

LABORATORIO WEBLAB APLICADO A LA LÓGICA PROGRAMABLE: WEBLAB PLD

Javier García Zubía

*Facultad de Ingeniería. ESIDE. Universidad de Deusto
zubia@eside.deusto.es*

RESUMEN

El trabajo presenta la tecnología WebLab que permite el acceso y control remoto a los dispositivos hardware propios de un laboratorio de ingeniería, particularmente a un laboratorio de lógica programable. Esta tecnología supone una revolución en la organización y uso de los laboratorios de un centro de enseñanza, en primer lugar en el propio centro, pero, y quizá incluso en mayor medida, como un elemento de integración de personas que por diversos motivos no pueden acudir a los centros de enseñanza. El WebLab tiene, si cabe, otra repercusión todavía mayor con las comunidades desfavorecidas, ya lo sean por su pobreza, distancia, discapacidad, etc., resultando que el WebLab es un elemento de integración social.

1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre ha sido un objetivo de la universidad el descentralizar parte de sus actividades: llevar la universidad a más sitios y que los horarios no sean un freno para los alumnos. Además, ahora la Unión Europea está afrontando los retos que plantea el acuerdo de Bolonia. En el nuevo marco educativo, el alumno tendrá más libertad para organizar su tiempo, la enseñanza será menos reglada en cuanto a horarios y por lo tanto la organización de los laboratorios deberá modificarse pudiendo llegar a ser más complicada.

En este escenario, la propuesta de los WebLab es muy interesante: ofrecer el laboratorio a través de Internet. En este trabajo se describen las experiencias llevadas a cabo en nuestra facultad con WebLab en el campo de la Lógica Programable con CPLD y FPGA.

El desarrollo de WebLab está conociendo un fuerte impulso desde los años noventa, y así ya hay WebLab para control de procesos, automatismos, etc. en centros como el MIT en U.S.A. [1], la UPC, UPM, UPV [6], Universidad de Deusto [3] y [4], etc. en España, el Centro Tecnológico Pereira de Colombia [5], la Universidad de Siena en Italia [2], etc. El objetivo de estas páginas es mostrar el diseño de un WebLab para Lógica Programable basado en CPLD de Xilinx y además mostrar cómo se puede utilizar esta herramienta para integrar en la educación a grupos que han estado o están históricamente discriminados de ella.

El trabajo comienza con una descripción de qué es un WebLab y sus características, a continuación se presenta una descripción del WebLab PLD Remote y finaliza explicando el efecto integrador del WebLab, una relación de mejoras y futuras líneas de trabajo en WebLab.

2. QUÉ ES UN WEBLAB

Un WebLab permite ofrecer servicios y prácticas de laboratorio a través de un programa informático, o más específicamente a través de Internet. Se trata, por tanto, de sacar las prácticas fuera del laboratorio. El origen de los WebLab puede situarse en programas como Matlab, Mathematica, etc. Estos programas permiten simular sistemas, modificar sus parámetros y observar los resultados en un computador, y no en un equipo hardware. La ventaja era y es evidente: se puede aumentar el número de prácticas por alumno con un coste

no muy excesivo, es más, el alumno puede hacer prácticas en su casa a cualquier hora, sin más que disponer del software. El éxito y expansión de estos programas fueron muy rápidos.

