

LABORATORIO VIRTUAL DE CONTROL INTELIGENTE

Mónica Alejandra Delgado G y Jesús Alfonso López S.
Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia)

Resumen

Este artículo presenta un laboratorio virtual de control inteligente desarrollado con Easy Java Simulations y diseñado para tres de las plantas existentes en la Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia): Planta de nivel Lab-Volt, Servomotor SRV02 Quanser y sistema Bola Viga Quanser. Las estrategias de control implementadas en el laboratorio son control difuso, control con redes neuronales artificiales y control PID, este último con el fin de permitir al usuario comparar resultados entre control inteligente y control clásico. Esta herramienta de enseñanza en control inteligente permite a los estudiantes acercarse al mismo usando una plataforma interactiva y de fácil uso.

Palabras claves: Laboratorio virtual, control inteligente, neurocontrol, control difuso.

Abstract

This paper presents the virtual laboratory of intelligent control developed with Easy Java Simulations and designed for three plants: Level Plant Lab-Volt, SRV 02 and ball beam system. The control strategies implemented in the laboratory are: fuzzy control, inverse model based on artificial neural networks and PID control, in order to allow the user to make comparisons between classic control and intelligent control. This software allows students develop educational activities on intelligent control using a friendly and interactive tool.

Keywords: Virtual laboratory, intelligent control, neurocontrol, fuzzy control.

Introducción

Muchas son las áreas del conocimiento e investigación en ingeniería que se han beneficiado de los avances de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); la incursión de las TIC ha

revolucionado el proceso de formación de profesionales en la educación superior, debido a que las instituciones están entrando en una etapa donde buena parte de las actividades propias de la vida estudiantil se desarrollan a distancia accediendo a páginas Web, lo que ha descentralizado y ampliado la cobertura del

proceso de aprendizaje, logrando llegar a estudiantes marginados geográfica y económicamente (Unesco, 2000).

El control automático es una de las áreas que ha sufrido mayor impacto; uno de los aportes en este campo son los laboratorios basados en Web como entornos de experimentación en el que los usuarios pueden operar sobre una serie de componentes gráficos cada uno representando un elemento importante del experimento (planta física), destacando como claros ejemplos los laboratorios virtuales donde la interfaz de experimentación trabaja sobre una simulación del proceso y los laboratorios remotos donde el proceso es real y se tiene acceso a la planta física a través de Internet (Vargas *et al.*, 2006).

El control inteligente es una generalización del concepto de control y se puede ver como un campo dentro de esta disciplina, los métodos son desarrollados para emular algunas características (adaptación, aprendizaje, planeación bajo incertidumbre y trabajo con gran cantidad de datos entre otras) importantes del ser humano; es un área donde las prácticas de laboratorio desempeñan un rol fundamental. Sin embargo, las TIC han sido usadas como herramientas para la enseñanza de conceptos relacionados principalmente al control clásico y moderno, por el lado del control inteligente aunque es fácil encontrar en Internet algunos demos y applets sencillos se ha detectado una escasez de herramientas educativas completas que hagan uso de dichas tecnologías es decir, laboratorios dedicados específicamente a este campo que permitan a los estudiantes practicar a cabalidad los conceptos predominantes en esta área, lo que se traduce en un problema potencial ya que las metodologías del control inteligente están siendo aplicadas a la robótica, las comunicaciones, la manufactura, el control de tráfico, por mencionar algunas pocas. Las áreas donde se está realizando trabajo alrededor de este control son: redes neuronales artificiales (RNA), control difuso, algoritmos genéticos, sistemas de planeación, sistemas expertos y sistemas híbridos (Passino *et al.*, 1993).

El objetivo de este trabajo es desarrollar un laboratorio virtual de control inteligente, implementando las técnicas de RNA por modelo inverso y control difuso (fuzzy control) a tres plantas diferentes ubicadas en

el laboratorio de automática de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia).

En las siguientes secciones se presentan los conceptos básicos relacionados con los laboratorios virtuales, control difuso y neurocontrol. Posteriormente se hace una breve descripción de las plantas seleccionadas y finalmente se presentan las principales características del laboratorio y un ejemplo de aplicación.

