

PIE06-093 Revisado

Servicio de Laboratorio Virtual e Instrumentación Remota vía Internet

Juan R. Heredia jrheredia@uma.es (COORDINADOR)	María A. Martínez Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática	Carmelo Moreno Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Dpto. de Tecnología Electrónica	ETS Ingenieros Industriales	E. U. Politécnica
ETS Ingenieros Industriales	Universidad de Málaga Campus de El Ejido 29013 Málaga	Universidad de Málaga Campus de El Ejido 29013 Málaga cmoreno@uma.es
Universidad de Málaga Campus de El Ejido 29013 Málaga	mams@ctima.uma.es	

Palabras clave: Instrumentación virtual, Laboratorios remotos, Internet.

RESUMEN

En este proyecto se ha desarrollado un entorno virtual, remoto e interdisciplinario de apoyo a los laboratorios docentes de distintas áreas tecnológicas. Con este trabajo se trata por un lado de mejorar y dar más oportunidades de aprendizaje práctico al alumno, usando de una forma remota la instrumentación que se encuentra en los laboratorios y flexibilizando los horarios, así como permitir en un futuro integrar laboratorios de otras áreas afines de una forma fácil.

Objetivos

En este artículo presentamos el trabajo realizado en la Universidad de Málaga para crear un servicio virtual, remoto e interdisciplinario de apoyo a los laboratorios docentes de distintas áreas de conocimiento: Tecnología Electrónica (TE), Ingeniería Eléctrica (IE) e Ingeniería de Sistemas y Automática (ISA). Con este trabajo tratamos por un lado de mejorar y dar más oportunidades de aprendizaje práctico al alumno, usando de una forma remota la instrumentación que se encuentra en los laboratorios y flexibilizando los horarios de acceso. Por otra parte, crear una plataforma que permita en un futuro integrar fácilmente más laboratorios de otras áreas afines. Para todo el desarrollo hemos

utilizado una herramienta comercial como es LabVIEW que nos permite diseñar instrumentos virtuales y manejarlos remotamente vía Internet.

El acceso a Internet de banda ancha está disponible hoy en día en la comunidad universitaria. Internet se ha convertido en la forma de comunicación más cómoda, rápida, barata y eficaz para las comunidades científicas, institucionales y docentes en general. El gran reto es aprovechar al máximo las posibilidades que ofrecen las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (NTIC).

El trabajo que se ha desarrollado en este proyecto de Innovación Educativa es la creación de un Servicio de Laboratorio Virtual. El reto es crear un servicio de prácticas realizadas con equipos disponibles en los laboratorios, de modo que el alumno las pueda ejecutar desde su casa o aulas de informática, y asentar así los conocimientos adquiridos en clase. Las mismas prácticas que de manera presencial realizan en el laboratorio, las pueden realizar también de manera remota.

Desde los años 90, varias universidades en todo el mundo se han ido iniciando paulatinamente en aplicaciones de Internet en el campo de la enseñanza. Más recientemente se ha incorporado la realización a distancia de la parte práctica de algunas materias: se trata de laboratorios virtuales y remotos que bien mediante simulaciones de procesos y sistemas o sobre los equipos reales mismos, permiten realizar determinadas prácticas.

Son varias las opciones de software que se han utilizado en el diseño de laboratorios remotos. En algunos casos, se utilizan entornos de amplia difusión en la comunidad universitaria, como Matlab/Simulink o LabVIEW. En otros casos, se utilizan entornos más específicos.

Los campos en los que se han aplicado laboratorios remotos son muy diversos y son varias las referencias existentes. Para las prácticas de regulación automática y control, se encuentra por ejemplo el control de un servomotor o de un proceso controlado por un autómatas programable [6]. En el campo de la electrónica, se pueden realizar de manera remota las prácticas de programación de la FPGA que se encuentra en un equipo de desarrollo [5]. En otros ejemplos, se han construido varias placas basadas en diferentes microprocesadores en las que los alumnos pueden ejecutar desde casa los programas que forman las prácticas [4].

El diseño del laboratorio remoto se ha llevado a cabo teniendo en cuenta por un lado los intereses del alumnado como por ejemplo, poder repetir prácticas que realizaron de manera presencial en el laboratorio y en las que no tuvieron tiempo de tomar todos los datos que se le pedían en el cuestionario que deben entregar al profesor. Por otro lado, el profesorado dispone de una herramienta con la que pueden realizar un control y seguimiento del trabajo que realiza el alumno. De este modo, los cuestionarios de prácticas se entregan a través de la plataforma en formato electrónico y las correcciones de los mismos están automatizadas.