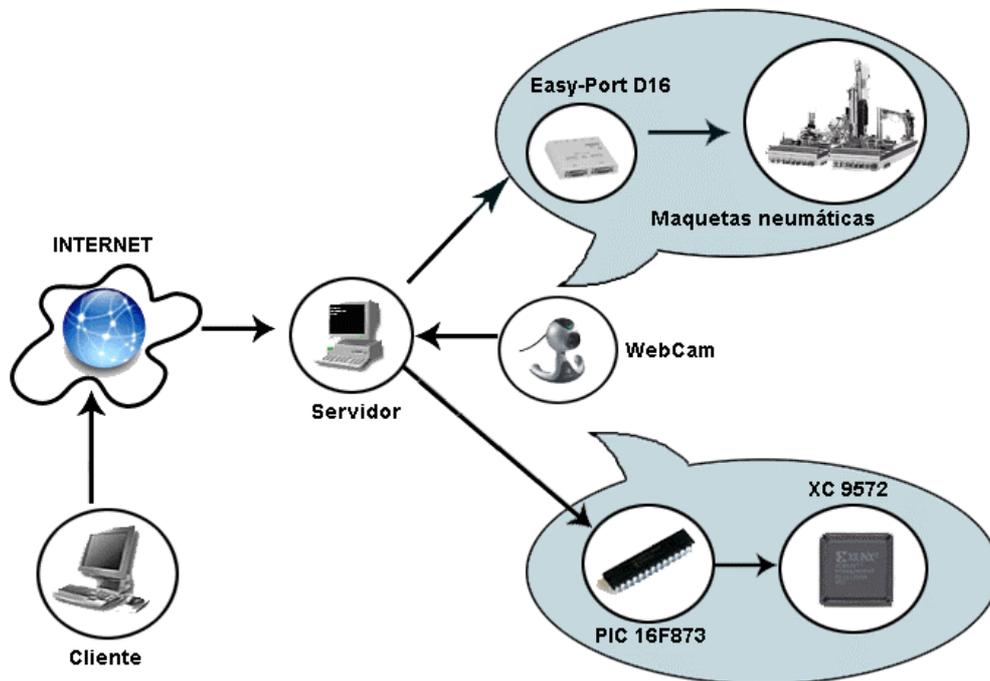


Figura 1. Esquema básico de un WebLab

El problema de estos programas es que alejan demasiado al alumno del hardware, de los equipos reales. El siguiente paso fue diseñar programas que reproducían con la mayor exactitud los equipamientos y situaciones de un laboratorio. Así el alumno usa imágenes de osciloscopios, generadores de ondas, servomotores, etc., y no instrucciones ni programas SW, de esta manera se crean laboratorios virtuales. Estos programas derivaron rápidamente en lo que llamamos multimedia: gráficos, simulación, textos, etc. Muchos de estos entornos multimedia están disponibles/accesibles en Internet, ofreciendo laboratorios virtuales WebLab.

Estos WebLab son muy comunes en la actualidad e incluso están disponibles en versiones profesionales, pero en cualquier caso siguen sin ser hardware, lo cual no es necesariamente malo. El siguiente tipo de WebLab es el llamado Remote WebLab. En este caso el alumno accede vía WEB a los equipos hardware, los programas, y de esta forma controla y observa su evolución real a través de una WebCam u otro medio. Ahora sí que el alumno está en el laboratorio, aunque esté en su casa o en cualquier otro punto del mundo. El WebLab que se presenta en el trabajo pertenece a este último grupo.

En la figura 1 se puede ver la estructura típica de un WebLab. Sus componentes fundamentales son:

- Un equipo hardware al que acceder y controlar remotamente: motores, automatismos, etc.
- Un alumno en su casa (o cualquier otro sitio) con un PC con acceso a Internet.
- Una página WEB que permita al alumno el acceso remoto al hardware.
- Una aplicación Cliente-Servidor (en C++ o tipo asp) que se encargue de comunicar al alumno con el equipo hardware a través de la red.

- Un servidor que almacene la página Web y la aplicación cliente servidor.
- Un equipo hardware de comunicaciones basado en el protocolo RS-232.
- Una WebCam para poder mostrar en la página web la evolución de la maqueta controlada.
- Un programa (dentro del C++ o asp) capaz de gestionar administrativamente la aplicación: contraseñas, tiempo de conexión, errores, seguridad de acceso, etc.

