

# FORMACIÓN ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE MULTIMEDIA SCADA-PLC CONECTADA A CIRCUITOS REALES

J. TERRÓN<sup>1</sup>, C. CORRALES<sup>1</sup>, M. J. LÓPEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica y Electrónica. Facultad de Ciencias Náuticas. Universidad de Cádiz. España.*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica y Electrónica. Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Cádiz. España.*

*julio.terron@uca.es*

*En este artículo se presenta un estudio de las posibilidades de formación en la electrónica relacionada con la automatización. Se emplea una herramienta software SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para autómatas programables (PLC), que tiene conexión en tiempo real con los procesos en estudio, ya sea en el campo de la automatización, o de la electrónica en general. Se apuntan las ventajas educativas de la integración de conocimientos y relación de disciplinas, así como de la preparación de los alumnos en diversas herramientas de modelado y simulación.*

## 1. Introducción

En el área de automatización y regulación, conviven y se relacionan muchas disciplinas técnicas que son complementarias entre sí, como por ejemplo, el control y la regulación de procesos, neumática, hidráulica, electricidad, electrónica analógica y digital o programación de automatismos, ya sea en nemónico o ladder. Estas disciplinas incorporan multitud de funciones y sistemas electrónicos, recibiendo el alumno estos conocimientos, la mayoría de las veces, a través de un gran número de asignaturas, sin integrar y relacionar convenientemente.

Vamos a centrarnos en el hardware de varios elementos electrónicos, como pueden ser, por ejemplo, el PC, autómatas programables (PLC), tarjetas de adquisición de datos (SAD), circuitos lógicos o unidades especiales, tales como controladores PID o reguladores de velocidad. En cuanto a las funciones, destacamos, entre otras, en la temporización, el conteo de eventos, el filtrado y acondicionamiento de señales de sensores y actuadores, la protección de salidas y las funciones de regulación de temperatura, donde la electrónica tiene un papel preponderante y, que además, el alumno debe entender correctamente para diseñar, ajustar e instalar adecuadamente [1]. Al mismo tiempo, con el uso extendido de la informática industrial, muchas funciones y sistemas electrónicos pasan a ser programados por diferentes tipos de software, y soportados por muchas y diversas tecnologías; hecho que se ve magníficamente reflejado en el eslogan de la empresa National Instruments: “*el software es el instrumento*”.

Ante este panorama de conocimientos múltiples interrelacionados y de cambios tecnológicos continuos y, además, teniendo en cuenta las modernas teorías educativas de cara a la formación, nos podemos preguntar: ¿podemos seguir formando de forma tradicional?, ¿cómo aumentar el interés y la creatividad de los alumnos?, ¿cómo estudiar lo relevante y como hacer que relacionen lo aprendido en las diversas asignaturas?, ¿cómo enseñarles que un mismo problema puede tener muchos caminos y tecnologías para su solución?. En este trabajo, tratamos de aportar algunas modestas soluciones a estos interrogantes, empleando la herramienta SCADA del PLC para la generación de multimedia y simulación educativa de la electrónica [2].

## 2. Enfoques educativos considerados.

Desde el punto de vista educativo, tratamos de incorporar en nuestra labor docente y en la propuesta de este trabajo, las siguientes consideraciones [2,3]:

- ✓ Una persona experta es la que tiene el conocimiento integrado y relacionado. Es sólo entonces, cuando éste conocimiento permanece en su memoria a largo plazo, y por tanto, no lo olvida.
- ✓ Sólo éste *conocimiento organizado* se puede utilizar de forma experta en la vida.
- ✓ El actual mundo laboral, demanda aptitudes (conocimientos) y actitudes (inteligencia emocional). La motivación, la creatividad y el trabajo en grupo, favorecen actitudes de aprendizaje.
- ✓ Hay que aprender a aprender. Comprender es igual a descifrar, interpretar, captar, traducir, etc.
- ✓ La responsabilidad del aprendizaje recae en el propio individuo.
- ✓ Los paradigmas del aprendizaje más importantes en la actualidad son:
  - el aprendizaje constructivista (*el conocimiento se construye*).
  - el aprendizaje por descubrimiento (*solo se aprende lo que se hace*).
  - el aprendizaje cognitivo (*el cómo pensamos las cosas*).
  - el aprendizaje conectivista: (*el relacionar el conocimiento*).
  - el aprendizaje basado en casos y en problemas.
- ✓ Como cada vez hay más cosas que saber, se tiene que desarrollar la técnica de aprender lo relevante de un problema, de forma coordinada con las disciplinas que entran en juego. Por tanto, se impone el estudio de casos en grupos.
- ✓ El estudio mediante modelos y simulación, junto a la multimedia interactiva por ordenador, constituyen hoy en día una de las herramientas complementarias más importantes de estudio de sistemas. Es importante relacionar mediante mapas conceptuales cualitativos, los resultados de las experimentaciones.

