

A HIGH-PERFORMANCE LINEAR ACTUATOR LABORATORY SET-UP AS AN EDUCATIVE TOOL IN CONTROL AND ELECTRONIC INSTRUMENTATION SUBJECTS

M. R. ARAHAL¹, S. TORAL², F. BARRERO²

¹Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática - Universidad de Sevilla. España.

²Dpto. de Ingeniería Electrónica - Universidad de Sevilla. España.

Learning systems based on student project oriented to the solution of real problems have proved to be efficient in the different educational levels. The use of electronic devices, as sensors and actuators, for automatic control is an important field in the electrical engineering curricula that involves many aspects. In particular, the interplay of automatic control issues within the enclosing application. The subject of automatic control is often presented to the student as a rather theoretical discipline. Novel laboratory applications have been proposed as a means to grasp the interest of students. This paper presents a high-performance linear actuator for positioning control experiments to be used in control and electronic instrumentation subjects. The laboratory set-up and the educative experiments are described with some detail showing its possibilities for different engineering courses.

1. Introduction

Automatic control is a field where electronic devices find widespread use. The applications of electronics range from sensors to actuators covering the whole feedback loop. The introductory control courses for electrical and electronic engineers often have a marked theoretical character that makes it appear far from real applications and subtracts interest from the student.

The use of laboratory experimentation is not new and many commercial as well as special purpose plants do exist in most universities. The recent trend is to incorporate remote operation capabilities in these laboratory set-ups to provide a more accessible means of experimentation as well to encapsulate the experiment in the well known and attractive (for the students) environment of internet browsers. There is a large wealth of remote laboratories available in the web and many more appear every year. Most of them, however, include simple plants (although with a rich potential for the control course) like water level control in deposits or temperature control in an air-blowing device.

Another trend is to provide the student the opportunity to interact with novel technologies such as the high-performance linear actuator that forms the core of the educative tool proposed in this paper. Motivation being an important ingredient for successful learning [1,2,3,4] the linear actuator provides a powerful visualization of what control means. Since students typically admit goal-oriented training, their motivation can be enhanced by the use of novel equipment and by organizing challenging activities. Both equipment and activities must be chosen adequately to balance the time spent in the laboratory with the expected benefits of the sessions.

Apart from the motivation considerations, the laboratory plant should help the student to grasp the fundamental concepts of automatic control and the part played by the electronic equipment and at the same time being able to illustrate the key features of state-of-the-art electronic applications for control.

This paper presents a high-performance linear actuator for positioning control experiments to be used in control and electronic instrumentation subjects.

2. The linear actuator

The linear actuator consists of a SIEMENS 1FN3 050-2W00-0AA linear motor with 550N of maximum force, mounted in a 3m long rack with a sensor grid capable of producing position measurements within a $+5 \mu\text{m}$ accuracy range. Figure 1 shows clockwise: A) a diagram of the laboratory set-up containing the linear actuator, a control panel and a PC. The control panel holds a SIEMENS SimoDrive 611 controller whereas the PC is capable of producing control signals using a DSpace card for high-performance digital control. B) a diagram of the LC181 Heidenhein's micro-positioning optical sensor system that the linear actuator uses to measure its position, C) a photograph of the linear actuator and D) a photograph of the control panel showing the SimoDrive controller.

