

# Empleo de Laboratorios Virtuales en el Espacio Europeo de Enseñanza

Lenin Lemus<sup>1</sup>, Alberto Llorens<sup>1</sup>, M<sup>a</sup>. Belén Bollo<sup>1</sup>, José Manuel Gómez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Informática de Sistemas y Computadores

<sup>2</sup>Dpto. de Sistemas Informáticos y Computación

Universidad Politécnica de Valencia

46022 Valencia

e-mail: [lemus@disca.upv.es](mailto:lemus@disca.upv.es), [allloboi@eui.upv.es](mailto:allloboi@eui.upv.es), [mbolse@fiv.upv.es](mailto:mbolse@fiv.upv.es), [jogomez@dsic.upv.es](mailto:jogomez@dsic.upv.es)

## Resumen

Desde hace dos años, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) está potenciando el desarrollo de “Proyectos de Adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior” (PAEEES). Bajo este marco de trabajo, un grupo de profesores creó en el año 2004 el grupo de trabajo “Nuevas Tecnologías para el Aprendizaje Activo” (NTA2). Por otro lado, los laboratorios virtuales son una excelente herramienta para cumplir con algunos de los objetivos del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES).

En esta ponencia se presentan los objetivos del grupo NTA<sup>2</sup>. A continuación, se describen los objetivos de un proyecto PAEEES propuesto por el grupo NTA<sup>2</sup> y finalmente se describe con detalle una de las seis acciones que componen al proyecto PAEEES, en concreto nos referimos a la acción especial Laboratorios Virtuales.

## 1. Introducción

Desde hace dos años, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), dentro del marco de Integración en el EEES (“Espacio Europeo de la Enseñanza Superior”), ha potenciando la creación de grupos de trabajo encaminados a la mejora de la calidad de las asignaturas impartidas en su seno. En el año 2004, se crea el grupo de Innovación Educativa NTA2 (“Nuevas Tecnologías para el Aprendizaje Activo”), el cual pretende revisar y aplicar aquellas innovaciones tecnológicas que contribuyan a la convergencia hacia dicho Espacio Europeo derivado de la Declaración de Bolonia.

Para este fin, el grupo NTA<sup>2</sup> propuso llevar a cabo un PAEEES (“Proyecto de Adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior”) en donde los objetivos que se persiguen son tres:

1. Revisar y establecer un catálogo de los trabajos relacionados con la aplicación de las

TIC (“Tecnologías de la Información y la Comunicación”) en el ámbito educativo de la UPV, tanto a nivel de ponencias o publicaciones como de proyectos y herramientas desarrolladas.

2. Estudiar y analizar la viabilidad de aplicar dichas tecnologías para dar soporte a metodologías de tipo activo, en diversos contextos tales como la docencia presencial, el aprendizaje a distancia o el trabajo en grupo, y teniendo en cuenta aspectos como los sistemas de evaluación, la realización de actividades prácticas, la gestión de proyectos o la resolución de problemas.
3. Realizar casos prácticos en asignaturas correspondientes a titulaciones de la UPV donde se primará el aprendizaje activo entre los alumnos que cursen dichas asignaturas. Para ello se utilizarán tecnologías como *campus virtuales, acceso a laboratorios remotos, herramientas de evaluación, tutores inteligentes, libros electrónicos, entornos colaborativos, dispositivos móviles*.

Por tal motivo se han creado seis acciones:

1. Docencia presencial.
2. Evaluación.
3. Aprendizaje Colaborativo.
4. Laboratorios Remotos.
5. Laboratorios Virtuales.
6. Gestión de Proyectos.

En esta ponencia se presentan los resultados de la acción correspondiente a Laboratorios Virtuales.

La ponencia está estructurada de la siguiente forma:

- En la sección dos, se presenta la motivación por la cual aparecen los laboratorios virtuales y se propone una definición del concepto “Laboratorio Virtual”. Ya al final del presente documento, en el Apéndice A, se facilita una revisión histórica de los

acontecimientos más importantes sucedidos en el ámbito de los laboratorios virtuales.

- En la tercera sección se presentan los criterios para establecer un catálogo de los laboratorios virtuales disponibles. Este apartado también se dedica al material didáctico que se presenta para que sea utilizado en las asignaturas de la UPV.

