

# APRENDIZAJE EN AUTOMÁTICA MEDIANTE EL ACCESO REMOTO VÍA INTERNET A MAQUETAS INDUSTRIALES

Manuel Domínguez<sup>1</sup>, Perfecto Reguera<sup>2</sup>, Juan José Fuertes<sup>3</sup>

**Resumen** — La utilización de las TIC's, en su más amplia expresión, en la formación de carácter tecnológico plantea nuevos retos en el desarrollo de metodologías docentes, ya que permiten al docente incorporar e integrar nuevas "herramientas" que afectan directamente al binomio aprendizaje-enseñanza.

En este artículo, se plantea una nueva estrategia para la formación en Automática basada en la utilización de equipos industriales a los que se accede de forma remota vía Internet, lo que facilita su uso tanto en la formación teórica como en la práctica.

**Palabras Clave** — E-learning, Internet, DCS, Laboratorio remoto, Maqueta industrial, PLC.

## INTRODUCCIÓN

Los diferentes planteamientos que se vienen realizando dentro del ámbito Europeo en cuanto a la consecución de un Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES), que partiendo de la declaración de la Sorbona en 1998 han sido impulsados y concretados en las respectivas declaraciones de Bolonia 1999, Praga 2001 y Berlín 2003, están indicando los nuevos caminos a seguir en el campo de la formación. El fin que se persigue es conseguir en las próximas décadas la denominada Europa del Conocimiento, en la cual tienen que ser objetivos preferentes, no sólo la homologación de titulaciones con estructuras académicas similares, créditos ECTS, movilidad de los estudiantes, etc., sino también la cooperación entre las Universidades Europeas, el desarrollo de sinergias entre el EEES y el Espacio Europeo de Investigación (ERA), el desarrollo de titulaciones conjuntas, tanto de grado como de postgrado y, por supuesto, el establecimiento de un nuevo modelo de relación en el denominado binomio aprendizaje(alumno)-enseñanza (profesor). En este binomio, las nuevas tecnologías van a tener que jugar un papel cada vez más importante si lo que se pretende es conseguir una mayor implicación de los alumnos en su propio proceso de aprendizaje frente a la formación tradicional a la que estamos acostumbrados, y además, debe ofrecer sistemas que faciliten una formación de calidad y continuada a lo largo de su vida profesional, pudiendo ser adaptada a los diferentes ritmos y necesidades de aprendizaje. Esto va a suponer la realización de una serie de reformas en profundidad en las estructuras del sistema

educativo universitario superior así como en la metodología utilizada, en los contenidos teóricos y prácticos y en las formas de transmisión del saber y de interrelación con los alumnos [1].

Ahora bien, cuando nos situamos en el campo de la formación en disciplinas de carácter tecnológico, y, más concretamente, en el de la Ingeniería Industrial, a las dificultades propias de las reformas que traerán consigo los planteamientos citados anteriormente, se unen las problemáticas que caracterizan este tipo de estudios y que están vinculadas, por una parte, a la propia extensión de los planes docentes y, por otra, a los requerimientos de manejo de equipos, instrumentos, sistemas, tecnologías e instalaciones industriales complejas. Este último aspecto obliga a utilizar equipamientos muy costosos y que, en muchas ocasiones, no están disponibles en los laboratorios de los centros educativos.

Para soslayar, en la medida de lo posible, estos problemas, se ha recurrido con bastante asiduidad al uso de equipos didácticos de escala reducida que dan una relativa aproximación a la realidad industrial. A medida que el abaratamiento en los equipos informáticos lo ha permitido, se ha evolucionado hacia el uso de programas de ordenador que permiten todo tipo de cálculos y simulaciones, facilitando mucho la labor docente, ya que, con un coste más reducido, se puede tener un mayor número de puestos de laboratorio para los alumnos. Pero esta forma de proceder no da una idea de realidad completa cuando se trata de manejar tecnologías industriales a las que se enfrentarán el día de mañana. Con el desarrollo de los sistemas multimedia, los programas de simulación han evolucionado considerablemente, han mejorando los entornos gráficos, han incorporando imágenes y sonidos, tendiendo cada vez más hacia la denominada realidad virtual.