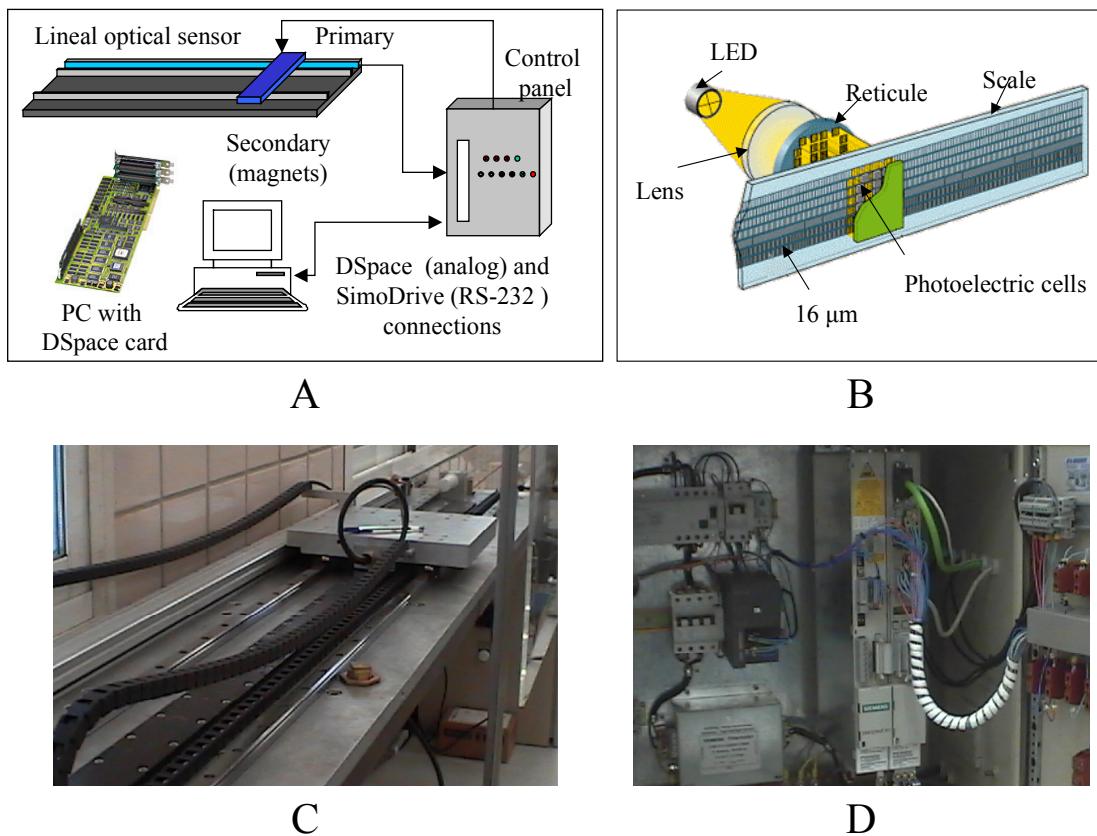


Figure 1. Diagrams and photographs of the linear actuator laboratory set-up.

The control, power electronics modules and electrical installation including protections are placed near the linear actuator in a rack as shown in Figure 1.D. In the front door the control module connections are accessible to facilitate the measurement of signals with an oscilloscope or with a PC analogue to digital connection.

The control experiments are more easily carried out using a graphics environment created for the DSpace card with Simulink RTI as shown in Figure 2.

The PC has a double use: in one hand and thanks to the SimoCom U software it is very easy to use the control module. The visualization of signals and desired positioning sequences are easy to perform. On the other hand, and using a A/D card it is possible to obtain/send signals coming from and going to the control module. In this way it is possible to perform digital control using any control scheme that the PC can compute.