3. VENTAJAS DE LOS REMOTE WEBLAB

El diseño y uso de Remote WebLab en una Facultad de Ingeniería tiene ventajas claras:

- Mayor rendimiento de los equipos de laboratorio. Al estar disponible el equipo 24 horas al día, 365 días al año su rendimiento es mayor.
- Organización de laboratorios. No es necesario tener abiertos los laboratorios a todas horas, basta con que estén operativos los WebLab.
- Organización del trabajo de los alumnos. Con WebLab los alumnos y profesores pueden organizar mejor su tiempo, al igual que los horarios de clase.
- Aprendizaje autónomo. Los WebLab fomentan el trabajo autónomo, fundamental en el nuevo espacio europeo de educación superior.
- Apertura a la sociedad. Los WebLab ponen a disposición de la sociedad los laboratorios.
- Cursos no presenciales. Los WebLab permiten organizar cursos de ingeniería totalmente no presenciales, evitando muchos de los problemas actuales.

La Tabla 1 resume las ventajas básicas de un WebLab según el punto de vista.

Estudiantes	Profesores	Universidad
<ul style="list-style-type: none"> • Facilita el proceso de aprendizaje • Los estudiantes se sienten más motivados cuando controlan las prácticas según sus propias iniciativas • Los estudiantes pueden planificar su programa de prácticas en el tiempo • Es un ejemplo de aprendizaje autónomo y autosuficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • El profesor puede contactar con los estudiantes de forma autónoma • El profesor puede incluir en sus clases ejemplos teórico-prácticos • Se reduce el número de casos prácticos • Permite al profesor controlar el sistema de forma remota 	<ul style="list-style-type: none"> • El laboratorio está abierto 24 horas al día, 365 días al año • Los laboratorios reducen sus necesidades de equipamiento y espacio • El personal de laboratorio no tiene que estar muy especializado • Reduce e incluso elimina los accidentes

Tabla 1. Beneficios de los sistemas WebLab

4. DISEÑO DEL WEBLAB REMOTO PARA PLD

En el Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad de Deusto se ha desarrollado un WebLab orientado a la Lógica Programable, WebLab PLD Remote. El entorno HW/SW desarrollado permite a un alumno/usuario situado en cualquier parte del mundo acceder a un dispositivo CPLD XC9572 de Xilinx, grabarlo, modificar sus entradas y observar sus salidas mediante una WebCam.

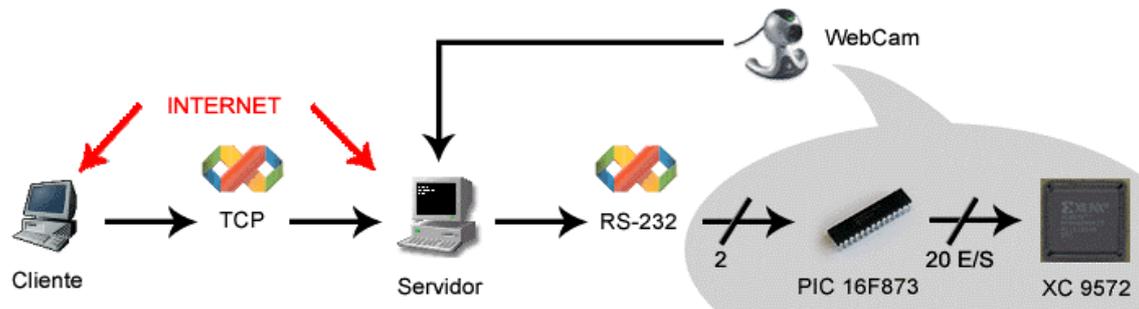


Figura 2. Esquema básico del WebLab PLD Remote.

La estrategia de diseño utilizada tiene como un pilar básico el utilizar *software* y *hardware* sencillos. El objetivo no es sólo desarrollar el WebLab sino también mostrar lo sencillo que es. A continuación se describen los fundamentos del WebLab PLD Remote.

4.1 Estructura del WEBLAB

La estructura del WebLab se basa en el protocolo TCP/IP, en un servidor y un cliente programados en C, en una tarjeta con el CPLD XC9572, en una maqueta del proceso a controlar, en una tarjeta de comunicaciones basada en PIC y su protocolo, en una cámara WEBCAM y en Internet. La figura 2 muestra esquemáticamente la estructura.