## 2. Laboratorios virtuales

En esta sección se define el término que en el proyecto PAEES NTA2 se le ha dado a “Laboratorio Virtual”. Cabe destacar, que algo tan trivial como presentar una definición no ha sido fácil, debido a que sus características han ido evolucionando de la mano de Internet, de manera que la idea de laboratorio virtual puede variar dependiendo del entorno en el cual se utilice.

Para llegar a esta definición, primero se establecen la motivación de los laboratorios virtuales, a continuación, se presentan las características aceptadas por la comunidad educativa para un laboratorio virtual y finalmente se presenta nuestra definición, que de ninguna manera trata de ser la única aceptable en las comunidades científica o educativa.

### 2.1. Motivación

En la sociedad moderna en la que nos encontramos, la educación a distancia requiere de sistemas de enseñanza más flexibles, accesibles y adaptativos.

Hasta hace unos años, el modelo educativo de educación a distancia se basó fundamentalmente en las tutorías por teléfono o en el correo ordinario. Actualmente, las nuevas tecnologías ofrecen:

- Los *sistemas hipermedia* como forma de estructurar la información
- E *Internet* como soporte de dicha información [1].

A pesar de que estas dos herramientas, pueden ser suficientes, para la creación de sistemas de apoyo al aprendizaje de materias dotadas de una componente práctica no muy fuerte, la enseñanza de asignaturas tales como: el control automático, la arquitectura y tecnología de computadores, la física, etc., requiere de algo más. De un elemento

que permita al estudiante poner en práctica todos los conocimientos que vaya adquiriendo a lo largo del estudio de la materia y, esto, en algunos casos, requiere de la manipulación de equipo sofisticado.

En las enseñanzas tradicionales, este papel lo desempeñan las prácticas realizadas en los laboratorios. Tradicionalmente, este tipo de prácticas fueron pensadas para contar con la presencia física tanto del estudiante como del profesor.

El poder trasladar este entorno práctico a la enseñanza a distancia, requiere de la existencia de un sistema de apoyo: un *laboratorio virtual*.

### 2.2. Definición

En el apéndice A, se proporciona una revisión histórica de la evolución del concepto de laboratorio virtual.

A partir de esta evolución, se puede ver que algunos autores conciben un laboratorio virtual *como un programa de simulación* [8]. Otros, consideran que un laboratorio virtual se encarga del control remoto de la instrumentación.

Por otro lado, en el artículo [10] publicado en 1995 “*The Virtual Laboratory: Using Networks to enable Widely Distributed Collaboratory Science*”, los autores, establecen que un laboratorio virtual debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Control remoto y monitorización de los experimentos.
- Comunicaciones multimedia entre los investigadores, a ser posible en multicast.
- Un cuaderno de notas digital con todas las facilidades para introducción de datos, ficheros, figuras, búsquedas, etc.
- Gestión de los recursos, para decidir adecuadamente que usuario o usuarios puede acceder a cada uno de los experimentos disponibles.
- Seguridad tanto en el aspecto de permitir y denegar acceso como en los recursos para gestionar posibles fallos del sistema.
- Diversos tipos de comunicación: Voz, imagen, datos, resultado de experimentos, estado de los experimentos.
- Ancho de banda: Adecuado para permitir las distintas comunicaciones de datos científicos como de imágenes o video.

Si analizamos estas características, podemos encontrar muchas similitudes con las funcionalidades básicas de un sistema de gestión de contenidos (CMS: Content Management System).

De hecho, en el artículo “*Introducción a los Sistemas de Gestión de Contenidos (CMS) de código abierto*” [18] se explica que los CMS proporcionan un entorno que posibilita la actualización, mantenimiento y ampliación de la Web con la colaboración de múltiples usuarios. Y como sabemos, en cualquier entorno virtual ésta es una característica importante, que además puede ayudar a crear una comunidad cohesionada que participe más de forma conjunta.

El grupo de trabajo NTA<sup>2</sup> ha tomado en cuenta esto y de hecho se estudian en profundidad los entornos para la gestión de proyectos y el aprendizaje colaborativo.