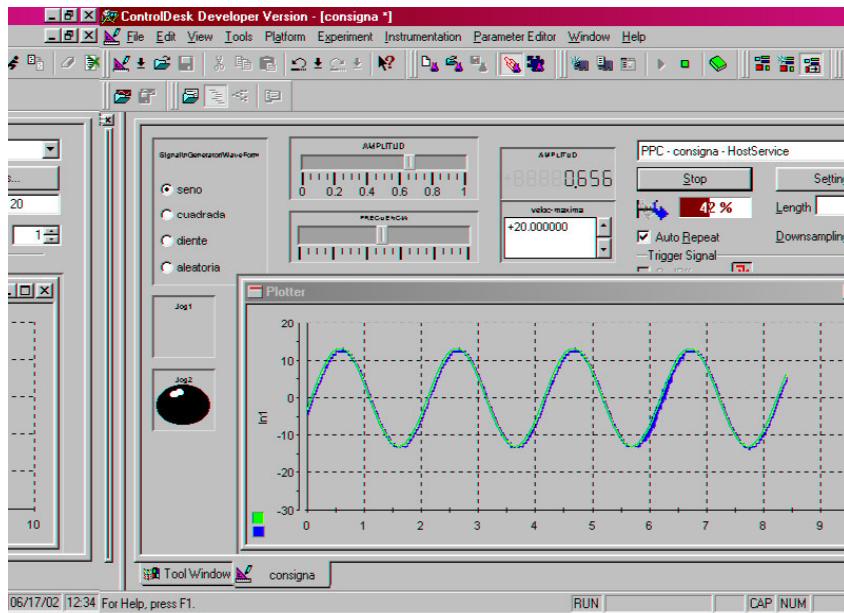


Figure 2. Screen capture of the DSpace environment to perform control experiments with the linear actuator

3. Laboratory experiences

The linear actuator allows to perform several educative activities at the laboratory. In the following a brief description of the ongoing experiences is given.

3.1 Sensor characterisation and calibration

The signal yielded by the position optical sensor can be accessed and used to characterise its properties: dead time, bandwidth, etc. It should be noted that most engineering trainees have a natural understanding of data acquisition. In many engineering domains people have a day-to-day contact with physical instruments (scopes, analysers, signal generators, etc.) or virtual ones (software based). However, most of the time, these instruments are used to collect a large amount of data that is then processed and analysed off-line. The focus is more on introducing the peculiarity of data acquisition in the context of real time control [5].

3.2 Position control

The aim is to introduce the student to the problem of position control using the included SIMODRIVE controller. The environment allows to change the control algorithm and parameters from one experiment to another.

The SimoDrive controller uses an internal speed control loop to provide position control as shown in Figure 3. In this diagram setpoint stands for the desired position or reference. The measured position is used to compute a reference signal that feeds the speed controller. The velocity or speed control is treated in the next subsection.

A typical position trajectory after a step in the reference is characterized by a dead time or pure delay followed by an underdamped transient. The comparison of the measured position after a step in the reference position with different control settings allows to verify the importance of each parameter for instance in a classical PID configuration.

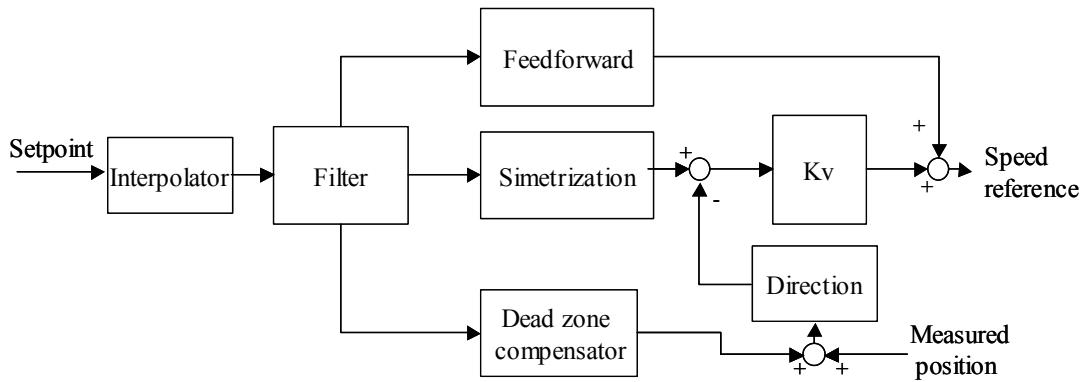


Figure 3. Operational block diagram of the control module for position control

3.3 Velocity control

In this case the task is to follow a pre-determined velocity profile. Again the influence of the control parameters can be easily checked experimentally. The absence of an integrator in the control loop with respect to the previous case can make the step response quite different (overdamped case) to the position control.