## 3. Metodología

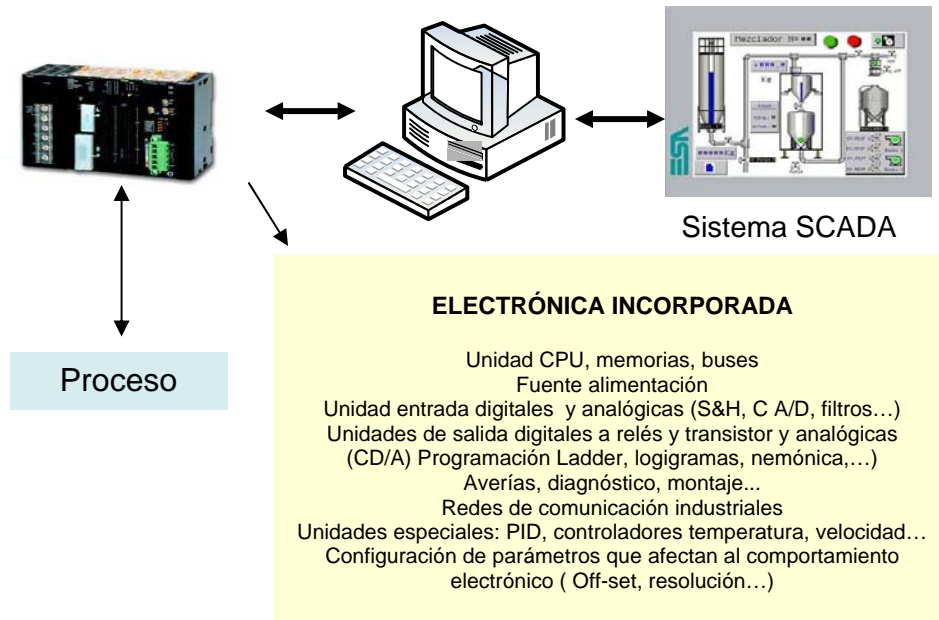
El punto de partida es el estudio, mediante un SCADA didáctico, del funcionamiento interno y de la programación de un PLC, interrelacionando todo con la electrónica digital y analógica [4].

En la actualidad, existen muchas posibilidades de aprendizaje en electrónica mediante modelado y simulación. Podemos citar los simuladores y entrenadores hardware, los modelos virtuales mediante por software (Spice, Orcad, Electronics Workbench, etc.), programación con software genérico adaptado (Simulink y Vissim) o programación de alto nivel (VHDL, ABEL, Visual C y Visual Basic,) con conexión a tarjetas de adquisición de datos y a circuitos reales, aplicaciones multimedia en Flash y Java, laboratorios virtuales en Internet, paquetes multimedia educativos, etc. [11].

Tenemos la opinión, que una aplicación educativa en tecnología ha de cumplir los siguientes requisitos: ser cognitiva, ser fácil de realizar, no necesitar de profundos conocimientos informáticos específicos, ha de tener habilidades multimedia como enlaces de navegación por la información, animación, sonido y voz, el funcionamiento ha de ser interactivo en la simulación y, finalmente, debe tener conexión con el mundo real, es decir que reciba señales y las entregue. Con estas condiciones, ninguna de las soluciones citadas anteriormente, reúne nuestros requisitos. [10]

Sin embargo, en el mundo de la automatización existe un sistema llamado SCADA, que es un software de generación de interfaces gráficas para el control de procesos reales industriales por autómatas programables (PLC) [4]. A través de gráficos, que reproducen la imagen real de la planta a controlar, el operador la gobierna a distancia mediante pulsadores virtuales en función de las señales reales del proceso cuyo estado queda representado en pantalla. Dispone de distintos editores para dibujar, programar comportamientos, gestionar alarmas, etc. En

la (Fig. 1) se ve cómo el proceso real envía y recibe señales reales al/del autómatas y éste a su vez es controlado a través de la pantalla de un PC por una interface hombre-máquina (HMI) programado por el sistema SCADA.

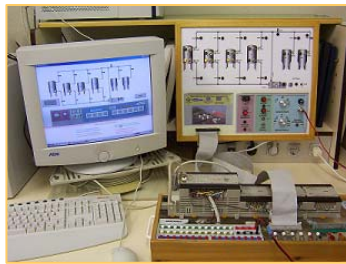


**Figura 1:** Control de procesos industriales mediante interface SCADA y PLC.

En la búsqueda de esta metodología educativa, surgió la siguiente idea recursiva: ¿Podría servir el sistema SCADA de generación de interfaces de control de procesos, para estudiar los propios procesos internos del PLC, tanto informáticos como electrónicos?. ¿Podría servir para estudiar cualquier circuito? No es de extrañar ésta realimentación en el mundo de la ciencia, ya que, recordando, las redes neuronales en informática aparecen al estudiar el comportamiento del cerebro y ellas mismas se usan a veces para explicar su funcionamiento. En principio nos parecía que pudiera ser útil ya que un SCADA ofrece las siguientes posibilidades

- ✓ a) biblioteca gráfica técnica y generación de gráficos propios realistas y ampliables.
- ✓ b) navegación multimedia.
- ✓ c) animaciones relacionadas con cambios en el mundo real.
- ✓ d) empleo de imágenes, sonidos y videos.
- ✓ e) comunicación con el mundo real, mediante entradas y salidas, digitales y/o analógicas.
- ✓ f) Programación inteligente de comportamientos de los objetos en lenguaje de alto nivel

Por todo ello, se ha propuesto un sistema educativo para la docencia de los autómatas programables y la electrónica implicada, basado la generación de distintas pantallas SCADA, que sirven de complemento a una serie de elementos creados en el propio laboratorio de “Sistemas Digitales y Control de Procesos por Ordenador” de la Facultad de Ciencias Náuticas de la Universidad de Cádiz [5,6]. Estos elementos son un PLC con entradas y salidas digitales y analógicas, que se conectan a una serie de interruptores, pulsadores, diodos led , relés y bocinas, todo incluido en un solo módulo (Fig. 2a) y varias maquetas de procesos reales (Fig. 2b), conectables a los módulos anteriores y gobernados por una interface virtual SCADA (Fig. 2c).