Por lo tanto, en nuestro caso concreto definiremos a un “Laboratorio Virtual” de la siguiente forma:

1. El objetivo primario de un “Laboratorio Virtual” debe ser el de proporcionar una experiencia similar a la obtenida en un laboratorio de prácticas.
2. Un “Laboratorio Virtual” es un conjunto de recursos compartidos en la red con el fin de que los usuarios puedan poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos. Por lo que es recomendable que posea recursos para:
  - La simulación de sistemas.
  - El control remoto de sistemas.
  - La monitorización de los experimentos vía WEB.
  - La gestión de dichos recursos.
3. La gestión de estos recursos es recomendable que se realice mediante un CMS, el cual debe proporcionar mecanismos para:
  - Dar de alta a los usuarios de los recursos y agruparlos (investigadores, alumnos profesores).
  - La creación de experimentos.
  - Control y monitorización de experimentos.
  - Comunicaciones multimedia entre los investigadores.
  - Un cuaderno de notas digital.
  - Gestión de los recursos.
  - Seguridad.
  - Diversos tipos de comunicación.

- El mayor ancho de banda posible
4. Mecanismos para evaluar el aprendizaje de los usuarios, con el fin de validar el objetivo primario:
    - ”Proporcionar una experiencia similar a la obtenida en un laboratorio de prácticas”.

### 3. Trabajo realizado en la acción “Laboratorios Virtuales”

En el proyecto PAEES, se acordó que cada acción realizara, como mínimo, los siguientes puntos:

1. Revisar y establecer un catálogo de los trabajos relacionados con la aplicación de las TIC.
2. Estudiar y analizar la viabilidad de aplicar dichas tecnologías para dar soporte a metodologías de tipo activo.
3. Realizar casos prácticos en asignaturas correspondientes a titulaciones de la UPV.

En lo referente al punto número uno, se han realizado dos acciones:

- Recopilación de los enlaces a laboratorios virtuales que se proporcionan en Internet. (ver sección 3.1).
- El desarrollo un conjunto de herramientas software para gestionar los enlaces. (Ver sección 3.2).

En lo referente al punto número dos, se observó que mediante la utilización de un CMS y la creación de recursos didácticos era factible desarrollar laboratorios virtuales.

Así pues, se han desarrollado dos recursos virtuales:

- Un osciloscopio Virtual.
- Un generador de Funciones.

Estos recursos didácticos están disponibles a toda la comunidad bajo licencia GPL.

En la sección 3.3 se presenta el osciloscopio Virtual.

Finalmente, en lo que respecta al punto número 3, se está desarrollando un “Laboratorio Virtual” para la práctica de experiencias de Física. Este laboratorio está basado en los recursos didácticos del osciloscopio Virtual y del generador de funciones. Se está utilizando en la asignatura “Fundamentos Físicos de la Informática” impartida en las titulaciones ITIS e ITIG de la UPV.

### 3.1. Revisión y Catalogación

En primer lugar, se realizó una recopilación de los enlaces a Laboratorios Virtuales que se encuentran en Internet. En paralelo, se diseñó un catálogo de esos enlaces mediante la creación de una base de datos, en la cual se almacenan las características más importantes relativas a cada uno de los enlaces, como por ejemplo: título del laboratorio, descripción, tecnología empleada, universidad que lo desarrolla, etc.

Actualmente se tiene una base de datos con alrededor de 200 enlaces a Laboratorios Virtuales existentes en la red.

Ésta y otra información está disponible a la comunidad a través del servidor [http://didas.disca.upv.es:8080/portal\\_recursos](http://didas.disca.upv.es:8080/portal_recursos)

Para la catalogación de dichos enlaces fue necesario utilizar estándares de clasificación de las áreas del conocimiento. En nuestro caso particular, hemos utilizado la nomenclatura internacional de la UNESCO para los campos de la *Ciencia y la Tecnología* disponible en [http://www.cica.es/aliens/otrius/otrius/CodUnesco/List\\_CodUnesco.htm](http://www.cica.es/aliens/otrius/otrius/CodUnesco/List_CodUnesco.htm). Con esto, se ha creado una base de datos con los códigos que dicha organización establece actualmente para las áreas científicas de ciencia y tecnología.

Adicionalmente se han implementado una serie de herramientas que nos permitirán mantener esas bases de datos de una manera más cómoda y sencilla.

### 3.2. Herramientas software

Para el mantenimiento de las bases de datos se han implementado dos herramientas con el objetivo de facilitar la realización de esta tarea a aquellos encargados de llevarla a cabo tanto actualmente, como en el futuro.