La expansión en la última década de las denominadas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's) ha provocado cambios vertiginosos en los usos y costumbres de nuestra sociedad, destacando Internet como el fenómeno social por excelencia, sobre todo dentro del sector de población joven. Internet ha propiciado la aparición de nuevas formas y métodos en la organización del trabajo, del ocio, de las relaciones personales, etc. abriendo nuevos campos de aplicación y, sobre todo, generando y propiciando el desarrollo de una serie de tecnologías emergentes que cada vez son más cotidianas e

<sup>1</sup> Manuel Domínguez, Universidad de León, Escuela de Ingenierías, Campus de Vegazana s/n 24071 León, Spain, diemd@unileon.es

<sup>2</sup> Perfecto Reguera, Universidad de León, Escuela de Ingenierías, Campus de Vegazana s/n 24071 León, Spain, diepra@unileon.es

<sup>3</sup> Juan José Fuertes, Universidad de León, Escuela de Ingenierías, Campus de Vegazana s/n 24071 León, Spain, diejfu@unileon.es

imprescindibles. Ahora bien, es quizás el campo de la formación en el que Internet puede tener en los próximos años un gran protagonismo y una fuerte expansión. En efecto, Internet posee la cualidad, cada vez mas importante en el mundo tecnológico actual, de que los procesos de aprendizaje y formación a través del Web se pueden realizar de una forma flexible, dinámica e individualizada, independientemente del día, lugar y hora, y en tiempo real, lo cual ayuda a las personas y a las empresas a ser capaces de evolucionar ante los cambios tecnológicos tan vertiginosos que se están produciendo. Esto último es de sobra conocido hoy en día, ya que marca las diferencias de posición en un mercado cada vez más competitivo, en el que la tendencia es hacia la liberalización y la globalización [2].

Pero debemos ser conscientes de que la realidad tecnológica nos indica que falta mucho por hacer. Diferentes estudios realizados por organismos, fundaciones, etc., indican las grandes carencias en cuanto al uso, penetración, difusión, etc., de las TIC's y si nos ubicamos en el campo de la formación de carácter tecnológico todavía la problemática se agudiza más. Con el fin de paliar estas situaciones, la Comisión Europea ha planteado el desarrollo de diferentes estrategias y programas para fomentar el desarrollo del aprendizaje abierto y a distancia, destacando el programa plurianual para la integración efectiva de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los sistemas de educación y formación en Europa *e-learning* en el que uno de sus apartados lo constituyen los denominados campus virtuales Europeos [3], [4].

En este sentido, se presenta en este trabajo una nueva estrategia para la formación de carácter tecnológico. El proyecto es parte de un desarrollo más amplio, que comenzó hace ya unos años, y se basa en el diseño e implementación de equipos específicos de prácticas basados en sistemas industriales a los que se puede tener acceso vía Internet, con el fin de facilitar su utilización a las personas (profesores, alumnos, trabajadores, profesionales, etc.) de la forma mas fácil y flexible, sin restricciones de horarios, manejando instalaciones reales complejas y costosas y en las que se pueda "interactuar sobre ellas de forma real y no simulada". [5], [6]. Esto permite, por una parte, aumentar el grado de autonomía en la formación del alumno y por otra, que el profesor posea nuevas metodologías docentes, ya que puede hacer un uso intensivo y diario de este tipo de equipamientos al incorporarlos a las clases teóricas presenciales como un sistema real fácilmente visualizable a través del ordenador o de cualquier sistema de videoproyección y sobre el que se dispone de una total interactividad.

### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FÍSICO

El sistema físico sobre el que se trabaja está constituido por una maqueta industrial, ver Figura 1, diseñada para la realización de experiencias en el campo de la Automática, centradas inicialmente en las disciplinas de Automatización, Control, e Instrumentación industrial, pudiéndose acceder a

ella tanto en modo local como en modo remoto a través de Internet. Está formada por un circuito principal de proceso que incorpora una bomba de impulsión centrífuga con accionamiento a frecuencia variable, dos depósitos en cascada de 5 y 6,5 litros de capacidad respectivamente y la instrumentación necesaria para implementar los lazos de control de presión, caudal, nivel y temperatura del fluido del proceso.

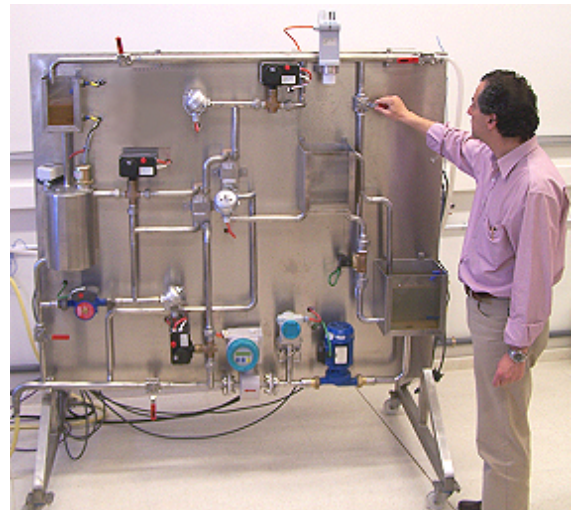


FIGURA. 1  
FOTO DE LA MAQUETA INDUSTRIAL.

Los circuitos de *utilities* de la maqueta están asociados a la variable temperatura y corresponden al circuito de calentamiento y al de enfriamiento. La transferencia de calor se realiza mediante intercambiadores de placas de alto rendimiento y la regulación del caudal en ambos circuitos se lleva a cabo mediante sendas válvulas motorizadas de tres y de dos vías respectivamente. Una descripción mucho más amplia y detallada de la citada maqueta puede obtenerse en [7]. En la Figura 2, se puede observar de forma esquematizada mediante un sinóptico los diferentes elementos de la maqueta, su conexionado y sus circuitos de funcionamiento.

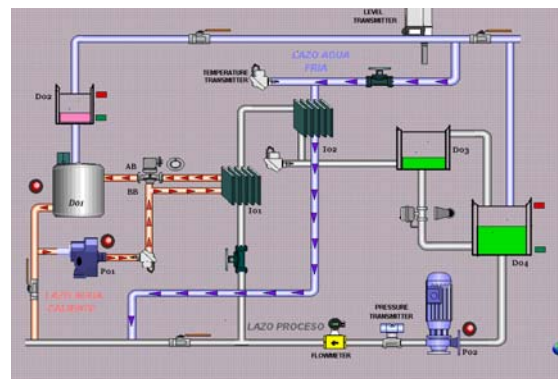


FIGURA. 2

SINÓPTICO DE LA MAQUETA INDUSTRIAL.

En la Tabla I, se representa el conjunto de señales eléctricas suministradas por la instrumentación que incorpora la maqueta.