Al activar el servidor, cualquier cliente podrá conectarse a la aplicación y tomar el control de la tarjeta con el CPLD. El ciclo de diseño viene a ser:

- el alumno en su casa escribe un programa en VHDL, ABEL, etc. y lo simula; cuando lo cree correcto genera el JEDEC correspondiente y
- se conecta al servidor de la universidad como cliente; cuando el servidor le da el control resulta que
- el alumno envía al servidor el fichero JEDEC creado; cuando el servidor lo ha recibido resulta que
- el programa IMPACT de Xilinx se encarga (controlado por el servidor) de grabar el CPLD a través del puerto paralelo usando el estándar de grabación JTAG; cuando el servidor detecta el fin de la grabación resulta que
- el alumno, a través del servidor, puede estimular las entradas con comandos desde su aplicación cliente; cuando estos estímulos son recibidos por el servidor resulta que
- el servidor se encarga de hacerlos llegar a la tarjeta CPLD a través del puerto serie, de un protocolo y de una tarjeta de comunicaciones basada en PIC y diseñada específicamente para la aplicación; cuando el CPLD procesa las entradas resulta que
- las salidas cambian (*leds*, motores, etc.) y la imagen real de la maqueta es tomada con una WEBCAM; y resulta que
- esta imagen es enviada por la red al alumno, el cual al verla modificará el programa o generará nuevas entradas o simplemente
- concluirá la sesión y se desconectará del servidor.