Con este trabajo, se pretende atraer la atención de más profesores de distintas áreas y departamentos que deseen utilizar este servicio. Con este objetivo, la plataforma se ha diseñado de modo que sea flexible y escalable, con una máxima portabilidad a la hora de ampliar el número de servidores de prácticas en los distintos laboratorios.

Los departamentos que participan podrán, a partir del presente proyecto, extraer conclusiones que definan la viabilidad de este sistema de trabajo: participación, aceptación por parte del alumnado, obtención de resultados de uso de la plataforma, asentamiento de conocimientos y en general, todos aquellos datos estadísticos que se deseen obtener.

Descripción de la experiencia

LabVIEW es un entorno de desarrollo para aplicaciones en las que la adquisición, control, análisis y presentación de los datos constituyen pilares básicos. Posibilita la reducción del tiempo de desarrollo de las aplicaciones, dota de gran flexibilidad al sistema permitiendo cambios y actualizaciones tanto de hardware como de software. Además, proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas, teniendo la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes (C y MATLAB). Cuenta con un servicio de soporte muy completo, y existen numerosos foros donde científicos e ingenieros de todo el mundo prestan ayuda para solucionar los problemas que surgen al desarrollar aplicaciones.

Para conseguir todos los objetivos planeados en este proyecto, es necesario encontrar un entorno de trabajo lo suficientemente potente y que ofrezca un juego de herramientas muy amplio. Entendemos que LabVIEW proporciona estas herramientas que resumimos a continuación.

Estructuras clásicas de programación que permitan la elaboración de los programas y algoritmos que gobernarán el Laboratorio Remoto, destacándose las opciones para descargar computacionalmente el micro-procesador. Entre ellas la estructura de “eventos” que permite “dormir” el hilo principal del programa es muy interesante. Asimismo el manejo de datos en disco duro proporciona el mantenimiento de un registro actualizado de datos en memoria secundaria, para protegerse de cortes de corriente y poder transportar resultados de la máquina servidora a los PCs de los profesores, desde donde realizarán la evaluación oportuna.

Otra característica a destacar es la comunicación con el banco de instrumentación, principalmente gracias al bus GPIB (General Purpose Interface Bus), en el que todos los instrumentos de nuestro laboratorio pueden monitorizarse y controlarse por control remoto, tanto los que cumplen IEEE 488.2, como IEEE 488.1. Los instrumentos virtuales disponen de un abanico muy amplio para intercambiar datos y funcionar conjuntamente de manera sincronizada. Además, esta plataforma de desarrollo permite la construcción de un servicio Web de manera rápida y cómoda. Un programa VI (Virtual Instrument), puede ser “embutido” o “empotrado” en un archivo HTML, que se visualizará en un explorador de Internet habitual. Para esa visualización, sólo es necesario instalar un plug-in, llamado “National Instruments LabVIEW run-time”, gratuito y que puede descargarse desde la página del fabricante.

Finalmente, LabVIEW contempla la posibilidad de enviar información a través del correo electrónico. Sólo necesita un servidor SMTP para acceder a tales servicios.

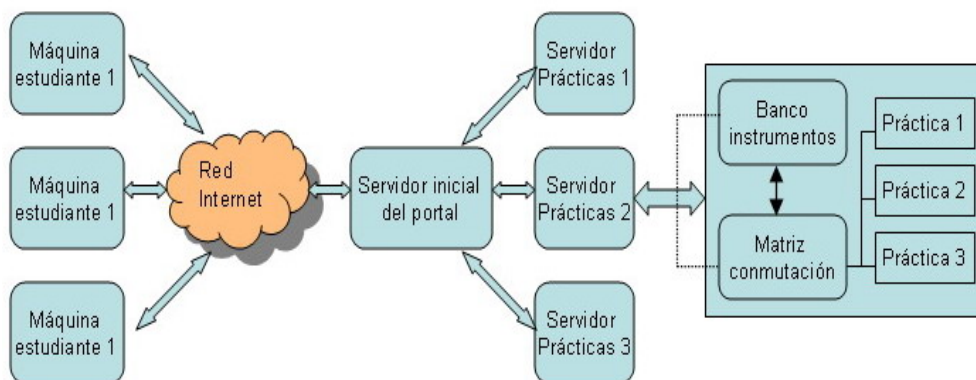


Figura 1: Esquema de la implementación del servicio

Cada uno de los servidores de prácticas pertenecientes a los departamentos, trabaja con la tecnología cliente-servidor. Un esquema de dicha estructura la observamos en la Figura 1. El entorno de desarrollo que ofrece LabVIEW es suficiente para poder albergar el Servicio Web. Una vez creados y enlazados los diferentes archivos HTML, se sitúan en el directorio raíz del servidor Web. Al activar el webserver, y abrir el puerto correspondiente, el equipo estará listo para enviar las páginas a los clientes (alumnos) que lo soliciten.