TABLA I

VARIABLES MANEJADAS EN LA MAQUETA INDUSTRIAL

TAG	Transmisor/Actuador	Circuito	Tipo	Span
LT01	Transmisor Nivel	Proceso	4-20 mA	0-100 %
FT01	Transmisor Caudal	Proceso	4-20 mA	0-1500 l/h
PT01	Transmisor Presión	Proceso	4-20 mA	0-1 Barg
TT21	Transmisor Temperatura	Proceso	4-20 mA	0-100 °C
TT22	Transmisor Temperatura	Caliente	4-20 mA	0-100 °C
TT23	Transmisor Temperatura	Frío	4-20 mA	0-100 °C
SZ01	Variador de Frecuencia	Proceso	4-20 mA	0-100 %
JZ01	Controlador Resistencias	Caliente	4-20 mA	0-100 %
TV21	Válvula 3 Vías	Caliente	4-20 mA	0-100 %
TV22	Válvula 2 Vías	Frío	4-20 mA	0-100 %
FV21	Válvula 2 Vías	Proceso	4-20 mA	0-100 %
LSL21	Nivel Bajo D04	Proceso	24V DC	NC
LSH21	Nivel Alto D04	Proceso	24V DC	NC
LSL22	Nivel Bajo D02	Caliente	24V DC	NC
LSH22	Nivel Alto D02	Caliente	24V DC	NC
TSH22	Termostato D01	Caliente	24V DC	NC
ES21	Fallo Bomba P01	Caliente	24V DC	NC
ES22	Fallo Bomba P02	Proceso	24V DC	NC
ES23	Fallo Resistencias R01	Caliente	24V DC	NC
ES24	Conf. Marcha P01	Caliente	24V DC	NC
ES25	Conf. Marcha P02	Proceso	24V DC	NC
ES26	Conf. Marcha R01	Caliente	24V DC	NC
FY21	Marcha Paro P01	Caliente	24V DC	NC
FY22	Electroválvula	Proceso	24V DC	NC
FY23	Marcha Paro P02	Proceso	24V DC	NC
FY24	Marcha Paro R01	Caliente	24V DC	NC

Desde el punto de vista del sistema de control se ha tratado de obtener la mayor flexibilidad posible, de manera que, mediante un cableado y conexionado estructurado, se tienen adaptadas todas las señales eléctricas para su utilización tanto por PLC`s, como por sistemas de control distribuidos (DCS`s), como por tarjetas de adquisición de datos. El usuario puede elegir en todo momento cuál es el sistema de control que va a utilizar para la realización de sus experiencias. Los datos técnicos de los sistemas de control que se han implementado en nuestro laboratorio se pueden ver en la Tabla II.

TABLA II

SISTEMAS DE CONTROL DE LA MAQUETA INDUSTRIAL

DCS	PLC	TARJETA + PC
<b>Control:</b> Opto M4RTU; LCM4.	<b>Control:</b> Siemens SIMATIC S7 314C-2 DP	<b>Control:</b> HP DX6100M
<b>Tarjeta:</b> SNAP-B3000-ENET	<b>Tarjeta:</b> ET200S Profibus DP	<b>Tarjeta:</b> Advantech PCI 1711
<b>Módulos:</b> SNAP-AIMA-4 SNAP-AIMA SNAP-AOA-23 SNAP-IDC5 SNAP-ODC5R	<b>Módulos:</b> 2AI I 2WIRE ST 2AO I ST 2AO U ST 4DI DC24V ST 4DO DC24V/0,5A ST	<b>Canales:</b> 16 E/D 16 S/D 2 S/A 12 E/A

En cuanto a la seguridad, se dota a todo el conjunto de una serie de enclavamientos, protecciones y elementos de bloqueo que evitan manipulaciones incorrectas por parte de los usuarios, tanto en el modo local como en el remoto.

### ESTRUCTURA DE CONEXIÓN

La arquitectura lógica en la que se basa el acceso remoto al sistema físico es de triple capa con una capa intermedia sustentada en una base de datos como la planteada en [5], lo que garantiza la robustez y la flexibilidad de todo el conjunto y además facilita la modularidad necesaria para la elección y utilización de las 3 tecnologías con las que se va a realizar el control.