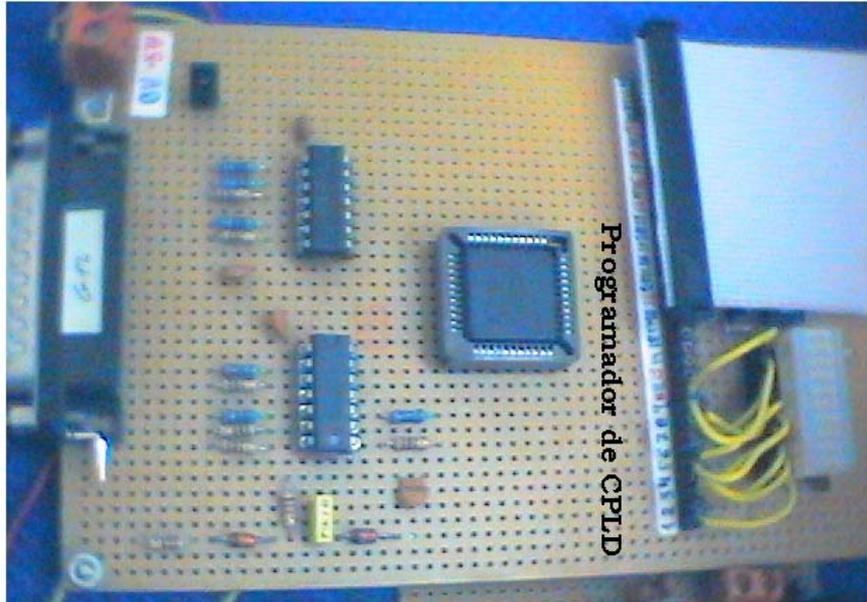


Figura 3. Aspecto del prototipo del WebLab PLD

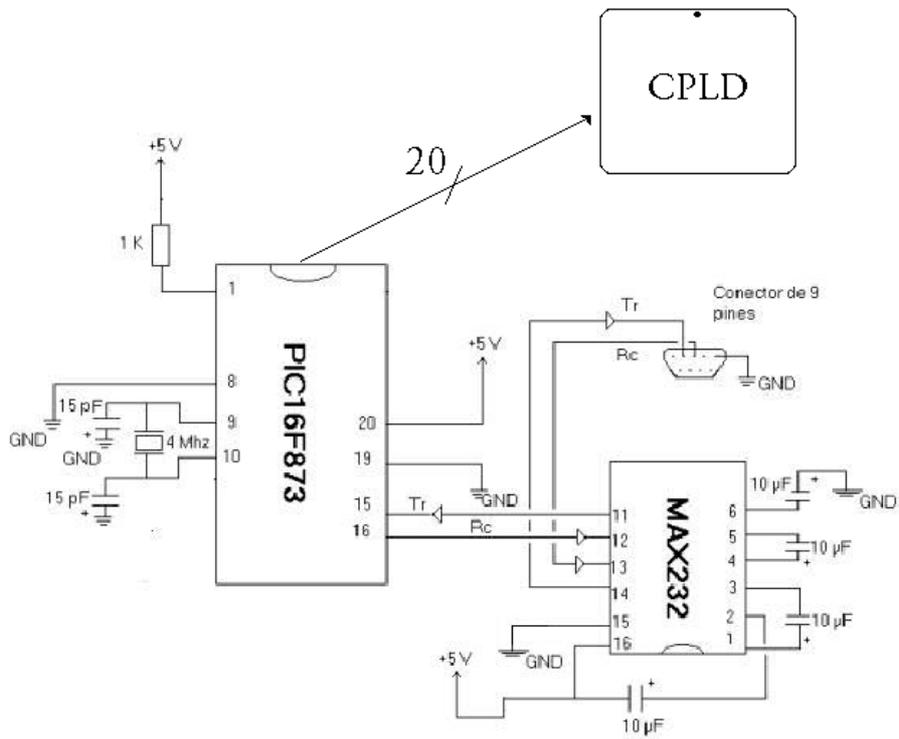


Figura 4. Esquema en detalle de la comunicación computador-CPLD.

La figura 5 muestra la aplicación Cliente/Servidor. No es una aplicación gráfica, son simples programas en C. La aplicación Cliente/servidor permite al usuario grabar un fichero JEDEC en el CPLD, activar y desactivar las entradas (interruptores, pulsadores y reloj), controlar la password de acceso y medir el tiempo de conexión. Mientras se controla la tarjeta CPLD, el usuario podrá ver la evolución de las salidas en una dirección de Internet que vuelca de continuo lo captado por la WebCam situada sobre la maqueta.