Laboratorios virtuales, controladores y presentación de plantas

Laboratorios virtuales

Un laboratorio virtual se puede definir como un entorno distribuido de herramientas de simulación y animación, cuyo propósito es realizar la simulación interactiva de un modelo matemático. Los laboratorios virtuales proporcionan un método flexible y amigable para definir los experimentos que se llevan a cabo sobre el modelo, siendo por ello herramientas útiles para la enseñanza. Típicamente, la definición de un laboratorio virtual incluye las dos partes siguientes: el modelo y la vista. La vista es la interfaz entre el usuario y el modelo, su objetivo es proporcionar una representación visual del comportamiento dinámico del modelo y facilitar las acciones interactivas del usuario sobre aquel. Las propiedades gráficas de los elementos de la vista se enlazan a las variables del modelo, produciendo un flujo bidireccional de información entre la vista y el modelo (Martin *et al.*, 2005).

Laboratorios virtuales en la enseñanza

Actualmente, la aplicación del concepto nuevas tecnologías en la enseñanza al ámbito de la realización de prácticas ha dado lugar a la aparición de diferentes modalidades de entornos de experimentación. Desde el punto de vista del estudiante/usuario, los criterios que permiten establecer una clasificación muy clara de estos nuevos entornos son dos: la forma de acceder a los recursos sobre los que se experimenta y la naturaleza del sistema sobre el que se opera. Atendiendo al primer criterio, se puede discernir entre acceso remoto a través de una red y acceso local. En lo referente a la naturaleza del recurso, hay que

distinguir entre recurrir a modelos simulados o trabajar con plantas reales. De la combinación de estos dos criterios se obtienen cuatro clases de entornos muy diferentes, pero que abarcan todas las formas de experimentación posibles y que se observan en la tabla 1. (UNED, 2000):

Tabla 1. Taxonomía de los laboratorios

		Tipo de Recurso	
		Real	Simulado
Acceso	Local	Laboratorio Tradicional	Laboratorio Virtual Mono usuario
	Remoto	Laboratorio Remoto	Laboratorio Virtual Multi usuario

- *Acceso local-recurso real.* Representa el laboratorio de prácticas tal y como lo conocemos, en el que el alumno se sitúa frente a un ordenador conectado a un sistema real para proceder a la realización de la práctica correspondiente.
- *Acceso local-recurso simulado.* Todo el entorno de trabajo es software y la interfaz de experimentación opera sobre un sistema simulado, virtual e inexistente físicamente que reside en el mismo ordenador que la interfaz.
- *Acceso remoto-recurso real.* Constituye el acceso al equipamiento de un laboratorio real a través de una red. El usuario opera y controla de forma remota sistemas reales mediante una interfaz de experimentación que se ejecuta en un ordenador conectado a una red (Internet). Este enfoque es lo que se denomina telelaboratorio, laboratorio remoto o teleoperación a través del web.
- *Acceso remoto-recurso simulado.* Esta forma de experimentación es similar a la anterior en cuanto al acceso pero el sistema real se sustituye por un modelo, por lo que el estudiante trabaja con su interfaz de experimentación sobre un sistema virtual accesible a través de Internet. Presenta como diferencia que pueden trabajar múltiples usuarios simultáneamente sobre el mismo sistema virtual ya que al estar simulado se puede instanciar para atender a todo aquel que lo solicite (laboratorio virtual multiusuario o simulación basada en el web).

Modalidad del laboratorio virtual de control inteligente

El laboratorio desarrollado permite un acceso al entorno de experimentación remoto y la naturaleza del sistema sobre el que se opera es un modelo simulado, lo que se traduce en la descentralización del proceso de aprendizaje, ya que la plataforma de esta modalidad de laboratorios permite el múltiple acceso de usuarios simultáneos al sistema virtual a través de la red, convirtiéndolo así en una herramienta de enseñanza muy útil por su alta efectividad y por la simplicidad de su operación. Es conveniente discutir sobre los criterios de clasificación de los laboratorios virtuales para asegurar en cierta medida el cumplimiento de los requerimientos deseados.

Ubicación del motor matemático de cálculo: Atendiendo a este criterio el motor numérico del laboratorio desarrollado tiene una ubicación local, ya que el motor de cálculo se transmite al computador en el que está trabajando el cliente, de forma que la interfaz gráfica y el núcleo numérico se fusionan interactuando en un mismo entorno.

