por esta razón que se seleccionó para ser usado en el módulo.

#### **Aprendizaje del programa SIMULINK<sup>®</sup> para la visualización gráfica.**

SIMULINK<sup>®</sup> es una extensión a MATLAB<sup>®</sup> que añade un entorno gráfico para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos lineales y no lineales. Admite sistemas de tiempo continuos, de tiempo discreto, multifrecuencia e híbridos [The Math Works, 1995]. SIMULINK<sup>®</sup> posee una biblioteca extensa de bloques predefinidos para construir modelos gráficos de su sistema. También posee un visualizador de modelos para navegar por las jerarquías del mo-

delo. Esta herramienta es de gran utilidad en control de procesos y por eso la razón de su uso.

### **Aprendizaje del programa Macromedia Director 8.0® y Macromedia Flash 5.0® para la creación de las aplicaciones multimedia.**

Macromedia Director 8.0® está orientado a los gráficos y es una herramienta ideal para diseñadores especializados en el sector de animaciones y dibujantes. También posee un lenguaje de programación llamado Lingo. El programa se basa en los principios que rigen el mundo cinematográfico y la animación. Un actor multimedia puede integrar sonido e imágenes, movimientos por un escenario, transiciones y efectos especiales a sus trabajos. Incluso la terminología que se utiliza asemeja el mundo de la puesta en escena. A los archivos se les refiere como películas o «movies». La ventana donde se muestra la animación o la aplicación interactiva es el «stage». Los elementos que se generan a través de los scripts son los «sprite». Los recursos con los que trabaja el programa son los «cast members». Las posiciones y los movimientos de los elementos animados por el escenario vienen determinados por el «score» (Bacon, 2000).

Este programa es el encargado de reunir toda la información del módulo, establecer las conexiones entre todas las páginas creadas, activar las animaciones cuando se requiera y correr el módulo de cálculo cuando se le solicite.

Macromedia Flash 5.0® es un programa para crear animaciones interactivas que pueden ser escalables en páginas Web. Se pueden crear logotipos animados, controles de navegación de sitios Web, animaciones de gran formato o sitios Web completos. Es un programa ideal para desarrollar su propia creatividad. Adicionalmente, permite una interacción entre el usuario y la animación, pudiendo programar una respuesta sobre la base de una acción ocurrida.

Con este programa se desarrollaron las animaciones que permiten al usuario una mayor comprensión del fenómeno físico o químico a controlar.

## **RESULTADOS**

El producto realizado consiste en un programa multimedia que sirve de ayuda para el aprendizaje

de la materia Dinámica y Control de Procesos de la carrera de Ingeniería Química. Proporciona una gran cantidad de conocimientos teóricos, así como también permite simular ejemplos de sistemas de control mediante su módulo de cálculo. Para su funcionamiento se requieren los programas comerciales: MATLAB 5.3®, SIMULINK 3.0® e INTERNET EXPLORER®. Adicionalmente se requieren 100 Mb libres en disco duro, un mínimo de 64 Mb de memoria RAM y un procesador Pentium® II con 300 MHz o superior.

Al programa le fue asignado el nombre de SimCONTROL: Programa Educativo Multimedia para la Enseñanza de Dinámica y Control de Procesos. SimCONTROL está dividido en cuatro grandes capítulos titulados como:

- Conceptos Básicos
- Fundamentos Teóricos
- Sistemas de Primer Orden
- Sistemas de Segundo Orden
- Componentes Básicos de Control
- Estrategias de Control
- Galería de Imágenes
- Ayuda

Al iniciarse el programa SimCONTROL, surge la pantalla principal identificando el programa, mostrando el nombre del desarrollador del software y sus tutores. En la parte lateral izquierda de esta pantalla existe una barra de links o vínculos, que permite acceder rápidamente a cualquier capítulo del módulo multimedia, entre ellos se encuentran: Conceptos Básicos, Fundamentos Teóricos, Galería de Imágenes, Módulo de Cálculo y Ayuda (Ver Fig. 1).

Esta pantalla posee también una barra de iconos que permite acceder a otros sitios de interés del módulo. Estos vínculos son: Sistemas de Primer Orden, Sistemas de Segundo Orden, Componentes, Estrategias, Módulo de Cálculo, Ayuda y Salir del Programa.

Para poder utilizar cualquier hipervínculo, se coloca el ratón sobre el icono o texto deseado, el puntero del ratón cambiará de la forma de flecha original a la de una mano, luego se hace clic con el botón izquierdo del ratón.

La pantalla posee también una barra de iconos que permite acceder a otros sitios de interés del módulo. Estos vínculos son: Sistemas de Primer Orden, Sistemas de Segundo Orden, Componentes,

Estrategias, Módulo de Cálculo, Ayuda y Salir del Programa

En **Conceptos Básicos** el usuario puede acceder a cualquier concepto básico desarrollado en este trabajo, pulsando la primera letra a la cual este pertenezca. Una vez pulsada la letra aparecerá un listado con todos aquellos conceptos relacionados con el tema de estudio (Ver Fig. 2).