**Figura 2a.** Sistema propuesto

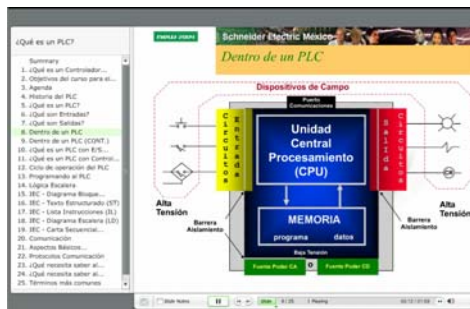


**Figura 2b.** Ejemplo de maqueta

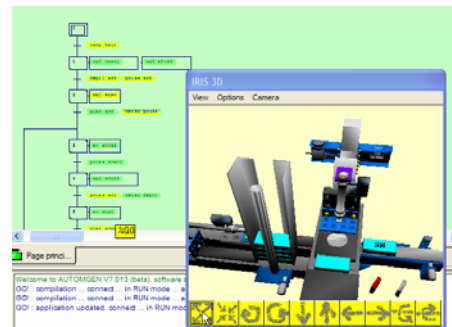


**Figura 2c.** Interface SCADA

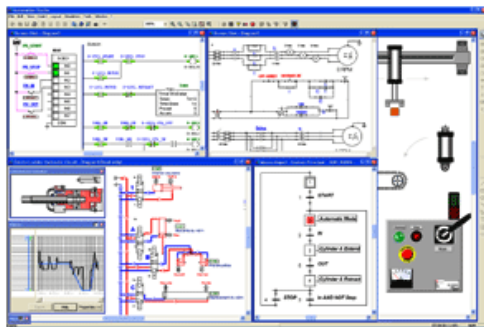
Para iniciar esta experiencia se investigó en Internet aplicaciones multimedia del entorno de la automatización ya realizadas por diversos autores, como el Curso de PLC de la casa Schneider [7] (Fig. 3a), el Software AutomGem [9] (Fig. 3b), el Software Automation Studio [8] (Fig. 3c), Programa educativo PLC Trainer [6] (Fig. 3d), para tomar ideas y ver sus posibilidades.



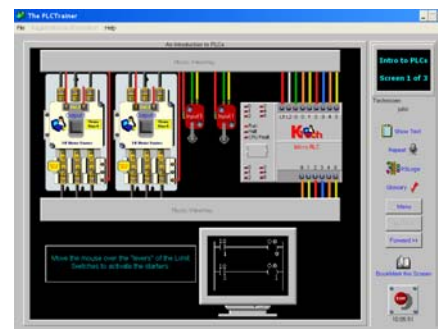
**Figura 3a.** Curso de PLC de la casa Schneider



**Figura 3b.** Software AutomGem



**Figura 3c.** Software Automation Studio



**Figura 3d.** Programa educativo PLC Trainer

Ninguna de las aplicaciones analizadas (aunque útiles) cubrían todos los objetivos propuestos a la vez, ya fuera porque no permitían dibujar elementos electrónicos en libertad, o no interactuaban con el mundo real, o si lo hacían eran demasiado específicos de la automatización. En base a lo anterior se decidió utilizar el sistema propuesto y descrito anteriormente y realizar las aplicaciones a medida en función de los conocimientos que se quieren transmitir. Centrándonos pues en la docencia de PLC y sus sistemas por SCADA, en este trabajo de investigación educativa se han propuesto tres caminos de estudio (verde, celeste y violeta) del sistema PLC, a partir de una pantalla general de presentación (Fig. 4a). Para conseguir la navegación en pantalla a través de ellos y la vuelta al menú principal se realizó la programación en GRAFCET (Fig. 4b), y se pasó a lenguaje de programación del PLC, que es el que lleva el control de todo cuanto sucede.

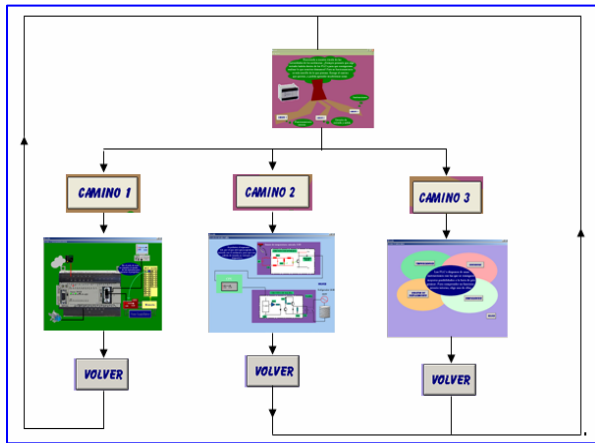


Figura 4a. Árbol de caminos educativos.

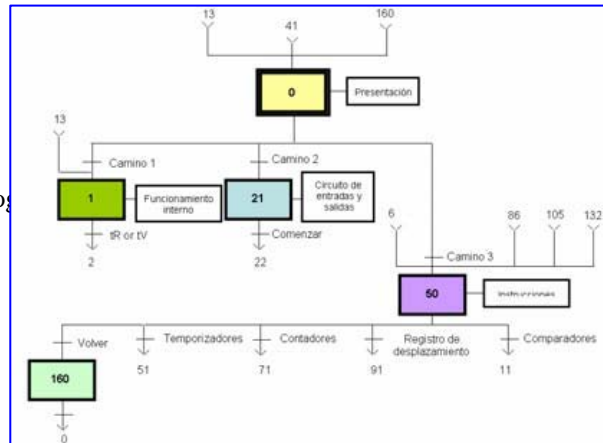


Figura 4b. Graficet inicial de base

Las tres lecciones propuestas son: el funcionamiento interno del PLC (verde), el circuito de entrada y salida de las señales (celeste) y el modo en que operan varias instrucciones (violeta).