Naturaleza del núcleo de simulación: Este criterio considera si la simulación se hace por medio de una herramienta orientada al modelado (MATLAB®) o se construye en lenguajes de alto nivel como sucede en este caso, donde el software de desarrollo utilizado es Easy Java Simulations dada la facilidad de convertir las simulaciones en applets de libre distribución en la red, además Java® constituye actualmente la única alternativa capaz de proporcionar total independencia de la plataforma hardware sobre la que se esté trabajando asegurando la ubicación local del núcleo numérico.

Capacidad de diseño: En este caso, el usuario no toma parte activa en la construcción del modelo, su participación en la definición del comportamiento dinámico del sistema se limita a la modificación de los parámetros propios del modelo matemático que describe el proceso sin involucrar cambios en la arquitectura del mismo.

Grado de interactividad con la simulación: De acuerdo con este criterio de clasificación la simula-

ción aplicada a este laboratorio es on-line, porque el comportamiento de las principales variables (variable controlada y la acción de control) se observa a través de gráficos que evolucionan de forma continua. Además, la interfaz permite modificar el setpoint cuyo cambio se manifiesta de manera inmediata sobre la simulación, evidentemente la rapidez de la reacción depende de la magnitud del cambio y la dinámica del modelo matemático del proceso. Razón que aunada a las demás hace del lenguaje Java® la herramienta por excelencia para el desarrollo de simulaciones con este tipo de características.

Finalmente, se puede colegir que la simulación basada en web desarrollada presenta la interfaz gráfica y el motor de simulación como una aplicación monolítica ejecutándose dentro del navegador WWW y residiendo en el ordenador del cliente (gráfica 1), (Sánchez *et al.*, 2000).

Gráfica 1. Configuración del laboratorio virtual de control inteligente



Control difuso y control neuronal

El control difuso o control por lógica difusa tuvo su origen en 1965 cuando Zadeh planteó la teoría de conjuntos difusos (Zadeh, 1965). La diferencia entre un sistema de control convencional y uno que utiliza lógica difusa se encuentra en la forma de realizar el proceso de inferencia del valor de salida, en un controlador difuso esta respuesta se calcula por medio de un algoritmo difuso en el cual se encuentran comprendidas una serie de etapas (fuzzificación, inferencia, defuzzificación) encargadas de determinar la respuesta adecuada. Los sistemas de inferencia difusa se basan en el lenguaje cotidiano, es decir el control difuso permite diseñar un controlador para un proceso teniendo un conocimiento cualitativo de su funcionamiento (Passino, 1998), este tipo de sistemas vincula en un alto grado el sentido común

y el conocimiento del experto codificados en forma de reglas heurísticas que determinarán las acciones de control (Vallejo *et al.*, n.d)

El control neuronal por modelo inverso es la estrategia básica de control con RNA, es una técnica en la que la red neuronal constituye un modelo inverso de la planta (Norgaard *et al.*, 2000), empleando generalmente como algoritmo de aprendizaje el basado en Levenberg – Marquardt. La red neuronal se coloca en el bucle de control en cascada con la planta, de forma que la función de transferencia teórica entre la salida deseada (setpoint) y la salida del sistema controlado es la unidad (Widrow, 1986), al poseer una función de transferencia unitaria existe una incapacidad de definir un comportamiento deseado y los esfuerzos de control requeridos para llevar el proceso al valor deseado son altos, sin embargo esto se soluciona anteponiendo un filtro al sistema (Valverde, 1999).

Presentación de plantas

El sistema didáctico en control de procesos de Labvolt está conformado por una superficie de trabajo, componentes del proceso y la unidad de bombeo que se encarga de proveer flujo de agua al sistema, a su vez esta unidad está compuesta por un mando de velocidad variable, una bomba centrífuga, un tanque y tres válvulas operadas manualmente etiquetadas como HV1, HV2 y HV3, que permiten el control sobre el caudal del agua que entra y sale de la unidad de bombeo y cuya posición determina el modelo matemático que describe la planta (Lab Volt, 2009).