El entorno LabVIEW permite también la gestión de la base de datos de los alumnos de modo que es posible manejar distintos archivos para tener información actualizada sobre el registro de alumnos, altas, claves generadas, resultados entregados en las prácticas y datos estadísticos sobre el acceso de los estudiantes. LabVIEW facilita el acceso GPIB a los instrumentos de laboratorio encargados de realizar la práctica. La realimentación visual del experimento se realiza con una o varias webCam, que pueden enfocar pantallas de instrumentos, ejes de motores, nivel de líquido en un depósito, etc. En la Figura 2 se muestra un servidor con la instrumentación utilizada para realizar un grupo de prácticas.



Figura 2: servidor con la instrumentación utilizada



Figura 3: habilitación de prácticas

Como cada servidor ha de proporcionar acceso a un conjunto de prácticas más o menos amplio, se le ha dotado de la capacidad de habilitar o deshabilitar cada una de ellas por separado, para dar acceso a los estudiantes en cada uno de los períodos establecidos (ver Figura 3). De esta forma, se consigue tener una práctica por semana, quincena, mes, etc. Esta tarea está totalmente automatizada, así como la de habilitar de manera individualizada la webCam que se va a utilizar y controlar el ancho de banda para transmitir las imágenes.

También se ha contemplado poder gestionar y monitorizar de manera adecuada los recursos que componen el banco de instrumentación. Esto surge de la necesidad de evitar la simultaneidad de acceso a un instrumento.

Otra necesidad que se ha tenido en cuenta ha sido la de tener un registro actualizado del alumnado que se ha dado de alta en el servicio, aquellos que realizan una práctica en concreto, los resultados o respuestas dadas, el número de intentos antes de dar una práctica por cerrada, la hora de conexión, duración de la realización de la práctica, etc. Una adecuada estructura de ficheros, actualizada y gestionada automáticamente por los programas desarrollados en este trabajo, da respuesta a todas estas cuestiones.

El programa de gestión se encarga de “lanzar” el NI Connection Manager. Este programa, de National Instruments, permite obtener una lista de todos los programas a los que se accede en cada instante, el ancho de banda requerido por la conexión del servidor, y otras utilidades interesantes. También se ha implementado en el servidor la gestión adecuada, fiable y eficiente de cada una de las prácticas, permitiendo que en cada momento esté la mayor capacidad computacional al servicio de los estudiantes. En la Figura 4 se muestra la pantalla que monitoriza las conexiones de los alumnos