La primera se centra en el modo en que la información fluye por las distintas partes internas del PLC, de forma que según el valor de las entradas y el programa cargado en su memoria, se activan unas salidas u otras (Fig. 5). Se estudian la estructura interna (CPU, memoria, entradas y salidas, conexión con el exterior mediante periféricos) y el ciclo de scan. Para ello, se emplean interruptores y luces virtuales, junto a voces descriptivas, tablas de la memoria del PLC y flechas que indican el flujo de la información. [1]

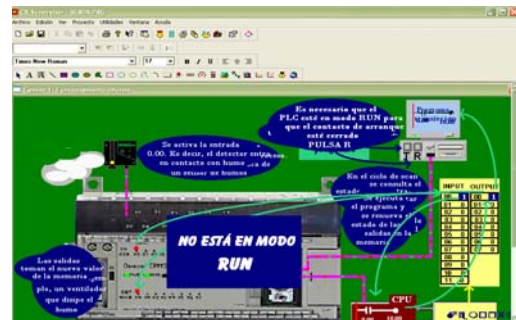
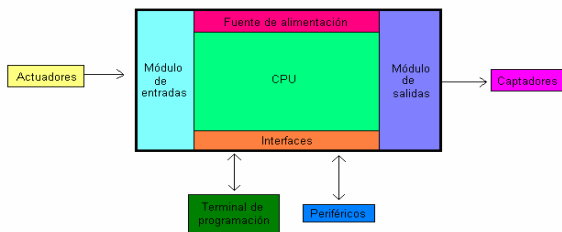
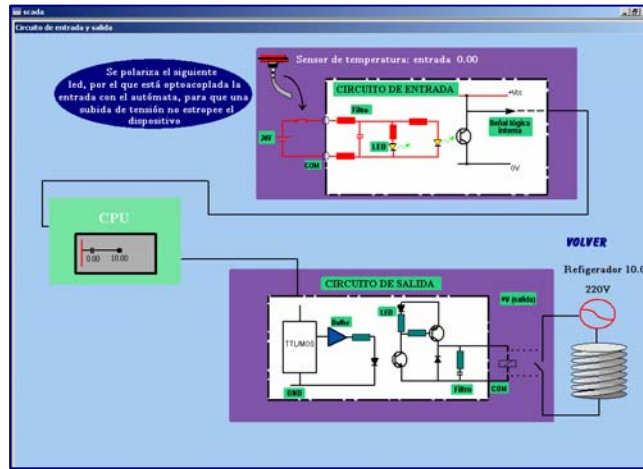


Figura 5. Imágenes del funcionamiento interno del PLC.

La segunda lección trata de circuito interno de las entradas y las salidas (Fig. 6). Es importante observar cómo se diseñan estos circuitos de forma que no se dañe el PLC ante sobrecargas, aislándolo de forma opto electrónica, y mediante filtros que amortiguan los altibajos. Se ha utilizado el ejemplo de un sensor de temperatura, que cuando se activa, indicando que una máquina se ha calentado demasiado, se pone en funcionamiento un refrigerador, para que baje la temperatura del mismo.

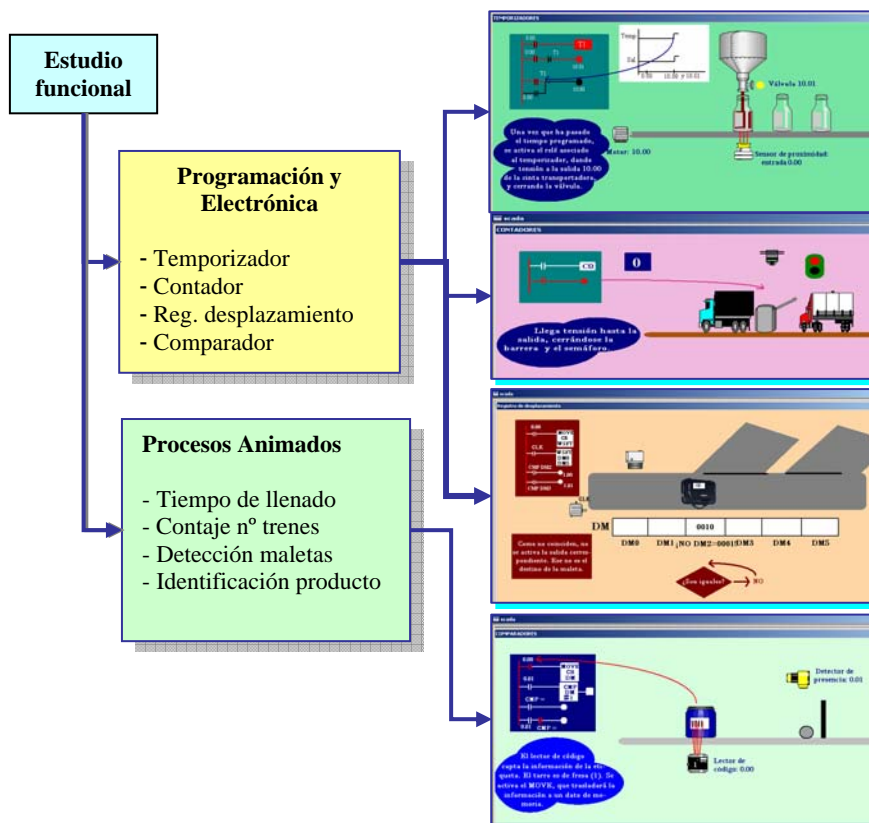
Finalmente, las instrucciones más utilizadas en la programación de PLC es el objetivo de la tercera lección (Fig. 7). Incluye los temporizadores, contadores, registros de desplazamiento y comparadores. Para su estudio, se emplean ejemplos de proceso, donde se puede ver la programación de la función, la evolución del proceso, sus señales y las explicaciones necesarias. Al temporizado, se le asocia el llenado de botellas junto a una cinta transportadora. El paso de camiones de tres en tres a través de una barrera se emplea para explicar el funcionamiento de los contadores. El registro de desplazamiento se explica con el ejemplo de la detección de maletas en una cinta transportadora,

