

CURSO INTERACTIVO PARA LA ENSEÑANZA DE CONTROL DE SISTEMAS

J.A. López-Orozco, B. Andrés-Toro, José Luis Risco,
J. M. de la Cruz y S. Esteban San Román
Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática. Universidad Complutense de Madrid
e-mail: jalo@dacya.ucm.es

Resumen

Se está diseñando y construyendo una herramienta interactiva que sirva de apoyo a la enseñanza de las asignaturas de Control de Sistemas (Ingeniería Electrónica y Ciencias Físicas) en los nuevos planes de Estudio de la UCM. Esta herramienta permite el estudio de los conceptos teóricos más importantes, el desarrollo y ejercicios de prácticas de control y repasar conceptos y prácticas que son básicas y que el alumno debe conocer antes de cursar ciertos temas de asignaturas superiores. El curso se ha completado con cuestionarios de evaluación y un foro de discusión para ayuda en el estudio. Permite la comunicación directa alumno- profesor para la resolución de dudas y planteamiento de soluciones a los problemas propuestos.

Palabras Clave:

Sistemas Lineales, Automática, Internet, Docencia.

1. INTRODUCCIÓN

Esta herramienta se ha diseñado dentro de un Proyecto de Innovación Educativa de la Universidad Complutense de Madrid. Es un proyecto concedido y construido durante el curso 1999-2000 y se pondrá en funcionamiento en el curso 2000/2001.

No pretende sustituir a un buen libro de Sistemas Lineales y menos a un curso reglado dentro de unos estudios universitarios. Sin embargo, en muchas ocasiones el alumno se va a enfrentar con prácticas y ejercicios en los que necesitará conocimientos que ya debería haber cursado, y puede que así haya sido, pero necesita repasarlos o puede que no los haya adquirido previamente (por no haber completado el temario en cursos anteriores, convalidaciones, etc.) y necesita un medio que le permita, en poco tiempo, acceder a los conocimientos básicos necesarios para ponerse al día y con la seguridad que da una relación alumno-profesor.

Aunque ya existen distintas aproximaciones de cursos y prácticas de control realizadas de manera interactiva, ninguna de ellas se ajusta exactamente al planteamiento realizado en este proyecto. Estas aplicaciones están dirigidas a la enseñanza de distintos aspectos concretos del control o a la realización de ciertas prácticas [5], [6] y [8]. También se están desarrollando aplicaciones software interactivas para la enseñanza del control como por ejemplo [11] o [12], pero son programas que se ejecutan sin la posibilidad de acceso remoto por Internet. Nosotros buscamos una herramienta que permita al alumno repasar o aclarar sus conocimientos de control y a su vez le sirva para comprobar su grado de comprensión de los conceptos estudiados.

Esta herramienta está diseñada para que se puedan modificar sus contenidos de forma directa y sea ampliable sucesivamente. Actualmente existe una gran inquietud por la aplicación de las nuevas tecnologías a la enseñanza de Ingeniería de Sistemas y Automática como se discutió en EIWISA 2000 [10], y siguiendo esta tendencia se ha desarrollado nuestra herramienta como un curso Web o curso interactivo. Existen multitud de cursos en Internet sobre los más variados temas, diseñados de diversas formas como son los creados sólo con HTML [1], aquellos interactivos al disponer de ejemplos en Java, como el curso de Física en Internet [4] y cursos generados por distintos usuarios a partir de documentos escritos y conseguidos con generadores como LaTeX2html, PowerPoint, AdobeGoLive, etc.

Nuestro curso está diseñado utilizando páginas HTML y ASP [9] y utiliza lenguaje script de VisualBasic. Esto permite el acceso a base de datos, donde se guarda toda la información del curso. Así se consigue una fácil adaptación, modificación y diseño de los contenidos mostrados.

Además se incluyen cuestionarios de evaluación, un foro de discusión (también guardado en una base de datos) y acceso restringido a ciertas páginas, principalmente todas aquellas que necesitan escribir en la Base de datos.