Distinguimos las herramientas en dos puntos relativos a cada una de las bases de datos que hemos creado. Así pues tenemos que:

- Para la creación de la base de datos de los códigos UNESCO, y puesto que previsiblemente se trataba de una base de datos extensa (ahora con más de 2200 registros) se creó una herramienta Web en JSP.

Esta herramienta nos permitía insertar todos

esos registros en una base de datos Access y, al mismo tiempo, estructurar toda esa información en XML creando una serie de archivos XML clasificados por campos científicos. De esta manera, tenemos la oportunidad de guardar dos orígenes de datos estructurados para la obtención de dichos códigos.

- Para el mantenimiento de la base de datos de enlaces a Laboratorios Virtuales se ha implementado otra herramienta que nos permite, mediante una interfaz más agradable, poder llevar a cabo esta tarea de una manera cómoda y sencilla.

Con ayuda de la tecnología .NET se han desarrollado aplicaciones Web en ASP .NET, mediante las cuales se hace más visible el mantenimiento de la base de datos de enlaces a Laboratorios Virtuales. Estas herramientas permiten vía Web, modificar los enlaces almacenados en la base de datos y/o dar de alta los nuevos enlaces que aparezcan en Internet para continuar, de esta forma, nuestra recopilación de los trabajos relativos a laboratorios virtuales.

### 3.3. Material didáctico para las asignaturas de la UPV

Para crear un laboratorio virtual, se propone la utilización de un CMS que se encargue de gestionar: la creación de usuarios, la realización de experimentos y el acceso al material. En nuestro caso proponemos utilizar el CMS Plone. <http://plone.org>

Bajo este entorno, se ha dejado disponible un recurso didáctico que es un osciloscopio virtual.

El Osciloscopio Virtual (OV) es fundamentalmente una herramienta didáctica, aunque también está pensada para ser utilizada como herramienta de trabajo. Presenta una interfaz muy elaborada que le proporciona un realismo asombroso (ver figura 1). Esta característica y la gran facilidad de interacción entre el usuario y el OV permiten estudiar y usar este aparato con suma facilidad. Se ha buscado el máximo parecido con un osciloscopio analógico real aunque se le ha dotado de ciertas características que permiten utilizarlo como herramienta de trabajo, esto nos ha llevado a

incluir una versión digital del instrumento, aunque muy simplificada.

Sus características principales son:

- Una interfaz gráfica casi idéntica a la carátula de los osciloscopios reales de doble traza, donde los botones se pueden pulsar, girar y encender utilizando el ratón.
- Un método de enseñanza y evaluación interactivos mediante tutoriales y preguntas que pudieran ser evaluadas a posteriori por el sistema de forma automática.
- Un buen visualizador de señales sintéticas y reales.
- Comunicación con otras aplicaciones a través de puertos de comunicaciones y LiveConnect.
- Interacción con un repositorio de tutoriales de diferentes idiomas y señales.
- Posibilidad de visualizar señales reales a través de largas distancias.

Una de las principales especificaciones del OV es que se pudiera acceder a él desde cualquier sitio, utilizando la Web y un simple navegador. Así, el alumno no tendría que depender de ningún laboratorio o máquina especial. El alumno puede trabajar desde su casa o desde cualquier lugar con acceso a Internet. Los Applets de Java son programas que se pueden añadir a una página Web para dotar al navegador de mayor operatividad y poder realizar, de esta forma, complejas aplicaciones. Nuestro OV es un Applet de Java que funciona desde cualquier navegador que soporte Java.

El OV tiene dos modalidades de trabajo: una modalidad analógica, orientada a la enseñanza, y otra digital, orientada a su uso práctico.

En la modalidad analógica del OV una señal aparecerá como se mostraría dicha señal en un osciloscopio real según la configuración establecida de la simulación. De este modo, el usuario puede variar la posición de cualquiera de los mandos del instrumento y comprobar su efecto sobre la visualización de la señal de forma completamente interactiva. Esto puede ser especialmente útil en los conceptos de difícil asimilación como suelen ser los relacionados con la etapa de disparo.

Para fomentar el aspecto educativo de la herramienta se han incluido unos tutoriales que explican con detalle el funcionamiento del instrumento. El usuario es guiado en todo momento por medio de unos bocadillos, tal y como se aprecia en la Fig. 2. Los tutoriales vienen definidos por una serie de archivos de texto que permiten establecer diferentes configuraciones para cada paso del tutorial y así forzar a estar en un estado dado en algún momento del tutorial, aunque también se puede dejar libertad al usuario para que se vea forzado a seguir los pasos de la explicación si quiere terminar correctamente el tutorial.