mediante la lectura de una etiqueta. Finalmente, los comparadores tienen asociados el ejemplo de la distribución de botes de mermelada según su sabor en función de la lectura de una etiqueta. [1]



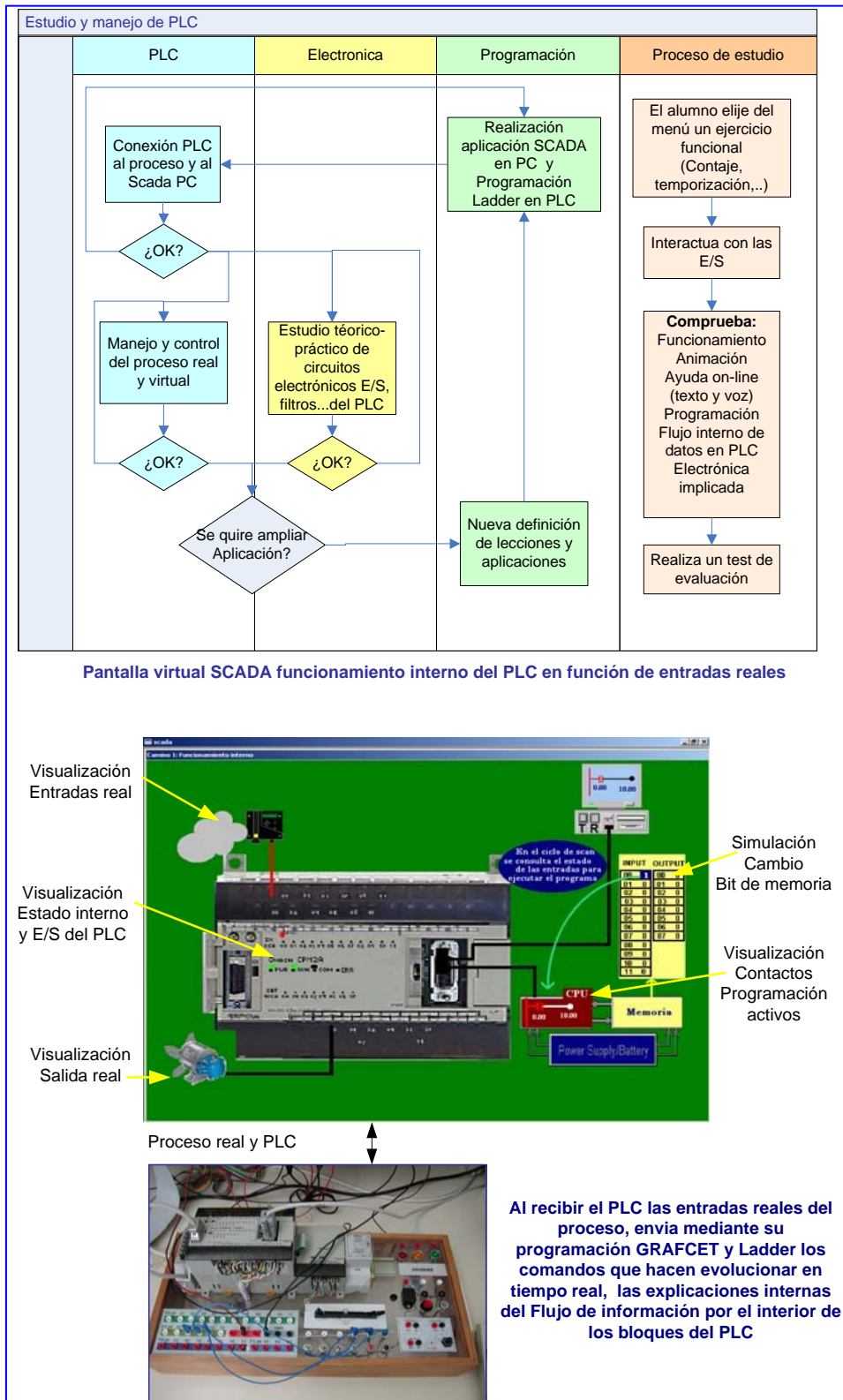
**Figura 6.** Explicación de los sistemas electrónicos de entrada y salida

El estudio funcional de un sistema es fundamental en la integración de conocimientos, porque son conocimientos base para construir sistemas mayores. (Fig. 7)