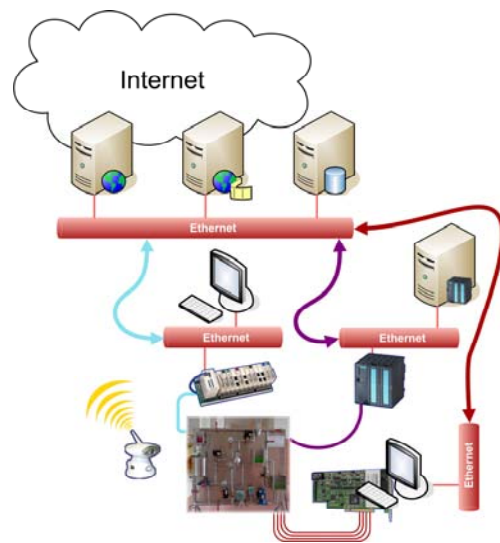


FIGURA. 3

ESTRUCTURA DE CONEXIÓN.

Para el desarrollo de esta arquitectura se han utilizado tres servidores principales (DL380 G4 Proliant, Pentium Xeon, 4 Gb RAM): dos de ellos disponen de puertos abiertos sirviendo a internet (servidor web y servidor unicast de vídeo) y otro no (SGBD). Todos ellos se encuentran dentro de una red DMZ (arquitectura Screened Subnet o también conocida como De-Militarized Zone). El sistema físico está integrado en una red privada Industrial Ethernet a través de los DCSs (tarjetas B3000 ENET) y en una red Industrial Ethernet con Profibus DP como acceso a la periferia descentralizada a través de los PLCs (CP 314-1 IT y ET200S). La conexión física de estas redes se ha realizado utilizando las normas de cableado estructurado convencional, se dispone de elementos activos (2 conmutadores) de altas prestaciones (Cisco System Catalyst 2950 Series con 24 tomas mas 2 uplinks). Esta electrónica de comunicaciones se ha seleccionado con el fin garantizar un mínimo de 100Mbps de ancho de banda (100 usuarios con transmisiones de 1M). En la Figura 3, se puede observar la

estructura comentada. Las características principales de estos servidores son:

- **Servidor web.** Este servidor es el interfaz común que presenta el recurso físico. Como tal servidor web, sólo presenta un puerto abierto al exterior, el puerto 80 y su única tarea es atender todas las peticiones que se le realicen por dicho puerto y gestionarlas adecuadamente, bien enviándolas al SGBD o a servicios ISAPI internos operando como DLL's en él.
- **Servidor unicast.** Este servidor ofrece servicios de descargas directas, descargas progresivas y *streaming* media tanto de audio como de vídeo (es interesante que los recursos físicos entren a los alumnos no sólo por los ojos, sino también por sus oídos).
- **Servidor SGBD.** Este servidor no presenta ningún puerto externo abierto pero se encuentra en la DMZ por cuestiones de facilidad en la gestión y para permitir que tanto el servidor web como el servidor *unicast* puedan realizar peticiones de datos a dicho SGBD.

### APLICACIONES DOCENTES

La utilidad de este tipo de instalaciones desde el punto de vista docente es doble y no debe ceñirse solamente al aspecto puramente práctico como inicialmente podría pensarse. En efecto, las especificaciones que se han planteado en el diseño de la maqueta industrial permiten su uso de forma continua como un medio de apoyo real en la docencia teórica ya que, con una simple conexión de red y mediante la descarga de *applets*, tenemos un acceso a un equipo industrial real, facilitándole al profesor una serie de recursos docentes que van desde documentos, gráficos, tablas, fotografías, sinópticos, especificaciones técnicas y descripciones hasta la propia operación remota, todo ello con datos reales y no simulados [7], [8]. Además, en dicho *applet* se incorporan los controles de un sistema de vídeo basado en una cámara con posicionamiento y zoom que permiten ver cualquiera de los instrumentos y sistemas de la maqueta así como seguir cualquier secuencia o proceso que se implemente. Todo ello permite realizar una serie de estrategias de innovación y de participación de los alumnos en la formación, que sólo dependerán de la imaginación del docente y que pueden resumirse de forma global en los siguientes objetivos:

- Conocer, de forma visual, mediante la información suministrada por el sistema de vídeo que se incorpora, un proceso industrial real en el que intervienen las variables de presión, temperatura, caudal y nivel.
- Conocer la instrumentación industrial, sus características reales de funcionamiento y la documentación técnica de trabajo.
- Manejar accionamientos, tanto eléctricos como neumáticos.
- Estudiar diferentes tecnologías para la operación, automatización, control y supervisión de procesos industriales.