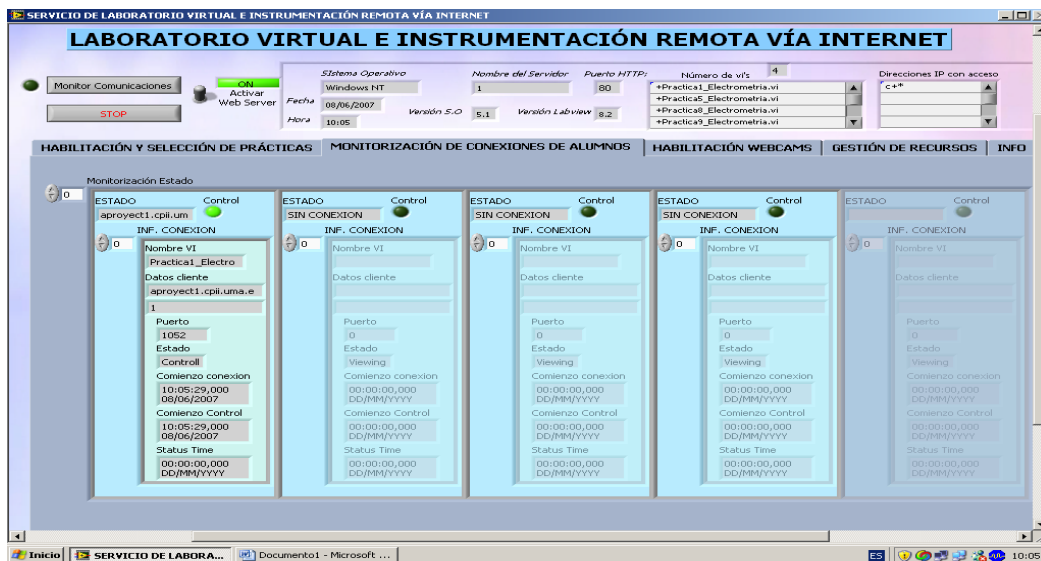


Figura 4: monitorización de accesos

De lo expuesto se deduce, que para que un ordenador pueda actuar como servidor se requieren unos requisitos hardware como son:

- Conexión con los instrumentos (GPIB, USB, RS232, Ethernet, etc.).
- Puertos USB libres para la conexión a cámaras Web.
- El servidor dispondrá al menos de un procesador “Intel Pentium 4” a 3GHz o equivalente y memoria RAM de 1 GB (si se utiliza más de una cámara, se recomiendan 2 GB).
- El puesto de instrumentación, debe disponer de una conexión a la red (Intranet/Internet) de una velocidad adecuada, y libre de errores.
- Por otra parte, algo que también compete a la intranet, es de tener un firewall lo suficientemente potente como para no permitir la entrada de virus o troyanos.

También es necesario que el computador que desempeñe la función de servidor disponga de los siguientes componentes de National Instruments: LabVIEW, Vision Assistant, IMAQ for USB cameras y el LabVIEW run-time. Además, es necesario un programa para la edición básica de páginas Web como Microsoft Frontpage o similar. Por último, SLVIRVI, el software producto de este trabajo, que permite realizar todas las funciones que se han detallado en los diferentes apartados de este artículo.

Resultados y conclusiones

El Servicio de Laboratorio Virtual e Instrumentación Remota vía Internet ofrece a los alumnos la posibilidad de acceder a una enseñanza totalmente virtual. Se trata de proporcionar al alumnado un apoyo en las asignaturas virtuales y las presenciales. En la Figura 5 apreciamos la página inicial de acceso:



Figura 5: Acceso al portal de prácticas

Actualmente, sobre todo en carreras técnicas, las prácticas de laboratorio constituyen un elemento fundamental para asentar los conocimientos. Las prácticas tradicionales de laboratorio tienen las siguientes deficiencias:

- Los turnos de laboratorio suelen escasear.
- Los horarios disponibles no se adaptan bien a las necesidades de los estudiantes.
- El tiempo asignado a las prácticas es insuficiente.

El acceso será seguro, privado y autenticado. Será seguro porque se les proporcionará un procedimiento de acceso con garantías para acceder de manera exclusiva a los recursos hardware. De esta forma, no se permitirá la posibilidad de que dos alumnos accedan simultáneamente al mismo instrumento de laboratorio, garantizando la integridad de las medidas realizadas. Además, es privado ya que a cada estudiante se le asigna una clave de 6 dígitos que sólo ellos conocen. Esta clave se genera en el momento en que el alumno se da de alta en la plataforma, y se envía a la dirección de correo electrónico que la UMA proporciona a cada estudiante. La privacidad será, en este momento, responsabilidad del estudiante y de los responsables técnicos del mantenimiento del servidor de correo de la Universidad.

Por último, la autenticación se consigue de otra manera. El sistema tendrá constancia de que efectivamente el alumno que ha entrado es él, gracias a una pequeña base de datos que elaboran los profesores a tal efecto. Existe una tabla por asignatura, en formato xml donde aparecen datos personales del alumno, dirección de correo electrónico e información actualizada sobre las prácticas realizadas. El sistema no dejará entrar a un alumno que no exista en dicha base de datos, y comprobará que el tándem DNI-clave sea correcto.

Por otra parte, el sistema brinda al alumnado la posibilidad de tener un acceso gratuito, controlado, seguro y sencillo de manejar. El acceso es a través de un navegador Web. El único requisito es tener instalado un “plug-in” especial para poder ejecutar un control ActiveX particular. Sin embargo, una vez instalado, el estudiante podrá controlar de manera sencilla el panel frontal que da acceso a la práctica, sin ser necesarios conocimientos de LabVIEW, pues el panel frontal

embutido será muy intuitivo y fácil de manejar. Adicionalmente, se le ofrece la posibilidad de entregar los resultados de manera electrónica, sin ser necesaria la elaboración de un cuaderno de prácticas o una memoria de resultados.