En la siguiente sección se describen los objetivos y la motivación del proyecto; en la sección 3 se presenta el tipo de proyecto y hacia qué clase de alumnos está dirigido. Por último, en la sección 4, se expone la metodología empleada en el diseño del curso.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

La educación debe estar basada en: (1) conceptos abstractos, que tienen una indudable capacidad formadora, proporcionan un conocimiento sintetizado, elegante y consistente; y (2) en la experiencia, que complementa el aprendizaje mediante la resolución de ejemplos concretos y de relevancia en el entorno de la aplicación donde se desarrollan. Esto es especialmente válido en los temas de control, ya que son muy abstractos y a la vez de gran aplicación generalista. Así, el objetivo del proyecto es doble:

1.- Permitir repasar conceptos, dando a su vez orientaciones en la resolución de problemas y en la bibliografía complementaria necesaria para ampliar conocimientos, de forma que el alumno estará guiado en el estudio o revisión de unos conocimientos básicos previos que debe poseer.

2.- Permitir el desarrollo y ejercicio de problemas y prácticas de laboratorio (simulación de procesos) para enseñar a los alumnos el análisis y diseño de Sistemas de Control.

Estos objetivos se concretan en:

- a).- Generar un material de prácticas simuladas de laboratorio, junto con los conocimientos teóricos y problemas de apoyo.
- b).- Proporcionar los elementos necesarios, conceptos teóricos, problemas y ayudas o consejos, para la resolución de las prácticas de laboratorio que deben realizar los alumnos.
- c).- Introducir un método novedoso y propio para la elaboración de un laboratorio virtual que permita alcanzar los objetivos anteriores.
- d).- Dotar al curso de la posibilidad de autoevaluación por parte del alumno y mecanismos para el seguimiento de su aprendizaje por parte del profesor.
- e).- Introducir innovaciones en las funciones y métodos docentes (enseñanza y asesoramiento en las clases de una asignatura obligatoria). Concretamente en una clase teórico-práctica, mediante un seminario y laboratorio de

complemento que el alumno puede consultar cuantas veces desee.

- f).- Fomentar la aplicación de nuevas tecnologías (utilización de Matlab e Internet) con la elaboración de un nuevo material instructivo en la Universidad Complutense que favorece el aprendizaje de competencias básicas (Sistemas Lineales) y el desarrollo de prácticas (Control de Sistemas) por parte de los alumnos.

3. TIPO DE PROYECTO

Es un proyecto centrado en asignaturas del primer y segundo curso de la Titulación de Segundo Ciclo de Ingeniería Electrónica que se imparte en la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM y sirve también para asignaturas de Segundo Ciclo de la Titulación de Ciencias Físicas (véase la figura 1). Las asignaturas enmarcadas en la zona gris son las involucradas en el proyecto (teoría, problemas y laboratorio), las demás asignaturas y laboratorios de Automática también se beneficiarán de su utilización como repaso o guía en el estudio.

Es un proyecto presentado por profesores de un mismo Departamento con referencia a tres asignaturas: Sistemas Lineales (primer ciclo de CC.Físicas), Control de Sistemas (Segundo Ciclo de CC.Físicas) y Control de Sistemas I y II (Ingeniería Electrónica).