El servomotor de corriente directa SRV 02 Quanser, está conformado por un motor, una caja de engranajes, tacómetro, encoder y potenciómetro. El motor está montado sobre un marco de aluminio y maneja una caja de engranajes, cuya salida conduce un engranaje externo al que se fija un eje independiente de salida. El eje de salida está condicionado al encoder y el engranaje externo conduce un engranaje auxiliar que es conectado a un potenciómetro de precisión para medir el ángulo de la salida.

El sistema de control Bola-Viga consiste en una viga sujeta a un servomotor (SRV-02) que controla su movimiento y sobre la cual corre una bola de acero inoxidable. Adicionalmente utiliza otra viga frente al

motor cuya función es sensar la posición, enviando distintos voltajes dependiendo de dónde se encuentre la bola de referencia. El objetivo es controlar que la bola en la viga superior siga en todo momento la posición de la bola de referencia que corre en la viga inferior.

Análisis y discusión de resultados

Uno de los productos del proyecto fue la implementación de un campus virtual para el curso de control inteligente (gráfica 2), mediante el cual se presenta el contenido de las áreas temáticas, las prácticas a desarrollar (interfaces de experimentación) y la ayuda en línea para facilitar el manejo del laboratorio al usuario.

Gráfica 2. Campus virtual del laboratorio



Características del laboratorio virtual

Las aplicaciones que hacen parte del laboratorio virtual otorgan al usuario cierto grado de libertad, pues el propósito de los autores es desarrollar una herramienta educativa de fácil acceso y distribución que permita al usuario aplicar los conocimientos adquiridos en el área de control inteligente. Por esta razón, se deben evaluar cuidadosamente las características que se deben tener en cuenta para el diseño del laboratorio virtual.

- Selección de planta. El laboratorio virtual consta de 3 aplicaciones, cada una de las cuales pertenece a una planta física diferente. En este sentido se

permite al usuario escoger entre las diferentes opciones, adicionalmente tiene la capacidad de decidir la variable a controlar.

- Parametrización de la planta. Las aplicaciones del laboratorio virtual están en la capacidad de permitir al usuario modificar los parámetros numéricos de la función de transferencia de la planta a simular, de esta forma el cliente forma parte activa en la construcción del propio modelo.
- Selección del tipo de control. A cada uno de los sistemas simulados se implementan diversas estrategias de control, entre las técnicas de control inteligente diseñadas se encuentran el control difuso y el control neuronal por modelo inverso, teniendo especial cuidado con esta última porque al utilizar la dinámica inversa de la planta solo es posible realizarla para aquellos sistemas cuyo comportamiento natural es estable. Con el fin de comparar resultados entre control clásico e inteligente se diseña a cada planta un controlador PID. En la tabla 2 se presenta más detalladamente las estrategias de control a las que el usuario puede acceder según el sistema seleccionado.
- Parametrización de los controladores. El laboratorio virtual permite a los usuarios ingresar sus propios datos del controlador. En el controlador PID admite la variación de las diferentes ganancias, en el control fuzzy permite escoger el número de conjuntos difusos con que se desea trabajar, la base de reglas, los conjuntos difusos y las ganancias de sintonización. Cuando la técnica de control seleccionada es con RNA el usuario puede ingresar la matriz de pesos de la red neuronal previamente entrenada y los valores de los parámetros del filtro.

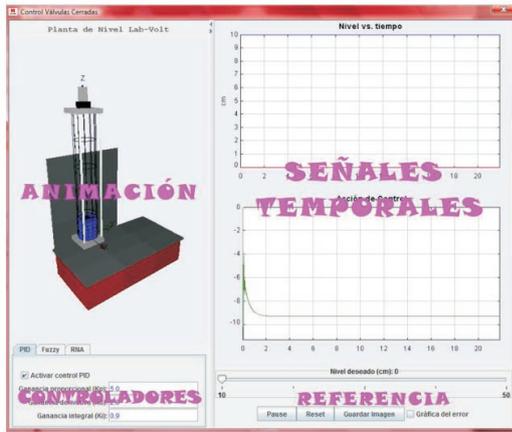
Tabla 2. Plantas y controladores

Planta	PID	Fuzzy	RNA
Nivel			
Válvulas Abiertas	X	X	X
Válvulas Cerradas	X	X	X
Servomotor			
Posición	X	X	
Velocidad	X	X	X
Bola - Viga			
Posición bola	X	X	

Interfaz gráfica de usuario (GUI)

En la gráfica 3 se observa la distribución de la interfaz caracterizada por su interactividad con la simulación, la visualización dinámica, la animación de los elementos y el registro histórico de las variables. La GUI consta de los siguientes elementos: animación, panel de controladores, señales temporales y referencia.