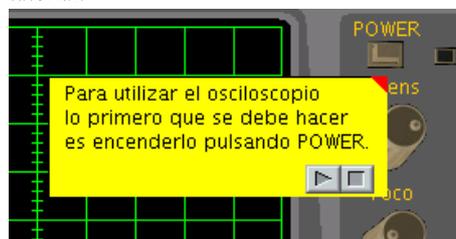


Figura 1. Tutorial interactivo.

Una característica relevante del OV es que permite una evaluación automática de los conocimientos adquiridos por el alumno en el uso del osciloscopio. Es decir, que mediante una interfaz en LiveConnect de JavaScript se puede hacer una pregunta al alumno a través de un simple navegador Web para que el alumno modifique los valores de la simulación y después que el propio navegador, utilizando su interacción con el simulador, pueda indicar al alumno o al profesor de forma automática si el ejercicio se ha realizado correctamente. Así, junto con la pregunta, se establecerá los valores correctos que debe tener el OV cuando se termine el ejercicio y automáticamente el navegador preguntará al OV si está establecido correctamente o no y así evaluar al alumno.

En la modalidad digital el OV pasa a tener un control más exhaustivo de la visualización de la señal ya que, mediante una barra de desplazamiento, se puede elegir qué porción de la señal aparece en pantalla. Además, al contrario que en el modelo analógico, la señal está detenida

en la pantalla permitiendo ampliarla, reducirla y desplazarla verticalmente y horizontalmente.

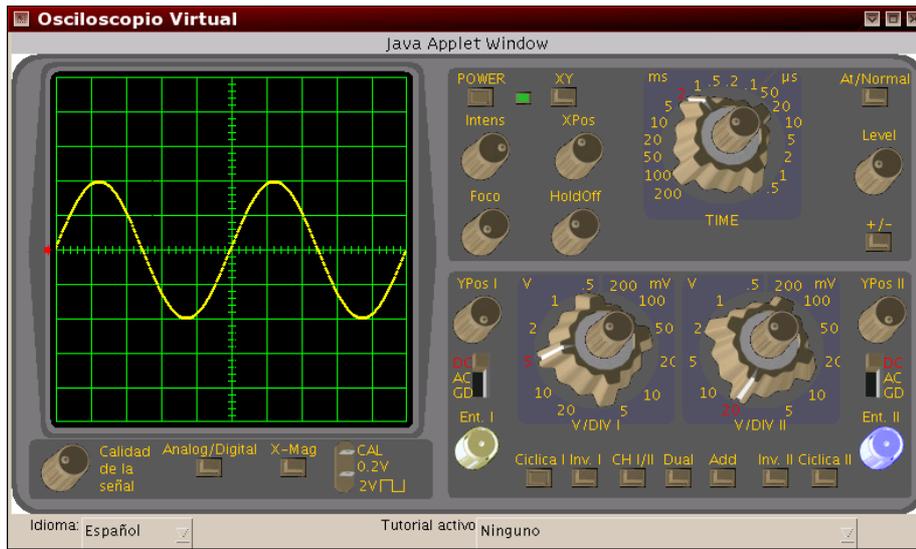


Figura 2. Recurso didáctico, osciloscopio virtual.

## Conclusiones

En esta ponencia se han presentado los resultados obtenidos en la acción Laboratorios Virtuales del proyecto PAEEES llevado a cabo por el grupo NTA<sup>2</sup>. Dichos resultados son:

1. En el portal del grupo NTA<sup>2</sup> [http://didas.disca.upv.es:8080/portal\\_recursos](http://didas.disca.upv.es:8080/portal_recursos) bajo la acción "Laboratorios Virtuales" se encuentran páginas WEB con los resultados obtenidos.
2. Una catalogación de las URLs de laboratorios virtuales.
3. Para la creación de nuevos laboratorios virtuales se cuenta con la herramienta que hemos creado: el OV, un recurso didáctico útil para aprender a utilizar un osciloscopio.
4. El recurso didáctico está a disposición de la comunidad bajo licencia GPL.
5. En la WEB del grupo NTA<sup>2</sup> se encuentra un tutorial de utilización del OV.

Durante el presente curso (2004-2005) este recurso está siendo utilizado en la asignatura de "Fundamentos Físicos de la Informática".