**Fundamentos Teóricos:** se encuentran concentrados todos los capítulos tratados y estudiados en la materia Dinámica y Control de Procesos impartida en Ingeniería Química de la Universidad de los Andes, tales como: Sistemas de Primer Orden, Sistemas de Segundo Orden y Estrategias de Control (Ver Fig.3).

En **Elementos Básicos de Control**, el usuario puede obtener información de los componentes utilizados en el control de procesos. Este es un menú interactivo, los temas disponibles son: sensores y transmisores, válvulas de control y controladores. Para activar alguno de estos temas, el usuario debe colocar el puntero del ratón sobre los iconos que están entre rectángulos azules, una vez hecho esto se despliega un mensaje en pantalla nombrando la opción, luego debe hacer clic (Ver Fig.4).

**Sensores y transmisores** es un menú gráfico donde el usuario puede conocer como funcionan los dispositivos más comunes en la medición de nivel, flujo, presión y temperatura, además puede conocer acerca de los dispositivos de transmisión, los tipos de señales utilizadas en control, todo esto se explica mediante animaciones que facilitan la fijación del principio de funcionamiento de cada equipo (Ver Fig. 5).

**Válvulas de Control** es una sección donde se puede indagar sobre las válvulas de control, tipos, su funcionamiento, sus componentes claves y sus patrones de flujo en la Fig. 6 se muestra la primera página de esta sección.

**Controladores** es una sección enfocada hacia los controladores por retroalimentación, su funcionamiento, sus modalidades control Proporcional, control Proporcional Integral, control Proporcional Integral Derivativo, control Proporcional Derivativo, las ventajas y desventajas de cada tipo de controlador (Ver Fig.7).

En el Capítulo de **Estrategias de Control** el usuario puede seleccionar Control por Retroalimen-

tación o Estrategias Adicionales de Control. Se consiguen temas indispensables para el control por retroalimentación, como son: Fundamentos de Control Por Retroalimentación, Diagramas de Bloques y Entonación de Controladores. También se estudian otras estrategias de control como: control manual, el control relacional, control en cascada, control por acción precalculada, control por imposición, control selectivo, control atraso – adelanto, control on – off (Ver Fig. 8).

El capítulo **galería de imágenes** se presentan fotografías de diversos equipos utilizados a escala industrial como: válvulas de control, controladores, sensores de flujo, sensores de temperatura, sensores de pH, sensores de nivel, sensores de presión y sensores de conductividad. (Ver Fig.9).

**Módulo de Cálculo:** Este capítulo de SimCONTROL, a diferencia del resto de los capítulos, fue totalmente realizado en MATLAB 5.3®–SIMULINK®. Estos programas poseen limitaciones gráficas bastante grandes, debido a que no se trata de programas para realizar multimedia, pero poseen un gran potencial de cálculo matemático. Cuando es llamado el módulo de cálculo, el programa realizado en Director hace un enlace con MATLAB 5.3®, pero es necesario mencionar que no comparten la misma interfaz. La pantalla principal del módulo de Cálculo de SimCONTROL, el usuario puede seleccionar Dinámica, Controladores, Estabilidad, Estrategias, Ayuda, Manual de Simulink, Regresar a Matlab o Salir de Matlab (Ver Fig. 10). Ahora bien, si por ejemplo se oprime el botón Dinámica aparecerá la pantalla mostrada en la Fig 11, donde se presentan los diferentes cálculos y simulaciones que se pueden realizar.

Si ahora se oprime por ejemplo el botón tiempo muerto aparece la pantalla de la Fig. 12.

En esta pantalla se enseñan como puede ser afectado tanto un proceso de primer orden como uno de segundo orden al cambiar el tipo de perturbación y la magnitud del tiempo muerto. En este caso, el sistema de primer orden está sometido a una perturbación tipo escalón (step) y el sistema de segundo orden a una tipo senoidal (senoidal). Al correr el programa, los resultados se muestran en forma gráfica, tanto para el sistema de primero como segundo orden para los diferentes tiempos muertos considerados (Ver Fig. 13).

El formato final del programa para su distribución es un CD cuya presentación se muestra en la Figura 14.

Finalmente, se puede mencionar que el programa ha sido utilizado en el curso de Dinámica y Control de Procesos, de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes, en primer lugar para aumentar la motivación y comprensión de los estudiantes y en segundo lugar para la resolución de problemas más complejos asignados como trabajos especiales.

## CONCLUSIONES

Se diseñó un programa educativo que muestra los aspectos más importantes de la Dinámica y Control Automático de Procesos de una forma pedagógica y que con seguridad será un apoyo para los estudiantes y profesores de Ingeniería Química. Se pueden desarrollar aplicaciones para sistemas de control de primero, segundo u orden superior y observar, entre otras cosas, los cambios que se producen al introducir diferentes perturbaciones (i.e. escalón, rampa, pulso).

La conjunción de los programas multimedia Director®, de animaciones Flash® y de cálculo MatLab® permitieron el desarrollo de una herramienta de apoyo para la enseñanza de la Dinámica y Control de Procesos.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al CDCHT de la Universidad de Los Andes, por el apoyo para la realización de este trabajo. Igualmente agradecemos al Prof. Antonio Cárdenas por la revisión del manuscrito.