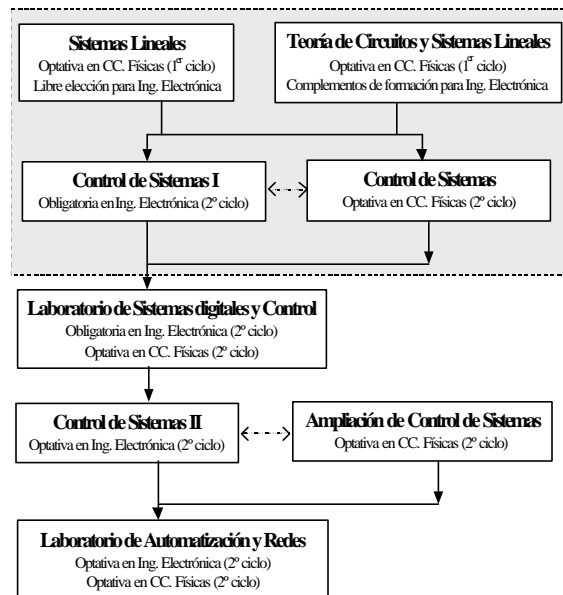


Figura 1. Estructura y distribución de las asignaturas de Ingeniería de Sistemas en la Titulación Ingeniería Electrónica y en el Perfil de Dispositivos y Control de la Titulación de Ciencias Físicas.

4. METODOLOGÍA

Existen numerosas referencias sobre metodología y futuras direcciones en la enseñanza del control [2], [3] y [7]. Donde se tratan numerosos aspectos como, entre otros, su carácter multidisciplinar, la selección de ejemplos prácticos, el modo de realizar experiencias sobre distintas aplicaciones y aproximaciones concretas, para rejuvenecer y revigorar la enseñanza de este área.

En nuestro caso, el curso se divide en módulos de aprendizaje, donde se resaltan temas y conceptos comunes. Cada módulo consta de una o más prácticas de laboratorio, los conceptos básicos necesarios para llevarla a cabo y un conjunto de problemas para reforzar los conocimientos presentados. Por tanto cada módulo de enseñanza, como metodología pedagógica propuesta, incluye los siguientes aspectos:

- Unidades teóricas, donde el alumno dispone de los conocimientos y correspondientes a ese módulo.
- Unidades de problemas, donde el alumno resuelve cuestiones prácticas
- Unidades de laboratorio donde el alumno pone en práctica sistemas de control automático y los conocimientos adquiridos en las unidades anteriores.
- Relación profesor-alumno, autoevaluación y control del aprendizaje.

Estas prácticas no pretenden ser un curso por sí solo, sino un complemento a las clases teóricas y a los problemas vistos en clase. La bibliografía básica que se proporciona a los alumnos en cada tema debe ser consultada con el fin de completar sus lecciones, percibir aspectos que no se han contemplado o elaborar sus trabajos personales y solucionar los problemas planteados.

Sin embargo, la metodología propuesta, junto con la supervisión del profesor, proporciona un modo de aprendizaje rápido y eficiente, donde la relación entre conceptos, el aumento progresivo de dificultad y la repetición por parte del alumno de ejemplos las veces necesarias le permite avanzar en su estudio de una forma natural, evitando el abandono de la asignatura, que en ocasiones ocurre de forma inconsciente.

4.1 RELACIÓN ALUMNO-PROFESOR

Las unidades están preparadas para incentivar al alumno a que pregunte y participe. En las clases regladas la relación alumno-profesor se ve dificultada por la masificación que, desgraciadamente, suele existir en las aulas. Sin embargo, en el trabajo personalizado que se propone el alumno podrá preguntar a su profesor o a otros compañeros, a través de Internet, las dudas y cuestiones que crea conveniente.

Para permitir al alumno un fácil modo de resolver sus dudas se le proponen dos métodos de consulta, accesibles desde cualquier punto de la herramienta:

- a).- Correo electrónico, donde puede preguntar a su profesor las dudas que se le plantean en el momento de la realización de la práctica, mientras estudia un concepto teórico o en otro cualquier instante. Sólo tiene que pulsar en el icono que acompaña al título del tema correspondiente, véase la figura 2, y enviar un correo electrónico con su consulta al profesor que se indique (según el tema, si la pregunta se refiere a las prácticas, si es una duda teórica, etc.).