Finalmente, los autores del artículo encontramos útil la idea de agregar a un CMS recursos didácticos para crear laboratorios virtuales que faciliten la enseñanza bajo el marco del EEES.

## Apéndice A. Antecedentes Históricos de Laboratorios Virtuales

Como hemos visto, la motivación de los laboratorios virtuales surge, básicamente, por la necesidad de crear sistemas de apoyo al estudiante para sus prácticas de laboratorio con el objetivo de optimizar el tiempo que éste emplea en la realización de dichas prácticas. Sin embargo, el concepto de laboratorio virtual se ha ido extendiendo a lo largo de las últimas dos décadas.

La tesis doctoral "*Modelo de referencia de laboratorios virtuales y Aplicaciones a sistemas de Tele-educación*" [2] recoge gran parte de la revisión histórica relativa a los laboratorios

virtuales y sus características principales. A continuación, basándonos en esta tesis trataremos de revisar las aportaciones más interesantes que han ido apareciendo a lo largo del tiempo.

**1984:** Aparece el concepto de instrumento virtual [3] como instrumento cuyas características vienen definidas por la programación.

**1992:** Aparece una de las primeras referencias a laboratorios en los que intervienen operadores a distancia bajo el apelativo de *Laboratorio distribuido* [4]. Además, aparece explícitamente el término laboratorio virtual [5], describiendo la programación orientada a objetos como sistema para el desarrollo de un laboratorio de simulación.

**1993:** Lo más interesante a destacar es la aparición de un nuevo concepto, que es el *colaboratorio* [6].

**1994:** Se presenta un estudio realizado por la Universidad de Vanderbilt en EE.UU. en el que se desarrolla un laboratorio virtual basado en simulación como apoyo a las prácticas tradicionales [7] y, que concluyó, con la necesidad de esta herramienta para aprender las habilidades básicas y el manejo de los equipos, lo cual optimizaba tanto el tiempo de los alumnos como el del personal de laboratorio.

Ese mismo año aparece un artículo [8] en el que se define explícitamente un laboratorio virtual *como un programa de simulación*.

Además, cabe destacar la aparición de una experiencia pionera en el campo del control remoto, ya no de instrumentación sino de robots [9] que permitía controlar remotamente un brazo robot. Dicha experiencia puede ser considerada actualmente un laboratorio virtual.

**1995:** Encontramos una descripción detallada de los requisitos que un laboratorio virtual debe cumplir [10], encontrando, a la vez, una serie de similitudes con las características de otra tecnología Web desarrollada en los últimos años.

**1996:** A lo largo de este año, encontramos diversos artículos que nos van indicando elementos necesarios para el éxito de un sistema de educación a distancia. En estos artículos se recalca que el aprendizaje activo es lo que debe predominar en las prácticas y por tanto un laboratorio que pretenda ofrecerse por control remoto debe facilitar:

- Colaboración entre usuarios.
- Presencia activa.

- Control completo sobre el entorno y libertad para realizar lo que se desee.

**1997:** En la conferencia del IMTC encontramos un repaso de normas relativas a instrumentos virtuales [13].

Este mismo año, investigadores de la Universidad de Illinois presentan un completo laboratorio de instrumentación electrónica puesto a disposición de los usuarios a través de Internet. Este es el *primer laboratorio virtual con control remoto de instrumentación electrónica en funcionamiento* [14].

**1998:** Las referencias a laboratorios virtuales incrementan su número de forma considerable. Una de las más destacadas, es la conferencia de IMTC y la asociada ETIMVIS'98 donde se describe un modelo detallado de un laboratorio virtual de simulación [15], y una propuesta de laboratorio docente en el que los alumnos utilizan instrumentos virtuales para crear sus experimentos.

**1999:** Además de los consejos respecto al uso del Web en clases que recoge este artículo [16] y en el que se incluyen referencias a laboratorios virtuales de simulación y de control remoto, encontramos en el IMTC una detallada especificación [17] de cómo montar un laboratorio virtual con elementos comerciales disponibles, junto con los requisitos básicos que debe afrontar cualquiera que se plantee el diseño de un laboratorio virtual.