- Investigar la dinámica de funcionamiento de un proceso industrial real frente a uno puramente teórico.
- Evitar el excesivo uso de “bloques” o “cajas negras” en las explicaciones teóricas, facilitando así la motivación del alumno hacia la tecnología.
- Suministrar, tanto al profesor como al alumno, una herramienta para la obtención de conjuntos de datos reales de las variables de los diferentes sistemas que se tienen disponibles, de manera que puedan ser exportados, mediante ficheros, a otras aplicaciones como Matlab, para su utilización, in situ, en las explicaciones teóricas o en la resolución de problemas o bien para uso posterior y tratamiento, planteándole al alumno la problemática del manejo de datos reales: ruido, filtrado, reducción de la dimensionalidad, etc.

Desde el punto de vista tecnológico, tanto el profesor como el alumno, pueden realizar actividades formativas, de forma remota, dentro de los 3 niveles que establece la denominada pirámide de automatización y que pueden verse en la Figura 4.

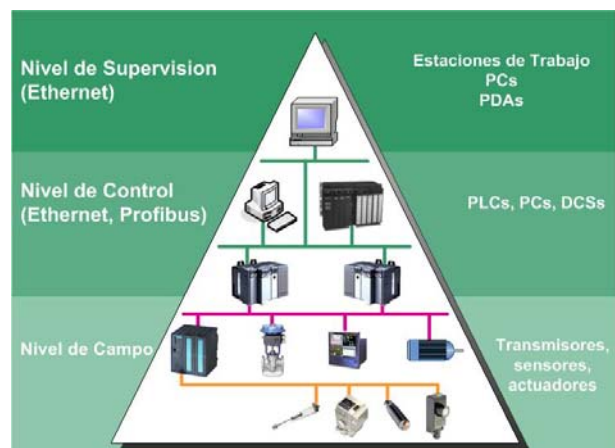


FIGURA. 4  
PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.

En el nivel de campo, tanto el profesor en sus explicaciones como el alumno pueden realizar un acceso remoto a los transmisores y actuadores que incorpora la maqueta industrial, registrando la evolución de sus variables asociadas y obteniendo las curvas características de su comportamiento mediante un tratamiento *offline* de los datos registrados. Así por ejemplo uno de los trabajos planteados consiste en la configuración de los accionamientos de frecuencia variable y su respuesta temporal a través del acceso remoto a una red Profibus DP. En la Figura 5 se representa la respuesta temporal obtenida para el conjunto accionador-bomba.

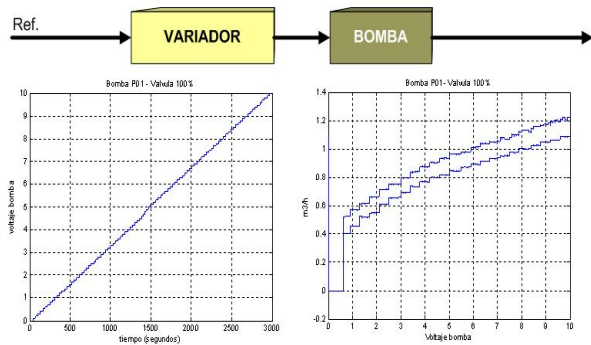


FIGURA. 5  
PRÁCTICA ACCIONADOR-BOMBA.

Como ya se ha indicado anteriormente, en el nivel de control, el cliente remoto puede escoger entre los tres sistemas de control que se le proporcionan para realizar su actividad formativa: PLC, DCS o Tarjeta de adquisición+PC.