The block diagram of the control module for speed control is shown in Figure 4. The different components of a classic PID controller are present together with other elements such as limiters that act to protect the hardware during operation. In Figure 5 a SimoCom screen capture is shown illustrating the use of programmed velocity profiles in the experiments. It can be seen that various parameters can be defined such as maximum acceleration and deceleration, maximum speed and other.

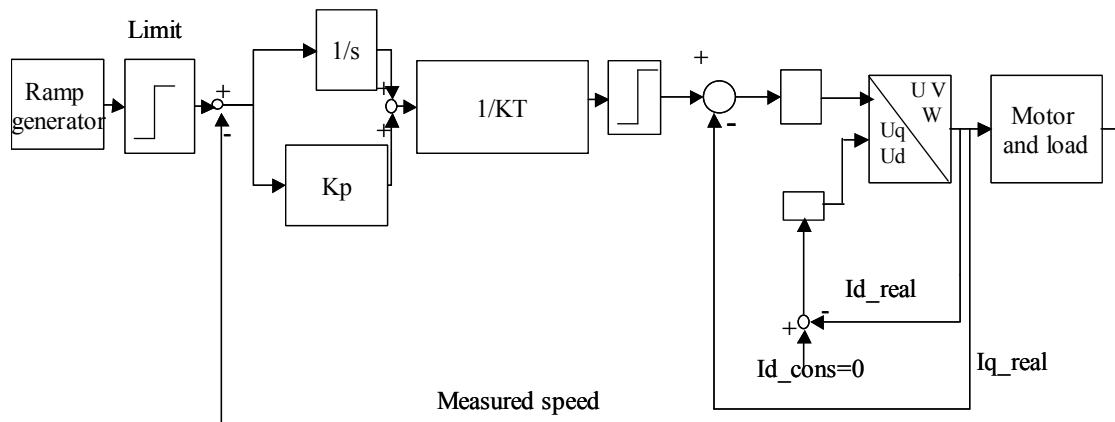


Figure 4. Operational block diagram of the control module for speed control

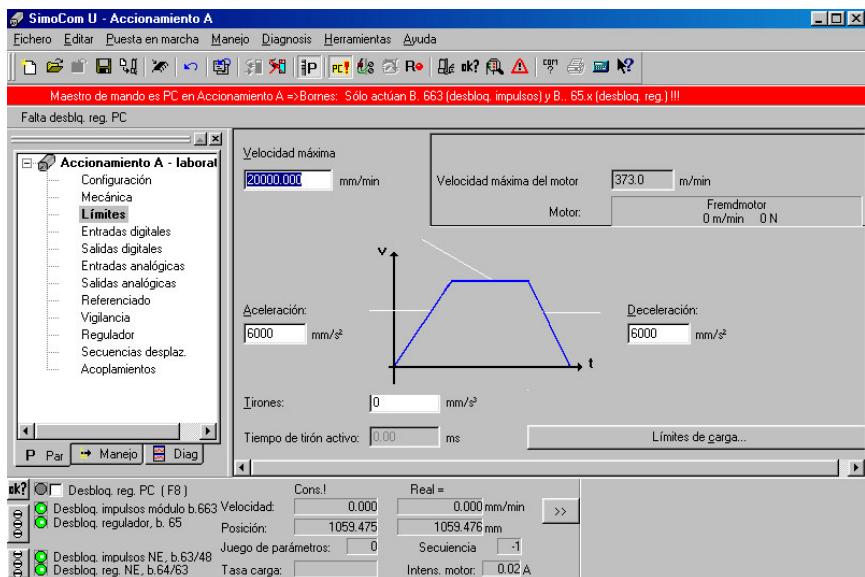


Figure 5. Screen capture of the SimoCom environment to perform speed control experiments with the linear actuator

3.4 Inverted pendulum

For these experiences An inverted pendulum is attached to the linear actuator. The angle of the pendulum is measured with a potentiometer. The aim of the control is now shifted to maintaining a zero angle (vertical upright position) and a position close to the center of the rack. The controller must cope with disturbances and with the intrinsic instability of the system. The disturbances can be provided in two ways: movements of the base of the pendulum that shift its position away from the desired one at the center of the rack, and movements of the pole produced externally (touching the pole with the hand is enough to tilt it).