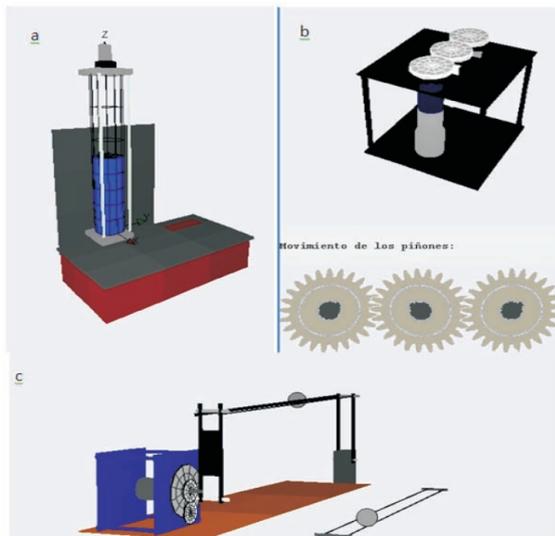
Gráfica 3. Interfaz del laboratorio virtual



Animación: Es un esquema gráfico del proceso construido con elementos 3D en el laboratorio virtual, cuyo propósito es representar el comportamiento real de la planta y permitir al usuario hacer un seguimiento visual a la variable controlada. Las animaciones para los diferentes procesos se muestran en la gráfica 4.

Gráfica 4. Visualización de las animaciones de los diferentes procesos

a. Nivel b. Servomecanismo c. Bola-Viga



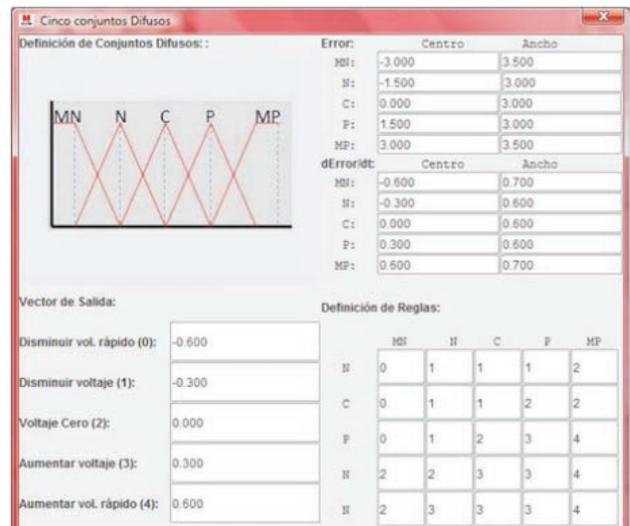
Panel de control: Las diferentes estrategias de control se presentan en paneles independientes, a los cuales se puede acceder a través de pestañas (gráfica 5). Como ya se ha mencionado con anterioridad es posible variar los parámetros de los controladores de forma interactiva, en el caso particular del controlador PID el usuario debe ubicarse sobre el campo numérico de la variable de interés e ingresar el nuevo valor.