Si la elección es PLC la configuración del sistema se realiza de forma análoga a como se haría en modo local: selección del autómatas programable (S7 314C-2 DP), selección de las tarjetas de comunicación Ethernet (CP 314-1 IT, red entre autómatas) y de las tarjetas de comunicación con la periférica descentralizada (ET200S IM151). Una vez configurado el hardware de control y la red en la que se integra, se posibilita la programación remota para el estudio de lenguajes de programación de autómatas programables: AWL, KOP, FUP o Grafcet y SCL (IEC 1131). En esta etapa de aprendizaje se puede realizar la depuración de la estrategia de control visualizando *online*, de forma remota, el estado del proceso junto con la información visual proporcionada por las cámaras motorizadas. A modo de ejemplo, indicar que el usuario puede programar una secuencia temporizada de evolución de estados en la maqueta y observar los cambios en un *applet* que está construido como un panel de visualización interactivo que representa el clásico simulador/entrenador, de contactos y potenciómetros, de un autómatas programable, pero con la diferencia de que actuamos a través de ese panel contra el sistema físico real y no contra uno simulado. En la Figura 6, se puede observar parte del entorno de trabajo del usuario.

Cuando la elección es un DCS, la forma de proceder es similar a la descrita previamente: configuración del hardware de control, selección del controlador: (M4 o LCM4 o Ultimate) y de las tarjetas de adquisición (SNAP B3000 ENET, red Ethernet). Para la programación remota del sistema de control se realiza una descarga de estrategias basadas en flujogramas.

Cuando la elección es tarjeta de adquisición de datos y PC, las estrategias de control posibles se reducen a las prediseñadas en el PC y solo se permite la modificación de ciertos parámetros de configuración.

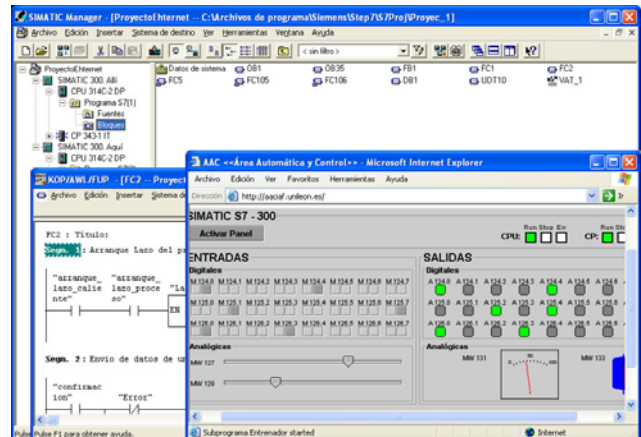


FIGURA. 6  
PRÁCTICA PROGRAMACIÓN SOBRE PLC.

En cuanto al nivel de supervisión y gestión, la estructura implementada permite la teleoperación del sistema desde cualquier punto de Internet sin necesidad de disponer de software propietario, de manera que mediante la descarga de los *applets* correspondientes se tiene acceso a todas las variables de la maqueta a través de sinópticos, gráficos, registros, alarmas, etc. pudiéndose modificar sus valores en modo *online*. Además, se pueden probar estrategias de control abstrayendo al usuario remoto del sistema de control elegido. Al igual que en los otros niveles se dispone de una ventana de video que proporciona ayuda visual.

Desde el punto de vista del tratamiento masivo de datos toda la evolución del sistema queda almacenada en una base de datos, lo que posibilita su uso tanto en sesiones posteriores como por otras aplicaciones externas como puede ser Matlab y así ampliar su utilización a otras disciplinas docentes.



FIGURA. 7  
PRÁCTICA CORRESPONDIENTE AL NIVEL DE SUPERVISIÓN.