En una primera aproximación, los alumnos van a poder realizar desde casa medidas sobre montajes por control remoto. Sin embargo, siendo un poco más ambiciosos, se podrían llegar a sustituir determinados ejercicios de laboratorio presenciales, por los ejercicios realizados a distancia. Por tanto, cuando el profesor prepare un juego de prácticas lo suficientemente completo para cubrir los objetivos de la asignatura, estará en posición de incluir dicha asignatura dentro del campus virtual, no sólo la parte teórica, sino también la parte práctica, evitando el desplazamiento de los alumnos a los laboratorios docentes. Una vez que la asignatura quede incluida en el campus virtual de la Universidad, podría pasar a formar parte del Campus Andaluz Virtual.

Por otra parte, el equipamiento de los laboratorios es caro. Además los recursos son limitados. Esta plataforma va a hacer posible que los recursos estén accesibles al alumnado en un horario más amplio y flexible. Además, las posibilidades de manejar los instrumentos físicos pueden reducirse, de tal forma que nunca se llegue a dañar los equipos realizando conexiones indebidas o generando señales de alta potencia.

Desde otro punto de vista, la posibilidad que tienen los profesores de acceder a información actualizada sobre el desarrollo de las prácticas es otro atractivo más. Con esta información nos referimos a:

- Horas de conexión al servidor de prácticas.
- Horas de desconexión.
- Duración media, máxima y mínima de la ejecución de cada experimento.
- Acceso inmediato y sencillo a entregas de prácticas, accesos, resultados, número de intentos de realización.

Con todo ello se puede elaborar información estadística muy valiosa, útil para extraer conclusiones sobre el uso de la plataforma, y así ver la posibilidad de ampliar el espectro de prácticas, horas que el servidor debe estar disponible, etc. Además, el software de gestión de la plataforma ofrece una interfaz sencilla para la habilitación de los recursos de cada una de las máquinas servidoras.

Además, el software de gestión de la plataforma ofrece al profesor:

- Manejo fácil, intuitivo y robusto de la plataforma.
- Activación individual de las prácticas y las cámaras Web que visualizan los experimentos.
- Posibilidad de automatizar el proceso de activación. Puede realizarse de manera manual o programada mediante la introducción de fechas.

En la actualidad, las prácticas incluidas en la plataforma son:

- Efecto de carga de un voltímetro y un amperímetro.
- Medida indirecta de resistencias: montaje corto y largo.
- Análisis de la respuesta transitoria de sistemas de primer y segundo orden
- Obtención experimental de diagramas de Bode de redes RC y RLC. Ver Figura 6

- Análisis completo del funcionamiento de un amplificador basado en un transistor bipolar. El desarrollo de este portal de prácticas remotas se ha realizado buscando la movilidad, flexibilidad, escalabilidad y la sencillez en la puesta en marcha y mantenimiento. Finalmente se ha conseguido alcanzar todos estos fines. Así, la inclusión de nuevas prácticas, retirarlas, modificarlas, añadir webCam, etc, se consigue con la creación de los archivos “.vi” y HTML e incluyéndolos en los directorios adecuados dentro del servidor. Estos archivos deberán enlazarse entre sí, actualizando la estructura del sitio Web, tarea que se realizará en unos pocos minutos.