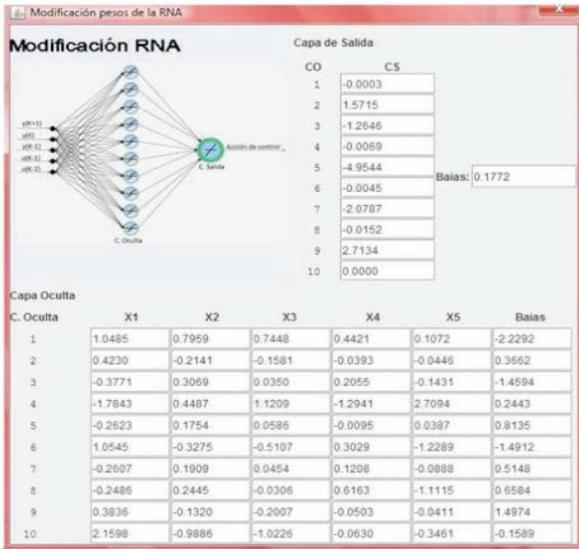
Gráfica 5. Panel de control



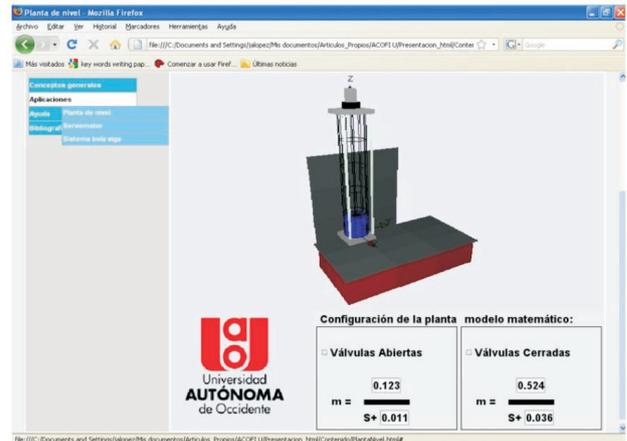
Para la modificación de los conjuntos difusos, base de conocimiento del sistema de inferencia (gráfica 6a) y la matriz de pesos de la red neuronal (gráfica 6b) se crearon ventanas emergentes que se activan a través de las casillas “Modificar cijos” (Modificar Conjuntos) y “Modificar W” (Modificar Pesos) ubicadas en los respectivos paneles de control.

Gráfica 6. Ventanas de modificación de parámetros a. Conjuntos difusos b. Pesos de RNA





Gráfica 7. Acceso a la aplicación para el proceso de nivel desde el navegador



Señales Temporales: Proporcionan la visualización gráfica de las variables principales del sistema (Variable controlada, acción de control y señal de error). Al mismo tiempo cuando la simulación progresa estos registros reflejan de manera dinámica y continua cualquier cambio en las variables que toman parte en el proceso.

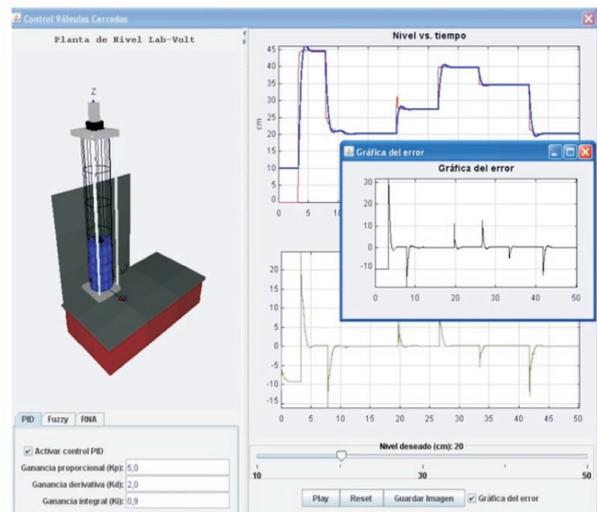
Referencia: Este panel se encuentra localizado en la parte inferior de la interfaz, está compuesto por tres tipos de elementos (botones, deslizador y casilla de activación). El deslizador permite ingresar y modificar continuamente el valor deseado por el usuario, dos de los botones permiten la parada, continuación y re-arranque de la simulación del proceso, el tercer botón se encarga de generar una imagen en formato JPG de las señales temporales. La casilla de activación permite visualizar en una ventana emergente la gráfica del error generada en la simulación.

Ejemplo de aplicación

En el campus virtual en la pestaña de aplicaciones se encuentran inmersas las simulaciones de las tres plantas desarrolladas para este laboratorio, el usuario debe seleccionar con cual planta desea trabajar, una vez hecho esto y observando las opciones suministradas por la pantalla inicial de la aplicación debe definir la configuración de la planta o la variable a controlar. En la gráfica 7 se observa las opciones que hay para el proceso de nivel, el usuario puede escoger el modelo a trabajar y si desea, modificarlo.