En la Figura 7, se puede observar el entorno de prácticas utilizado por el cliente remoto para la parametrización de un algoritmo de control de nivel en el depósito principal, los registros gráficos de las variables implicadas, la ventana de visualización de vídeo, el sinóptico de actuación y la información textual suministrada.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se ha planteado una propuesta de formación en disciplinas de carácter tecnológico, basada en la utilización de equipos industriales reales a los que se puede acceder de forma remota vía Internet. Esta propuesta aporta no sólo las características de acceso deslocalizado e independiente del tiempo propias de la red, sino también la posibilidad de integración de una serie de tecnologías emergentes vinculadas a ella: audio (*on-line* y *off-line*), vídeo (*on-line* y *off-line*), gráficos en tiempo real, entornos interactivos, etc., lo que ofrece una visión mucho más independiente, dinámica y motivadora para el alumno.

Desde el punto de vista académico, este tipo de sistemas se convierten en una potente herramienta no sólo para la docencia y aprendizaje prácticos, sino también en las exposiciones teóricas. Con una toma de red y un ordenador en el aula, estos sistemas permiten su utilización de forma continuada en las exposiciones teóricas y además facilitan la interacción de los alumnos sobre sistemas reales a la vez que están recibiendo formación teórica.

Ahora bien, sobre estas infraestructuras es necesario desarrollar nuevas metodologías docentes que impliquen mucho más al alumno en su proceso de formación siendo por lo tanto necesario el desarrollo de contenidos vinculados al uso de todas esas tecnologías que se les ponen a su alcance. Evidentemente este es un proceso amplio y de mucho esfuerzo tanto por parte del profesorado como de los alumnos. El profesorado, aunque domine las TIC's de forma instrumental, en la mayoría de los casos, no tiene adquiridas destrezas para su utilización de forma pedagógica. Los alumnos presentan dificultades tanto logísticas para hacer uso de las nuevas metodologías, sobre todo fuera de los núcleos urbanos, como de manejo de algunas de las herramientas necesarias que presentan un carácter muy específico en estas disciplinas.

Por último, indicar que este tipo de avances requieren de unos esfuerzos, tanto económicos como de desarrollo tecnológico muy elevados si se quiere disponer de equipamiento con prestaciones acordes a la realidad industrial y tecnológica y que sean accesibles a través de Internet. Por el contrario la ventaja es que el número de horas de utilización y el número potencial de alumnos que pueden acceder a ese equipamiento se elevan, por lo que, a medio plazo, la inversión se rentabiliza y es en este aspecto donde la Convergencia Europea puede jugar un papel cada vez más dinamizador.

## AGRADECIMIENTOS

La implementación correspondiente a los servidores, conmutadores y red de comunicaciones ha sido financiada por el Vicerrectorado de Innovación Tecnológica de la Universidad de León a través de los Fondos Europeos Feder.

## REFERENCIAS

- [1] The European higher education area. Joint declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna on the 19th of June 1999.
- [2] Beer, D., Widmaier, B., Cluster as an approach for knowledge-management in regions. International Conference of The Regional Studies Association. Gdansk. 2001. European Commission, E-learning, Designing Tomorrow's Education. 2005
- [3] Fundación Auna, "España 2003. Informe anual sobre el desarrollo de la Sociedad de la Información en España". Ed. Fundación Auna. Madrid, 2003.
- [4] European Commission "E-learning, Designing Tomorrow's Education". 2005.
- [5] Domínguez, M., Marcos, D., Reguera, P., González, J.J., Blázquez, L.F., "Connection Pilot Plant to the Internet", *IFAC Internet Based Control Education. IBCE01*, Madrid. Spain, 2001.
- [6] 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.
- [7] Domínguez, M., Fuertes, J.J., Reguera, P., González, J.J., Ramón, J.M., "Maqueta Industrial para Docencia e Investigación". *RIAI Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, Vol 1, pp. 58-63, 2004.
- [8] Dormido, S. "Control Learning: present and future". *15th IFAC World Congress*. Barcelona. 2002.
- [9] Sanchez, J., Morilla, F., Dormido, S., Aranda, J., Ruiperez, P. "Virtual and remote control labs using Java: a qualitative approach". *Control Systems Magazine IEEE*. Vol 22, No 2, pp. 8-20. 2002.