**Figura 7.** Ejemplos de procesos que programan e ilustran las funciones de automatización.

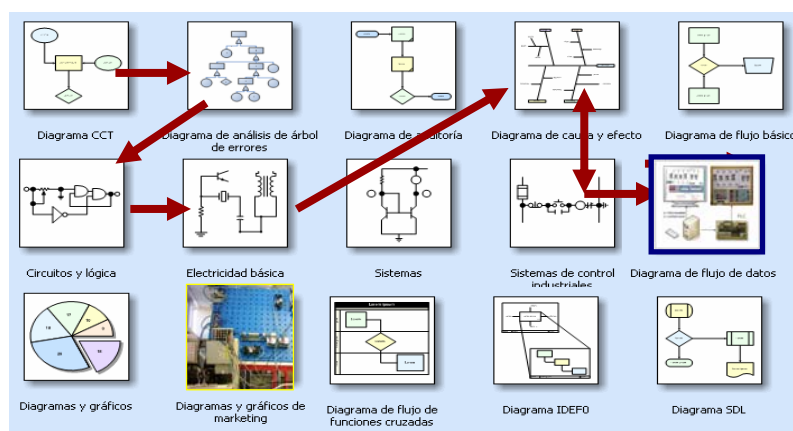
En la siguiente (Fig. 8) se muestra un esquema de las actividades realizadas en las áreas del PLC, la electrónica implicada, la programación y el proceso de estudio. Se muestra como ejemplo también las visualizaciones animadas de las E/S como respuesta al cambio de señales reales, el cambio



**Figura 8.** Posibilidades y estudios implicados en el sistema propuesto

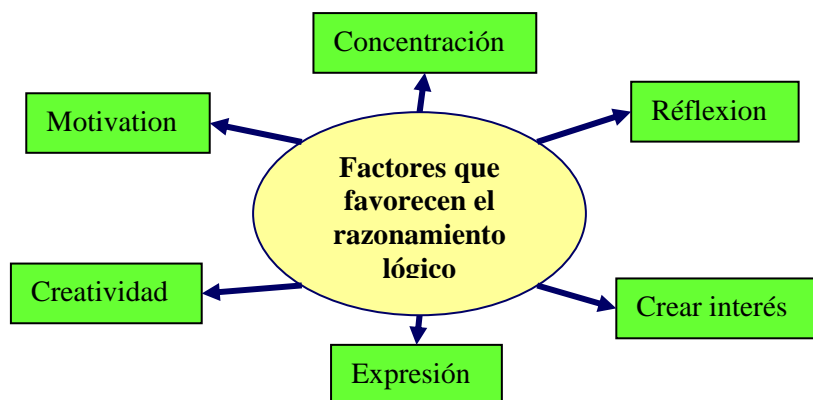
sucesivo de las posiciones de memoria interna, y su correspondiente cambio en los contactos ladder, así como las explicaciones oportunas de todo lo implicado. Cuando el alumno interactúa con el sistema, va dando señales externas al mismo, y éste reacciona guiándolo por los caminos de formación previstos. Los procesos están animados como en el mundo real y aparecen las explicaciones necesarias en el momento adecuado. El sistema es abierto y se le puede ir incorporando nuevas lecciones y aplicaciones. Aunque se ha aplicado al estudio del PLC, este sistema se puede extender a muchos sistemas electrónicos y circuitos de toda índole.

A la hora de proponer a los alumnos la realización de dichas aplicaciones, es fundamental consensuar entre todos los profesores implicados de las diferentes asignaturas de automatización, los trabajos en común y las necesidades de formación específicas. Al mismo tiempo debe definirse el guión (Fig. 9) (ayudado con programas como Microsoft Visio), los estilos, variables, biblioteca de imágenes, colores, itinerarios de estudio y crear grupos y asignarles tareas a cada uno de ellos.



**Figura 9.** Guión de la aplicación mediante herramienta Visio

Estas actividades de diseño multimedia donde el profesor motiva, dinamiza, coordina y que implican acciones creativas como el diseño de una interfase, él reflexionar el árbol de conocimientos implicados, la forma de programarlos y de presentarlos, el trabajo en grupos competitivos, etc. suponen unos procesos y situaciones de aprendizaje óptimas que son los que disparan el conocimiento y favorece que permanezcan en la memoria a largo plazo para un uso experto de los mismos. (Fig. 10).