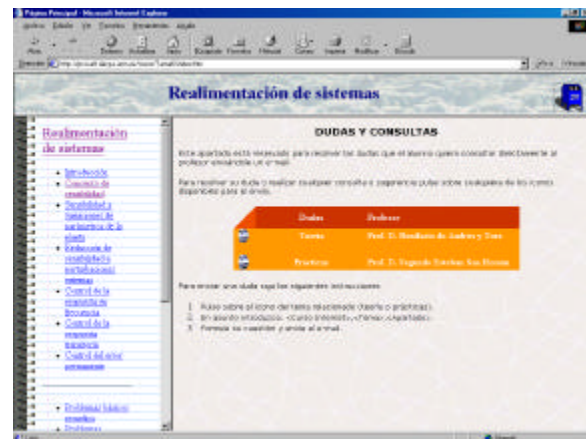
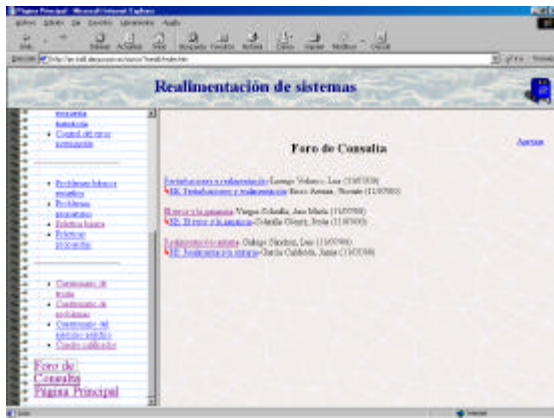
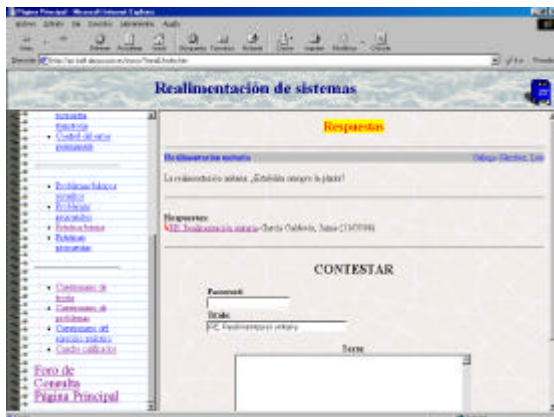


Figura 2. E-mail disponible para dudas y consultas.

- b).- Un foro de discusión, donde se puede dialogar con otros alumnos sobre la asignatura o los problemas que le surgen en el estudio, véase la figura 3. Este foro de discusión está disponible para todo aquél que desee consultarlo, figura 3a, pero sólo pueden hacer preguntas aquellos que estén autorizados, figura 3b.



a) Preguntas y respuestas.



b) Contestación a una pregunta del foro.
Figura 3. Foro de discusión.

4.2 AUTOEVALUACIÓN

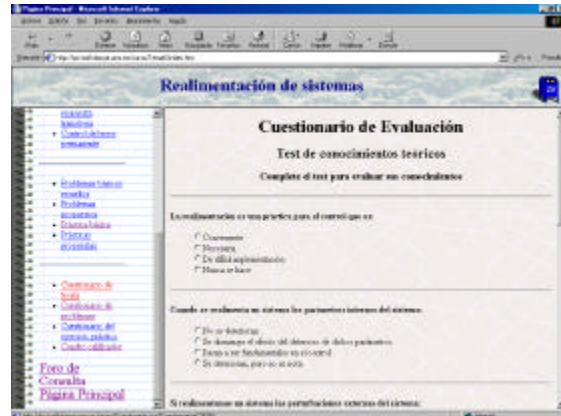
De acuerdo con el planteamiento metodológico expuesto consideramos que la evaluación del aprendizaje es un factor integrante del proceso educativo, y no sólo una etapa final del mismo. Su importancia radica en que la información obtenida mediante la evaluación facilita al profesor, y a los alumnos, el perfeccionamiento del proceso enseñanza-aprendizaje, modificándolo o reforzándolo según los resultados.