**2000:** Se van sucediendo artículos en conferencias y revistas donde se describen distintos laboratorios virtuales y donde se va entrando en detalle en los distintos métodos a utilizar en el desarrollo de laboratorios virtuales y se comentan posibles soluciones que mejoren o aumenten el rendimiento de éstos. La idea de utilizar la simulación como paso previo al uso de los instrumentos permitirá que se reduzca el tiempo necesario de uso del instrumento real y por tanto, del recurso más costoso.

Por último, solo cabe destacar las múltiples referencias en las que se presentan experiencias en distintos laboratorios distribuidos de distintas áreas experimentales que se han extendido por la red en los últimos años y, de los cuales se ha hecho una recopilación y catalogación en este trabajo.

## Referencias

- [1] Sánchez, José. Dormido, Sebastián. Morilla, F. [Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a Distancia de la Automática.](#) Departamento de Informática y Automática, UNED.
- [2] Rodrigo, Vicent M. *Modelo de referencia de laboratorios virtuales y Aplicaciones a sistemas de Tele-educación*, 2003.
- [3] Goldberg, Harold. *What is Virtual Instrumentation?* IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2000.
- [4] Mercurio, Philip J., Elvins T.T., Young Stephen J., Cohen, Philip S., Fall, Kevin R., Ellisman, Mark H. *The distributed laboratory: an interactive visualization environment for electron microscope and 3d imaging.* Communications of the Association for Computing Machinery, 1992.
- [5] Haden, G.L. *An object Oriented Modelling and Simulation Component for Virtual Engineering Laboratories.* Proceedings of 22nd annual conference Frontiers in Education, 1992.
- [6] Cerfetal, V.G. *National Collaboratories – Applying Information Technology for Scientific Research.* Committee on a National Collaboratory, National Research Council. National Academy Press, Washington D.C. 1993.
- [7] Mostermean, P.J. Donaldt, M.A.M. Campbell, J. Olin. Burow, C. Bouw, R. Brodersen A.J. Bourne J.R. [Virtual Engineering Laboratories: Design and Experiments.](#) Journal of Engineering Education, 1994.
- [8] Mostermean, P.J. Campbell, J. Olin. [Design and Implementation of an Electronics Laboratory Simulator.](#) P.J. Mostermean, J. Olin Campbell, R. Brodersen A.J. Bourne J.R. IEEE Transactions on Education. 1996.
- [9] Goldberg, Ken. Mascha, Michael. Gentner, Steven. Rossman, Juergen. Rothenberg, Nick. Sutter, Carl. Wiegley, Jeff. [The Mercury project – Robotic tele-excavation.](#) Beyond the Web: Excavating the Real World Via Mosaic. International WWW Conference. Chicago, 1994.
- [10] Johnston, William E. Agarwal, Debora. [The Virtual Laboratory: Using Networks to enable Widely Distributed Collaboratory Science.](#) Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, 1995.
- [11] Hernández, A.M. Benlloch, J.V., Benet, G. *Sistema de instrumentación programable multiusuario via red local para el desarrollo de prácticas de laboratorio.* II Congreso TAAE '96, Sevilla 1996.
- [12] Benlloch, J.V. Lemus, L. Buendía, F. García J.M. Bayo, J.L. *Remote Data Acquisition over the Internet.* Annual Conference on Education in Electrical and Information Engineering, 2000.
- [13] Spoelder, H.J.W. Ullings, A.H. Groen, F.C.A [Virtual Instrumentation: A survey of Standards and their Interrelation.](#) IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. Ottawa, Canada, 1997.
- [14] Werges, Stephan C. Naylor, David L. [A Networked Instructional Instrumentation Facility.](#) Annual Meeting of the American Society for Engineering Education, Milwaukee, 1997.
- [15] Ferrero, Alessandro. Piuri, Vincenzo. *A Simulation Tool for Virtual Laboratory Experiments in a WWW Environment.* IEEE IMTC. St. Paul, Minnesota, Mayo 1998. IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, 1999.
- [16] IEEE Control System Magazine. [Using the Web in Your Courses: What Can You Do? What Should You Do?](#), Febrero 1999.
- [17] Benetazzo, L. Bertocco, M. Ferraris, F. Ferrero, A. Offelli, C. Parvis, M. and Piura, V. [A Web-Based Distributed Virtual Educational laboratory.](#) IEEE TIM, 2000.
- [18] García, Xavier C. Alfonso, Julià M. [Introducción a los Sistemas de Gestión de Contenidos \(CMS\) de código abierto.](#) Departamento de Informática y Automática, UNED, 2004.