## Referencias

Bacon, J. (2000). *El Libro de Director 7.0*. Madrid: Nanaya Multimedia.  
 Basu, P. (1996). Development of a Multimedia based instructional program. *Chemical Engineering Education*. Fall. p. 272-277.  
 Creus Solé, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. Barcelona España: Marcombo Boixareu Editores.  
 Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. México: Prentice Hall.  
 Smith, C., Corripio, A. (1997). *Principles and Practice of*

*Automatic Process Control*. New York, USA: John Wiley and Sons, Inc.  
 The MathWorks (1995). *MATLAB edición estudiante*. España: Prentice Hall.  
 Wolf, J. (1996). Teaching Transport Phenomena with Interactive Computers to the Nintendo Generation. *Chemical Engineering Education*. Winter. p. 40-45.  
 Zheng, H. and Keith, J. (2004). JAVA-Based Heat Transfer Visualization Tools. *Chemical Engineering Education*. Fall. Vol. 32. Nº 4. pp.

[Figura 1]

Pantalla principal



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 2]

Pantalla de Conceptos básicos



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 3]  
Pantalla de Fundamentos teóricos



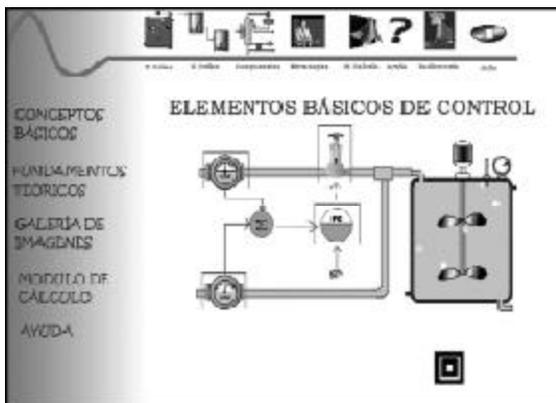
FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 6]  
Pantalla de Válvulas de control



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 4]  
Pantalla de Elementos básicos de control



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 7]  
Pantalla de Controladores



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 5]  
Pantalla de Sensores y Transmisores



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 8]  
Pantalla de Estrategias de control



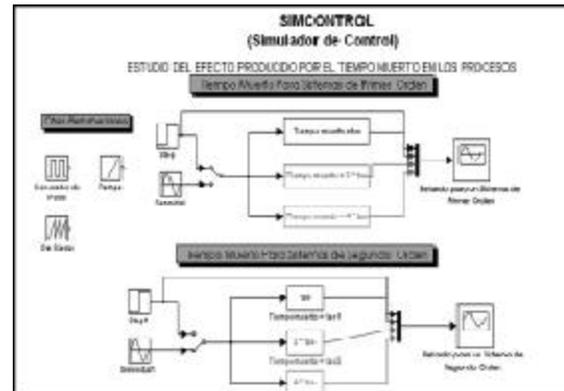
FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 9]  
 Pantalla de Galería de imágenes



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 12]  
 Pantalla efecto producido por el Tiempo Muerto en los procesos



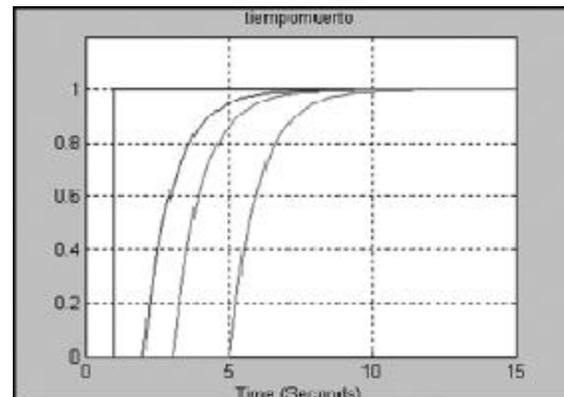
FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 10]  
 Pantalla principal Modulo de Cálculo



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 13]  
 Pantalla de Dinámica de procesos



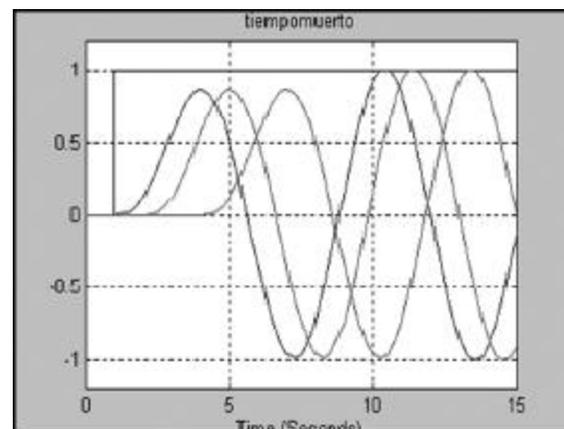
FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 11]  
 Pantalla de Dinámica de procesos



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN

[Figura 13]  
 Cont.



FUENTE: PROCESO DE INVESTIGACIÓN