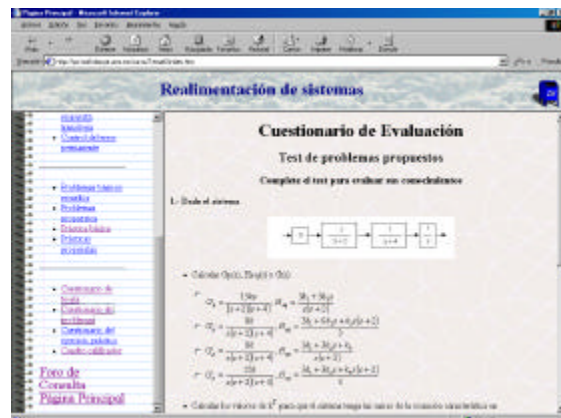
Figura 4. Consulta de las notas del alumno.

En el proyecto se presenta al alumno diversos cuestionarios de autoevaluación y cuyas notas podrán consultar cuantas veces deseen, figura 4.

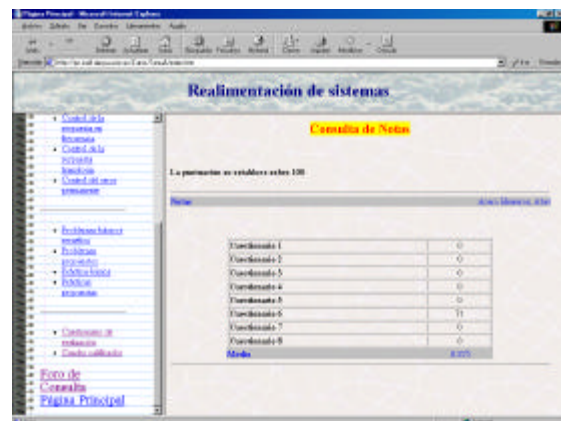
Estos cuestionarios tendrán un efecto doble, permitir al alumno conocer si ha adquirido los conocimientos presentados y permitir al profesor conocer el grado de conocimientos y técnicas experimentales adquiridos por cada alumno con el fin de mejorar aquellos aspecto que no queden suficientemente claros. En cada unidad se le ofrece al alumno la posibilidad de comprobar sus conocimientos mediante distintos test de autoevaluación:



a) Test de conocimientos teóricos.



b) Test de problemas.



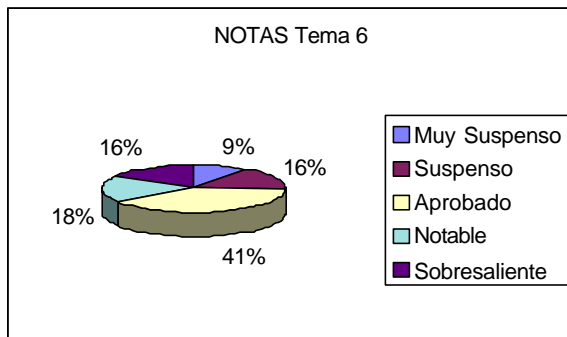
c) Test de prácticas.

Figura 5. Cuestionarios de autoevaluación.

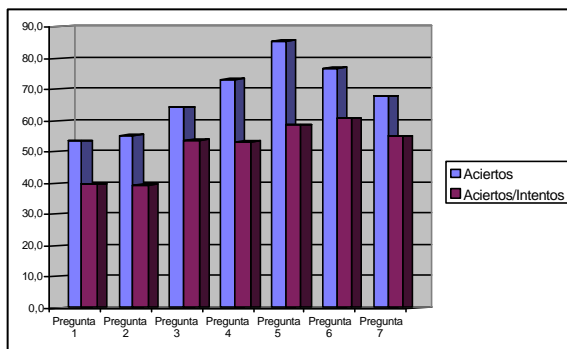
- (1) Conceptos teóricos, con el fin de captar el grado de conocimientos teóricos adquiridos, figura 5a.
- (2) Problemas prácticos, donde pueda desarrollar y demostrar el grado de comprensión de sus conocimientos, de forma que reflexione sobre las implicaciones, relaciones y aplicaciones prácticas de los conceptos enseñados, figura 5b.
- (3) Prácticas propuestas, donde el alumno demuestre sus habilidades y que ha adquirido de técnicas precisas, figura 5c.