Seguidamente, el usuario escoge el tipo de controlador a implementar, cada una de las simulaciones tiene cargado por defecto un controlador, sin embargo el usuario puede modificarlo en el momento que lo necesite. Para cambiar la referencia o setpoint, el cliente debe ubicarse sobre el deslizador ubicado en el panel de referencia y con click sostenido llevar el apuntador hasta alcanzar el valor deseado. En la gráfica 8 se observa la utilidad para la planta de nivel (configuración válvulas cerradas) donde se puede visualizar la animación y las diferentes señales generadas. Para observar la gráfica del error la casilla de activación del panel de referencia debe ser seleccionada.

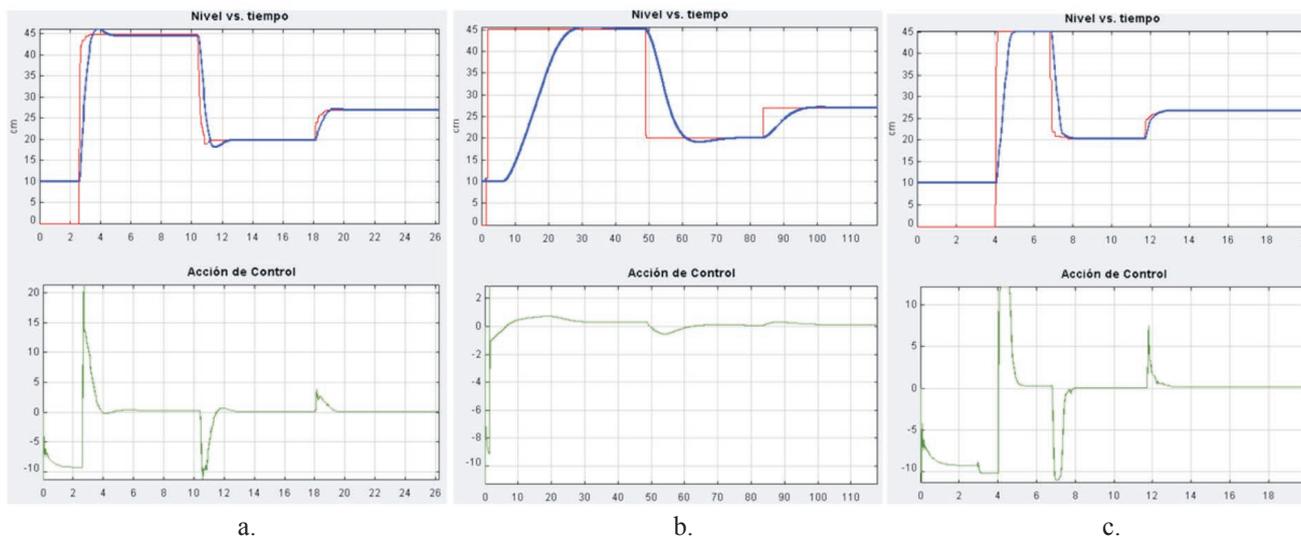
Gráfica 8. Aplicación para el proceso de nivel con diferentes set points



Con el fin de mostrar el comportamiento de la planta de nivel con diferentes controladores, los autores usaron 3 setpoints: 45cm, 20cm y 27cm. La figura

9 muestra el comportamiento de la planta usando diferentes controladores.

Gráfica 9. Comportamiento de la planta con diferentes controladores. a. Comportamiento con control PID
b. Comportamiento con control difuso. c. Comportamiento con neurocontrol



Conclusiones

Una de las grandes enseñanzas de este proyecto ha sido el poder vislumbrar como las TIC se han convertido en una herramienta muy valiosa para labores educativas donde con el uso de ellas se ha generado una serie de estrategias que permiten mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje; un ejemplo de esto son los laboratorios virtuales como instrumentos modernos que permiten a los estudiantes consolidar conceptos y fusionar la teoría con la práctica de una manera sencilla y no presencial. A través del laboratorio virtual desarrollado en este proyecto, se puede abordar las técnicas más conocidas de control inteligente, como lo son las RNA y la lógica difusa las cuales han cobrado importancia en los últimos años debido al incremento de las demandas tecnológicas.

Aunque hay varias maneras de implementar un laboratorio virtual, en este proyecto se decidió trabajar con Easy Java Simulations que es una herramienta utilizada en otras instituciones para desarrollar aplicaciones similares pues entre sus ventajas se tiene la facilidad de implementar interfaces con el usuario bastante amigables y además, la posibilidad de generar las páginas WEB con las aplicaciones embebidas usando applets.