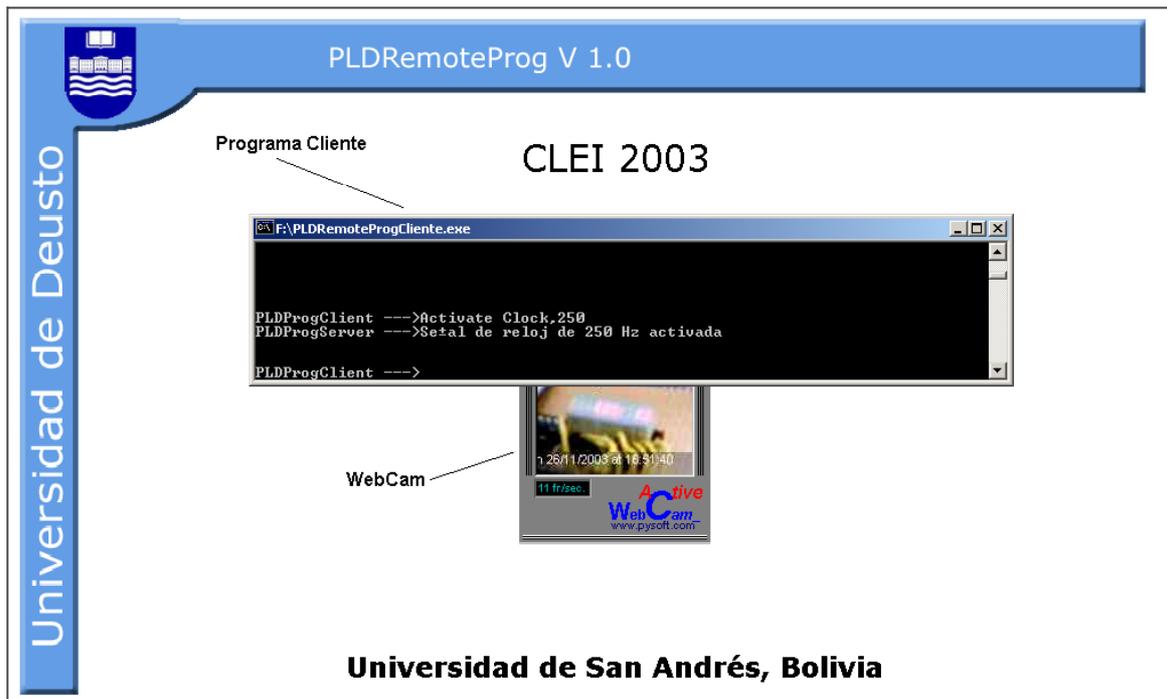


Figura 5. Aplicación Cliente/Servidor del WebLab PLD Remote.

4.2 Uso y limitaciones

El WebLab PLD Remote tiene las siguientes especificaciones: aplicación propia Cliente/Servidor, hardware (tarjetas CPLD, comunicación y maqueta), Servidor Pentium con sistema operativo de 32 bits (2000, NT, etc.), Internet de alta velocidad (ADSL), puertos paralelo y serie, una WebCam básica y una página WEB para las imágenes. Las limitaciones y los problemas se centran en la lentitud de Internet, sobre todo para la WebCam, problemas con la recuperación de errores, necesidad de abrir los puertos 8080, 2003 y ftp y el integrar el WebLab dentro del curso académico.

Actualmente el WebLab ha pasado el periodo de pruebas interno y va a ser abierto a los alumnos de la asignatura Lógica Programable de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Se espera que para el curso 2004-2005 esté disponible para todo el mundo el WebLab PLD Remote.

5. INTEGRACIÓN SOCIAL y WEBLAB

La sociedad occidental actual nada tiene que ver con otros tiempos, demasiado cercanos por cierto, en aspectos tan fundamentales como la organización familiar, la integración de personas tiempos atrás despreciadas, los asuntos laborales, la incorporación a nuestro tiempo laboral y de ocio de las nuevas tecnologías, un mundo más abierto de la educación, los horarios, etc.... Todo esto hace que nuestras costumbres estén cambiando. La Universidad debe cumplir uno de sus cometidos fundamentales que es el de vivir los nuevos tiempos y procurar los servicios que la sociedad demanda en cada instante.

El WebLab, además de las virtudes educativas ya comentadas, presenta una serie de ventajas que hacen de él un posible motor de integración social. Veamos algunos ejemplos.

Actualmente, y cada vez con más profusión, se están incorporando discapacitados a estudios superiores (universidad, formación profesional, etc.). Esto no es ninguna novedad en las llamadas carreras de letras, pero sí es una situación más novedosa en estudios técnicos. Esta incorporación es relativamente sencilla en informática, pero en otras carreras presenta

problemas evidentes. El principal problema es que el alumno tiene que manipular equipos de prácticas; es esta manipulación la que trae los problemas: ¿cómo conseguir que un alumno con discapacidad manual manipule un motor? Desde el punto de vista de un WebLab este problema pasaría a convertirse en un problema de interfaz informática. Toda vez que el accionamiento, control y visualización del equipo de prácticas se hace a través de una aplicación informática, el problema anterior se reduce a añadir al WebLab módulos informáticos de ayuda a la discapacidad. Es decir, basta con modificar la interfaz de la aplicación para que sea accesible al alumno discapacitado, ya que del resto se encarga el WebLab. No olvidemos que actualmente una línea de investigación muy activa y patrocinada (ONCE y otros organismos) es el desarrollo de aplicaciones informáticas de ayuda a los discapacitados, resultando el WebLab un campo idóneo para su aplicación. En resumen, el desarrollo de esta solución permitirá una integración mucho más cómoda y efectiva de los discapacitados en los centros de estudios, evitando cualquier tipo de discriminación, tanto negativa como positiva.