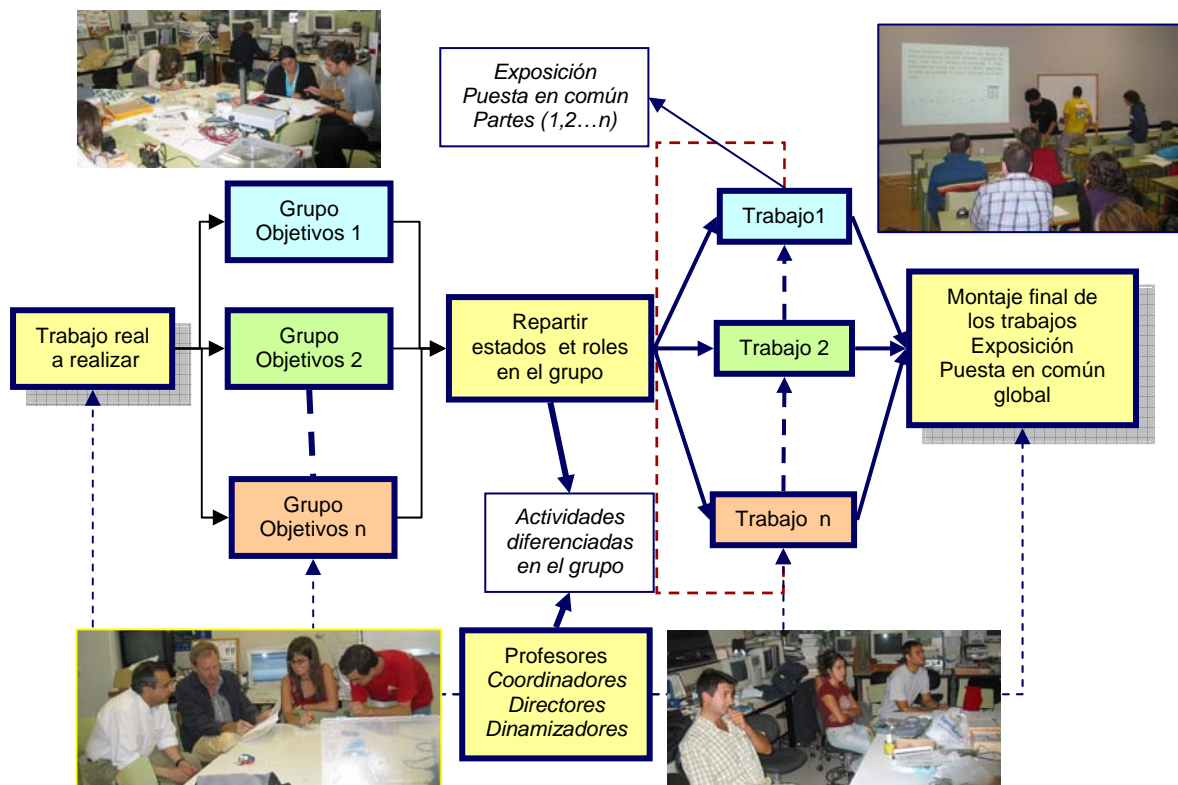
**Figura 10.** Factores del razonamiento lógico



Es importante motivar a los alumnos, para que ellos sean los agentes creativos de cada aplicación, para que vayan integrando los resultados en un todo común y que los profesores cambien un poco su rol y sepan definir los objetivos, consigan los medios, compartan resultados, dinamicen los grupos, en definitiva que sigan las directrices del EEES. En general, el valor es el propio proceso de crear la aplicación multimedia y no manejar los que otros han hecho de forma pasiva.

Los tipos de aprendizajes principales que se deben poner en marcha en clase son, los basados en casos y en el estudio de problemas, aparte de los ya citados como el constructivista, por descubrimiento, significativo, pero sobre todo integrar y relacionar los conocimientos de todas las disciplinas, para que el alumno entienda el por qué y el para qué sirve lo que se aprende y los diferentes caminos que existen para llegar a implementar un sistema.

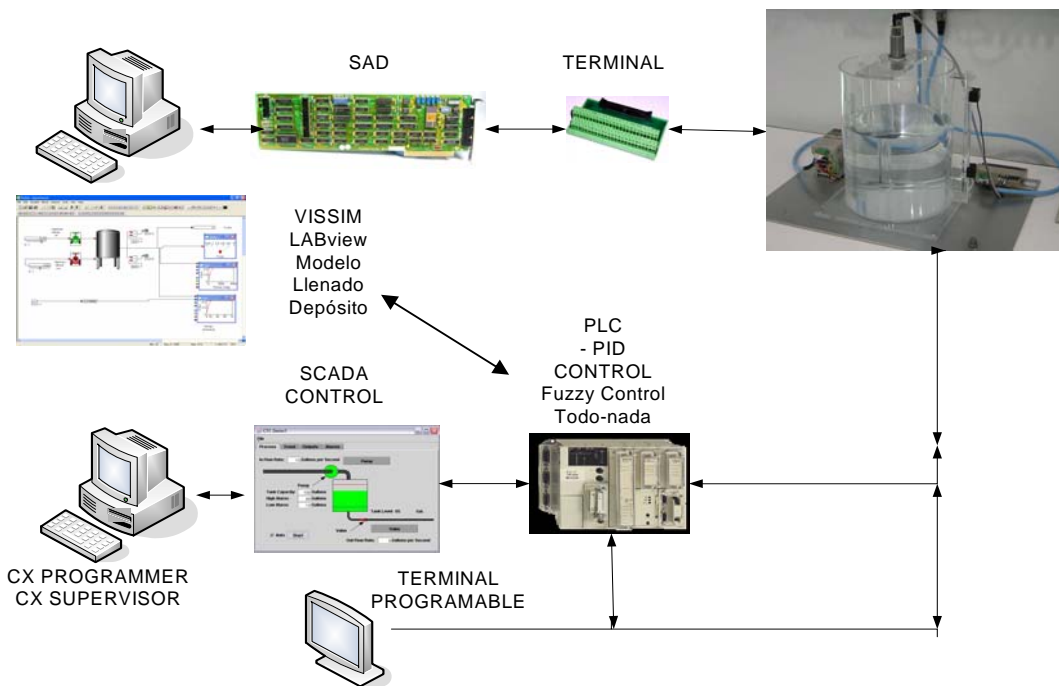
Después de la división del trabajo hay que ensamblar las aplicaciones parciales y el proceso se cierra con una puesta en común de los resultados y con una valoración de los conocimientos adquiridos. (Fig. 11).



**Figura 11.** Proceso general de trabajo por grupos

Finalmente, queremos indicar, que es interesante compartir e integrar todas las soluciones técnicas de las diferentes disciplinas en el estudio de los casos consensuados como por ejemplo del control de llenado de un tanque. En la (Fig. 12) se representa un ejemplo de algunas de las posibilidades de utilización relacional.