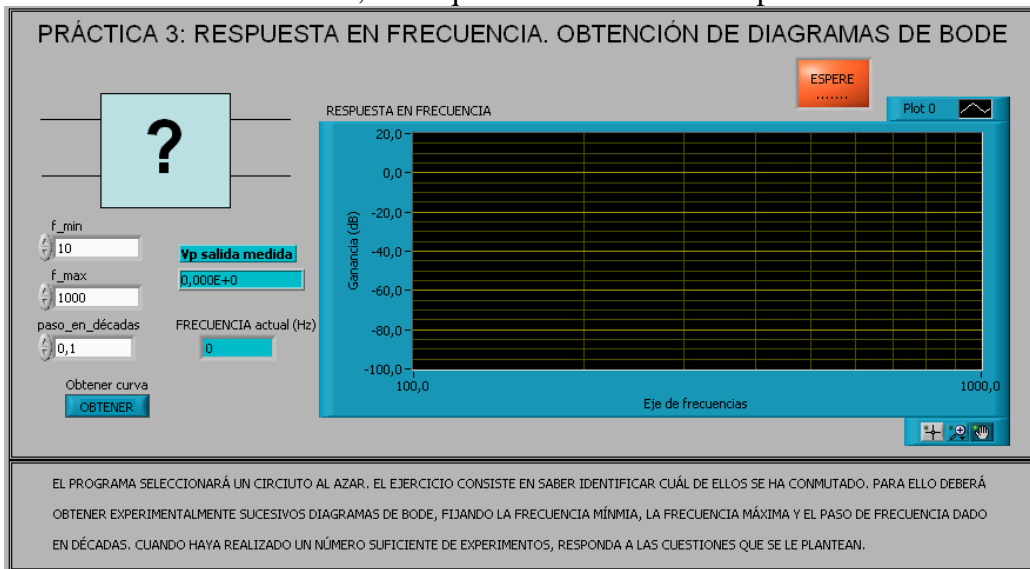


Figura 6: Ejemplo de práctica implementada

También se ha dotado al sistema de una estructura sencilla para que puedan añadirse más bancos de instrumentación, dando la posibilidad también de compartir los recursos hardware entre los diferentes departamentos, poniéndose de manifiesto el carácter multidisciplinar del sitio Web.

La previsión inicial es la de utilizar la plataforma durante el próximo curso 2007-2008 en las cuatro asignaturas para las que se ha desarrollado alguna práctica. Hasta ahora el uso dado a la plataforma ha estado limitado a los profesores que imparten las asignaturas para las que se ha desarrollado alguna práctica. Con ello, se ha realizado la puesta a punto individualizada de cada práctica y se han definido los cuestionarios. También se han organizado pruebas de acceso simultáneo que han permitido depurar el funcionamiento desde el punto de vista de gestión de la plataforma. Una vez que entre en funcionamiento con el alumnado, permitirá al profesorado recoger información mediante las correspondientes encuestas sobre la ayuda proporcionada por esta herramienta en el aprendizaje de la asignatura, la dificultad de uso de la misma, la adecuación del tiempo asignado en cada conexión para la realización de las práctica, etc.

La realización de este trabajo ha creado un entorno de desarrollo que permite el establecimiento de un servicio de laboratorios remotos económico, fácil de mantener y robusto. Económico porque tratamos de utilizar medios comunes para un mayor número de alumnos; fácil de mantener porque permite el cambio

y la adaptación de las prácticas, y robusto, porque se ha diseñado para evitar conflictos en el uso de los recursos. Y todo ello, por medio de la creación de instrumentos virtuales y una colección de prácticas a los cuales acceden los alumnos desde cualquier ordenador conectado a Internet sin necesidad de tener un software residente. Como líneas de ampliación del trabajo estaría la creación de una base de datos avanzada, mejoras en el portal Web en cuanto a presentación, añadir servicios de valor añadido (mensajería por correo, buzón de sugerencias...) y una ampliación en el número de prácticas a las que puede acceder el alumno.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto de Innovación Educativa de la Universidad de Málaga PIE06-093, cuyo título es "SERVICIO DE LABORATORIO VIRTUAL E INSTRUMENTACION REMOTA VIA INTERNET"

Referencias

- [1] Casini, M., Prattichizzo, D. and Vicino, A. The Automatic Control Telelab: A User- Friendly Interface for Distance Learning. IEEE Transactions on Education, Vol. 46, No. 2, pp 252-257, 2003.
- [2] Domínguez, M., Reguera, P., Fuertes, J. J. Laboratorio remoto para la enseñanza de la Automática en la Universidad de León (España). RIAI Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 2, No. 2, pp 36-45, 2005.
- [3] Gomes, C. Distance Learning Remote Laboratories using LABVIEW. 1st International Workshop on e-learning and Virtual and Remote Laboratories, VIRTUAL-LAB'2004.
- [4] Grau, A. Laboratorio remoto de microprocesadores y microcontroladores. CEA-IFAC XXI Jornadas de Automática. Sevilla, 2000.
- [5] Olivares, J., Merino, A., Palomares J. M., Montijano M. A. Laboratorio virtual para la programación de FPGAs. VII Simposio Internacional de Informática Educativa-SIIE 2005.
- [6] Puerto, R., Jiménez, L. M., Reinoso, O., Fernández, C. RECOLAB Laboratorio de prácticas de control de procesos vía Internet. III Jornadas de Enseñanza vía Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática. Alicante, pp 71-74 . 2002.

- [7] Valera, A., Díez, J. L., Vallés, M., and Albertos, P. Virtual and Remote Control Laboratory Development. *IEEE Control Systems Magazine*, pp 35-39, 2005.