Otra situación de exclusión se da con los alumnos alejados del centro educativo. En este caso la aplicación del WebLab es directa, basta con que el alumno tenga a su disposición un acceso Web. De esta forma el alumno no tendrá que desplazarse hasta el centro, con el coste en tiempo y dinero que eso le supondría, sino que le bastará con hacer las prácticas vía WebLab y mantenerse en contacto con su profesor.

La situación anterior entronca directamente con una mejora educativa: cursos técnicos a distancia. Hasta ahora los cursos técnicos no podían ser al completo a distancia: en algún momento el alumno debía desplazarse hasta Madrid, Barcelona, etc. Esta situación hace que muchos alumnos con pocos recursos económicos no accedan a estos cursos o que las prácticas sean pocas y de bajo nivel, con la consiguiente degradación del curso. Una vez más el WebLab se presenta como una solución aceptable al problema. Todo el curso puede ser seguido a distancia, incluidas las prácticas, que, por cierto, podrán ser tan complejas y largas como se desee, sin limitaciones de tiempo y espacio. De esta manera el WebLab fomenta el acceso a cualquier formación técnica de las personas que viven en núcleos rurales o urbanos aislados.

Muchas veces el problema no es lo incómodas que son las prácticas o lo poco preparadas que están para los discapacitados, sino la ausencia de equipos de prácticas, por ejemplo en países en vías de desarrollo o del tercer mundo. En este caso el problema está en que no hay equipos de prácticas, o estos son pocos y anticuados. Una solución es la colaboración entre países, de esta manera el país más avanzado envía al otro equipamiento de prácticas, ya sea el suyo que se ha quedado anticuado o uno nuevo. Sin embargo hay otra solución vía WebLab: compartir laboratorios. Por ejemplo, nuestro laboratorio de PLDs podría ser accedido no sólo por alumnos de nuestro centro sino también por alumnos de otro centro en otro país. Para hacer esto sería necesario saber antes si nuestros recursos están infrautilizados, ya que no tendría sentido repartir lo que no llega. Pero tampoco esto es un problema, ya que si lo pensamos lo normal es que los alumnos utilicen los equipos digamos que de 8 de la mañana a 8 de la tarde, quedando el resto del tiempo libre. Esta franja horaria puede parecer inútil en España, pero no donde haya el suficiente desfase horario, por ejemplo Iberoamérica. Así nuestro departamento en la Universidad de Deusto podría hermanarse con el correspondiente en La Paz (Bolivia), permitiéndole usar los equipos vía WebLab. Además, gracias al WebLab no tendríamos que preocuparnos de dedicar nuestro tiempo a estas conexiones o del buen uso de los equipos, todo eso lo haría el WebLab. Queda claro que de esta forma fomentamos el desarrollo de otros países y que además esta colaboración tiene un coste próximo a cero, tanto en lo económico como en lo organizativo.

También se podría ver la anterior situación desde nuestra óptica. Así podríamos acceder a equipamientos que están fuera de nuestras posibilidades y que estuvieran en centros especializados tipo CSIC o en empresas. O sea, los centros tecnológicos, laboratorios y empresas de un país pueden agruparse y especializarse para compartir sus equipamientos. De esta forma se produce un ahorro económico sin menosprecio técnico.

Además de los factores integradores del WebLab ya enunciados es posible que haya otros muchos no mencionados. La potenciación de los WebLabs ya no es tanto un asunto tecnológico como de originalidad y determinación política en su aplicación. Es en esta línea en la que hay que avanzar y profundizar, olvidando en cierta medida los problemas tecnológicos.