4.3 CONTROL DEL APRENDIZAJE

Por medio de estos cuestionarios de autoevaluación, el profesor, de forma sencilla puede obtener información muy valiosa sobre la evolución de los alumnos. Permite observar la asimilación de los conceptos teóricos por parte de los alumnos o el desarrollo de las prácticas y problemas y realizar estadísticas de número de accesos, aciertos/fallos, intentos, etc. De esta forma puede actuar ampliando aquellos puntos teóricos que no queden claros o incorporando ejemplos o practicas que le ayuden en el estudio.



a) Calificaciones de un tema (teoría)



b) Porcentaje de Aciertos y Eficacia del test.
Figura 6. Estadísticas sobre el test de teoría.

Un ejemplo de estos test pueden verse en la figura 6, donde se muestra un porcentaje de las calificaciones de los alumnos en el test de teoría del tema 6, figura

6a; y un estudio de las cuestiones que se han acertado y su comparativa con respecto al número de intentos realizados, figura 6b, lo que da una idea de dónde se han encontrado con mayor dificultad.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la Universidad Complutense de Madrid su apoyo a este proyecto mediante su ayuda económica a través del 'Proyecto de la UCM de investigación educativa, PIE 99/4'.

También queremos agradecer a todos los alumnos que se han ofrecido gustosamente, su participación y colaboración en la elaboración de la herramienta.

Referencias

- [1] Arocena, F. Curso sobre creación de páginas HTML: <http://wmaestro.com/webmaestro/>
- [2] Berstein, D.S. (1999). "Enhancing Undergraduate Control Education". *IEEE Control System*. Octubre, vol. 19 nº 5.
- [3] Bissell, C.C. (1999). "Control Education Time for Radical Change?". *IEEE Control System*. Octubre, vol. 19 nº 5.
- [4] Franco García, A. Curso Interactivo de Física en Internet: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
- [5] Grau, A., Fernández, J. y Climent, J. (1999). "Laboratorio virtual de visión por Computador". *XX Jornadas de Automática*. 27-29 de Septiembre. Universidad de Salamanca.
- [6] Grau, A., Marés, P. y Saíz, M.A. (1999). "Laboratorio Virtual de Control Industrial". *XX Jornadas de Automática*. 27-29 de Septiembre. Universidad de Salamanca.
- [7] Harris, N., McClamroch y Fishstrom, J. (1999). "Introducing Undergraduate Students to System, Control, and Performance Concept: Experiences in Teaching a Course on Flight Systems". *IEEE Control System*. Octubre, vol 19 nº 5.
- [8] Johansson, M., Gafvert, M. y Astrom, K.J. (1998). "Astrom. Interactive Tools for Education in Automatic Control". *IEEE Control System*. Junio, vol. 18 nº 3.
- [9] Llibre J.T. Manual de ASP en español: <http://www.aspespanol.com/>

- [10]López-Orozco, J.A. y Andrés-Toro, B., de la Cruz, J.M. y Esteban, S. (2000). "Herramienta virtual e interactiva para la enseñanza de las asignaturas de Control de Sistemas". I Jornadas de Trabajo "Enseñanza vía Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática" EWISA 2000. 11-13 de mayo. Universidad Politécnica de Valencia.
- [11]Overstreet, J.W. y Tzes, A. (1999). "An Internet-Based Real Time Control Engineering Laboratory". *IEEE Control System*. Octubre, vol. 19 n° 5.
- [12]Rodríguez Fuertes, E.S. y Ojea Merín, G. (1999). "El Laboratorio desde su computadora: control remoto de un equipo de robótica mediante los protocolos de comunicaciones Internet". *XX Jornadas de Automática*. 27-29 de Septiembre. Universidad de Salamanca.