Los modelos virtuales Vissim, Simulink, Labview de llenado y vaciado del tanque a través de una tarjeta de adquisición de datos y una unidad terminal pueden comunicarse con una maqueta real de un depósito. Tanto el modelo matemático como el depósito pueden ser controlados por una programación en un PLC a través de la interface virtual SCADA objeto de nuestra aplicación, donde se explique y maneje todos los conocimientos necesarios. [5]



**Figura 12.** Posibilidades de integración de aplicaciones de control

De esta manera se puede relacionar lo aprendido en asignaturas como regulación, automatización industrial, informática industrial, sistemas industriales de control. Se usa por tanto, un determinado escenario o caso de estudio desde las máximas perspectivas posibles, y pensamos que esta dinámica centra e integra el conocimiento de los alumnos.

#### 4. Conclusiones

- En esta experiencia educativa se ha tratado de seguir las principales corrientes de aprendizaje y de generación de actuales actitudes en los alumnos de cara a la adaptación al EEES.
- El SCADA que se ha realizado, es una nueva forma de simular procesos sin correr riesgos de averías, explicando el propio autómatas desde el mismo autómatas. Se ha dado un enfoque diferente a los métodos de aprendizaje, demostrando que con software sencillo se puede generar material didáctico adaptado a las necesidades de las circunstancias.
- El estudio funcional facilita la comprensión de diferentes soluciones tecnológicas de un sistema.
- Se ha puesto en marcha el aprendizaje basado en casos y en problemas y la integración de conocimientos y resultados.
- Este sistema se emplea como ayuda a la formación al curso siguiente, cuyos alumnos continúan ampliando las prestaciones del sistema.
- Se ha tratado de fomentar la participación, el trabajo en grupo, la creatividad y que al mismo tiempo se genere material educativo. Por otro lado se familiarizan con la programación del PLC y en la generación de interfaces de control mediante SCADA.
- Son los propios alumnos del curso los que programan la aplicación, discuten y elijen los caminos, ejemplos e imágenes, a partir de los conocimientos teóricos recibidos en clase de automatización. Estamos plenamente de acuerdo con Marquès Graells [10] respecto al enfoque pedagógico actual y que hemos comprobado sus buenos resultados con nuestros alumnos.

*“El aprendizaje es un proceso activo en el que el sujeto tiene que realizar una serie de actividades para asimilar los contenidos informativos que recibe. Según repita, reproduzca o relacione los conocimientos, realizará un aprendizaje repetitivo, reproductivo o significativo.*

*Las actividades de los programas conviene que estén en consonancia con las tendencias pedagógicas actuales, para que su uso en las aulas y demás entornos educativos provoque un cambio metodológico en este sentido.*

*Por lo tanto, los programas evitarán la simple memorización y presentarán entornos heurísticos centrados en los estudiantes, que tengan en cuenta las teorías constructivistas y los principios del aprendizaje significativo, donde, además de comprender los contenidos, puedan investigar y buscar nuevas relaciones. Así, el estudiante se sentirá constructor de sus aprendizajes mediante la interacción con el entorno que le proporciona el programa (mediador) y a través de la reorganización de sus esquemas de conocimiento, ya que aprender significativamente supone modificar los propios esquemas de conocimiento, reestructurar, revisar, ampliar y enriquecer las estructuras cognitivas”.[10]*

## **Referencias**

- [1] E. Herrera, J. Terrón, C. Corrales. *Modelado y simulación del funcionamiento de un PLC*. Proyecto fin de carrera de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Cádiz (2006).
- [2] J. Terrón. *Técnicas de integración del conocimiento experto y la hipermedia*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz (1995).
- [3] J. Benítez, J. Terrón. *Consideraciones metodológicas de formación en informática técnica desde un enfoque cognitivo*. II Jornadas de Informática de Almuñecar (1996).
- [4] J. Terrón, C. Corrales, M. J. López, E. Romero, F. Verdulla. *Integración y mejora de conocimientos expertos en disciplinas de automatización y control mediante el estudio de casos industriales relacionados con el mundo empresarial*. Memoria final Proyecto Europa de innovación Educativa Universidad de Cádiz. (2004).
- [5] J. Terrón, C. Corrales, M. J. López, E. Romero, F. Verdulla. *Integración de modelos y experiencias en asignaturas de automatización y creación de material educativo teórico-práctico con participación activa del alumnado*. Memoria final Proyecto Europa de innovación Educativa Universidad de Cádiz. (2007).
- [6] Simulador PLC Trainer. The Business Industrial Network. <http://www.bin95.com> (2008)
- [7] Schneider Pagina web de entrenamiento en línea. <http://www.entrenamiento.schneider-electric.com.mx/index.php>. (2008)
- [8] Automation Studio. Software de automatización integrada. <http://www.automationstudio.com>
- [9] Automgen. Software de automatismos <http://www.aertia.com/productos.asp?pid=112> (2008)
- [10] P. Marquès Graells. *Características de un buen programa educativo multimedia* - UAB 2001 [www.distruidos.com.ar/recursos/documentos/descargable/CARAC\\_BUEN\\_PEM.pdf](http://www.distruidos.com.ar/recursos/documentos/descargable/CARAC_BUEN_PEM.pdf) (2008)
- [11] José Antonio Sánchez Castillo. *Todo electrónica*. <http://server-die.alc.upv.es/alumno/CASTILLO/CASTILLO.HTML> (2008)