6. CONCUSIONES, MEJORAS Y LÍNEAS FUTURAS

El WebLab para PLDs presentado viene a completar lo desarrollado por otras universidades para otros equipos de laboratorio. La conclusión general es que, actualmente, con poco esfuerzo se puede desarrollar un WebLab para casi cualquier equipo electrónico (o con control electrónico), lo que mejora el rendimiento de los laboratorios, permite organizar cursos no presenciales más completos y abre los laboratorios a la sociedad y sus necesidades. El trabajo mostrado es un prototipo útil y sencillo de un WebLab, ahora el reto es desarrollarlo de una forma más profesional. Para ello habrá que mejorar en varios aspectos:

- Conectar varias tarjetas y maquetas al servidor, y no una sola.
- Diseñar la aplicación cliente/servidor en java o un lenguaje similar para crear una aplicación gráfica tipo *asp*.
- Diseñar una página WEB que ofrezca todos los servicios del WebLab.
- Mejorar los aspectos de seguridad en el servidor.
- Administrar los recursos hardware entre todos los alumnos/usuarios para asegurar su disponibilidad.
- Posibilitar la recuperación remota de errores.
- Diseñar un entorno multimedia en el que integrar el WebLab.

En cuanto a una línea futura de trabajo cabe destacar que el diseño de WebLab ahora mismo recae en los departamentos y más específicamente en los laboratorios. Esto supone que cada departamento tiene el suyo propio, no existiendo uniformidad en su uso, lo que descentra al alumno. En nuestra opinión el diseño de WebLab debería ser enfocado de forma conjunta para toda la facultad o universidad, de forma que todos siguieran una misma arquitectura y presentaran un mismo aspecto y modo de uso. En este enfoque, el departamento y sus profesores se encargarían de especificar el equipo y de dotarlo de prácticas y multimedia, quedando para un nuevo servicio universitario, Servicio de WebLab, su diseño completo y mantenimiento. Es decir, lo planteado coincide con el enfoque actual de Internet y la WEB dentro de una universidad: un servicio general se encarga de todo, atendiendo a profesores y departamentos. Un reto que se nos plantea es definir una arquitectura y un modo de trabajo que permitan diseñar de forma homogénea el WebLab de una facultad.

Otro reto a afrontar desde el presente trabajo es crear una organización capaz de reunir las necesidades de unos países y la disponibilidad en equipos de otros para ofrecer en un solo WebLab todos los equipos. Esta organización sería la encargada de buscar países dispuestos a ofrecer tecnología, de organizar y controlar los recursos, de certificar la seguridad de las conexiones, etc. Es importante que esta organización no nazca como un esfuerzo personal de

unos cuantos profesores, sino como un objetivo de una institución más global, ya sea una universidad, una organización estatal (MEC, etc.) o una institución privada (Universia, etc.).

Referencias

[1] Alamo, J.A., MIT Microelectronics Weblab, Marzo, 27, 2001. <http://web.mit.edu>

[2] Casini, M.; Prattichizzo, D. y Vicino, A. (2003) “e-Learning by Remote Laboratories: a new tool for control education” . The 6th IFAC Conference on Advances in Control Education, Finland.

[3] Kahoraho Bukubiye, E. y Larrauri Villamor, J.I. "A WebLab System for the Study of the Control and Protection of Electric Motors", Proceedings of Telecommunication, Electronics and Control, pag. 7. Cuba 2002. ISBN: 84-8138-506-2

[4] Larrauri, J.I. y Kahoraho E. “Un Sistema Lab-WEB para el Estudio del Mando y Protección de Motores “. Telecomunicación, Electrónica y Control TELECOM’02, Conferencia Internacional (Julio 17-19): Santiago de Cuba (Cuba).

[5] Pérez M. et al. “Laboratorios de acceso remoto. Un nuevo concepto en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje”.
<http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/F54369A0EC8C0B4486256B5F006565A9>

[6] Rodrigo, V.M; Bataller, F.M.; Baquero, M. and Valero, A. (2003) “Virtual Laboratories in Electronic Engineering Education”. Proceedings ICEE International Conference on Engineering Education. ISBN: 84-600-9918-0, 5 pp in CD, Valencia, España.