Una de las principales contribuciones de este trabajo es sentar las bases de un proyecto futuro que consiste en implementar un laboratorio remoto aprovechando la existencia de las plantas simuladas en el laboratorio de automática de la Universidad Autónoma de Occidente y así validar la utilidad de estas herramientas tecnológicas como parte integral del currículo de las materias que usan dicho laboratorio.

Referencias

Lab Volt Process control training system (6090) [en línea]. USA: Lab Volt Systems Inc [consultado marzo 18 de 2009]. Disponible en Internet: [http://www.](http://www.labvolt.com/products/instrumentation-and-process-control#level-rocess)

[labvolt.com/products/instrumentation-and-process-control#level-rocess](http://www.labvolt.com/products/instrumentation-and-process-control#level-rocess).

Martin C.; Dormido, S.; Urquia, A. Modelado orientado a objetos de laboratorios virtuales con aplicación a

- la enseñanza del control de procesos químicos [en línea]. Madrid: UNED, 2005 [consultado 25 febrero de 2009]. Disponible en Internet: <http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?id=bibliuned:733>.
- Norgaard, M.; Ravn, O.; Poulsen, N.; Hansen, L. (2000) *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic System*. London: Springer-Verlag. pp. 232
- Passino Kevin and Panos Antsaklis (1993). *An introduction to intelligent and autonomous control*.
- Passino, K. (1998). *Fuzzy Control*. Menlo Park. California, USA.
- Sánchez, J., Morilla, F., Dormido, S. (2000). *Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la automática* [en línea]. Madrid: Departamento de informática y automática UNED, [consultado 16 enero de 2009]. Disponible en Internet: <http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?id=bibliuned:783>.
- UNED. *Laboratorio virtual* (2000). [en línea]. Madrid: Departamento de informática y automática UNED [consultado 17 enero de 2009]. Disponible en Internet: <http://lab.dia.uned.es/rlab/contenido/labvirtual.html?page=3>
- UNESCO. *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. (2000). Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales. Paris. Consultado el 10 de Febrero de 2007 en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102S.pdf>.
- Vallejo, E., F. Méndez and Ochoa C. (n.d.). *Aplicación del control difuso al diseño e implementación de un módulo de potencia*. <http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieriadesarrollo/10/aplicacion-del-control-difusion.pdf>.
- Valverde Gil, R. (1999). *Control de sistemas mediante redes neuronales: Aprendizaje por refuerzo*. Trabajo de Doctorado Ingeniería. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Facultad de Ingeniería.
- Vargas, H., N. Duro and S. Dormido (2006). *Creación de laboratorios virtuales y remotos usando easy java simulations y labview*. XXVII Jornadas de Automática. UNED.
- Widrow, B. *Adaptive inverse control* [en línea]. Lund, Suecia: IFAC Adaptive system in control and signal processing [consultado 20 enero de 2009]. Disponible en internet: <http://www.isl.stanford.edu/~widrow/papers/c1986adaptiveinverse.pdf>.
- Zadeh, L. *Fuzzy Sets* (1965). En: *Information and Control*. Vol.8, pp. 338-353.

Sobre los autores

Jesús Alfonso López S.

Obtuvo su grado como Ingeniero Electricista de la Universidad del Valle en 1996, posteriormente se graduó como Magíster en Automática en la misma Universidad en el año 1998. En el año 2007 obtuvo su grado como Doctor en Ingeniería en la Universidad del Valle en. Sus áreas de interés son: La inteligencia computacional y sus aplicaciones, el control automático, la Identificación de sistemas, la enseñanza de la inteligencia computacional y la enseñanza del control automático.

Es miembro profesional de la IEEE y pertenece a la sociedad de inteligencia computacional de la

IEEE. Actualmente está vinculado a la Universidad Autónoma de Occidente como docente de planta y director del programa de Ingeniería Mecatrónica jalopez@uao.edu.co

Mónica Alejandra Delgado G.

Ingeniera Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Occidente. Ponente del artículo laboratorio virtual de control inteligente para una planta de nivel en el congreso CERMA 2009. Áreas de interés: control inteligente, laboratorios virtuales y remotos, inteligencia artificial. monek4@hotmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.