The control scheme is in this case a bit more elaborate and must be implemented in the DSP using the linear actuator as a local controller to achieve a desired velocity calculated for instance using a state-space controller.

Figure 6 shows the experimental setup consisting on the linear actuator over with a pole is installed. The potentiometer is placed at the hinge of the pole producing a voltage proportional to the tilting angle. In the same figure the trajectories of the pendulum angle and position during a typical experiment are shown.



Figure 6. The linear actuator used as a base for the inverted pendulum (left) and a screen capture of the DSpace environment to perform control experiments using the linear actuator as a base for the inverted pendulum (right).

4. Conclusions

This paper presents a high-performance linear actuator for positioning control experiments to be used in control and electronic instrumentation subjects. The idea is to present an experiment based on an appealing and challenging system using state-of-the-art instrumentation technology, reinforcing the motivation of the students by exciting their curiosity and interest.

The laboratory set-up and the educative experiments have been shown with some detail putting emphasis in the capabilities for the pursued objectives. The proposed approach is currently implemented and its pedagogical value has been assessed with the cooperation of some final dissertation projects and doctorate courses activities.

Acknowledgment

The authors wish to express their gratitude to the Spanish Ministry of Science and Education for their partial support to the presentation of this work through the network of the Spanish Chapter of the Education Society of IEEE (TSI2005-24068-E).

References

- [1] N.S. Edward and E. Middleton *Activity-Based Student Induction, Motivation, Performance, and Professional Socialisation: A Case Study*. Int. Conf. on Engineering Education, Norway (2001).
- [2] Antsaklis, P., T. Basar, R. DeCarlo, N.H. McClamroch, M. Spong and S. Yurkovich. *Report on the NSF/CSS Workshop on New Directions in Control Engineering Education*. IEEE Control Systems Magazine, Vol. 19, No. 5, Oct. 1999, pp. 53 - 58 (1999).
- [3] Edward, N. S. and E. Middleton (2001). *Activity-Based Student Induction, Motivation, Performance, and Professional Socialisation: A Case Study*. Int. Conf. on Engineering Education, Norway. Felder, R.M. and L.K. Silverman (1988).
- [4] Felder, R.M. and L.K. Silverman *Learning and teaching styles in engineering education*. Journal of Engineering Education, 78(7), 674-681 (1988).
- [5] Swain, N.K., J.A. Anderson, A. Singh, M. Swain, M. Fulton, J. Garrett and O. *Remote data acquisition, control and analysis using LabVIEW front panel and real time engine*. Proceedings IEEE SoutheastCon, April 4-6, pp. 1-6 (2003).

INTEGRACIÓN DE SISTEMAS: DOCENCIA MULTIDISCIPLINAR

J. CEREZO, E. VEGA, C. BETANCOR, S. LEON y A. VEGA
Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática (DIEA)
Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada (IUMA)
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

La docencia en contenidos de Integración de Sistemas tiene implícita una complejidad derivada de la multitud de disciplinas en los que se fundamenta, además de la multiplicidad de equipos y sistemas que se estudian. La experiencia desarrollada en varios años de impartición de esta materia nos ha llevado a plantear una metodología basada fundamentalmente en las prácticas de laboratorio materializadas en un completo trabajo de fin de curso.

1. Introducción

El Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria está integrado actualmente por 45 profesores del área de conocimiento de Tecnología Electrónica y por 6 de Ingeniería de Sistemas y Automática, estando presente en un total de 13 titulaciones impartidas en cuatro centros: ETSI de Telecomunicación, ETSI Industriales, EUIT de Telecomunicación y EU Politécnica.

Dentro de este amplio abanico, en varias titulaciones nos encontramos con una asignatura de carácter optativo en la que se deben impartir contenidos relacionados con Integración de Sistemas Electrónicos. Esta asignatura adopta distintas denominaciones dependiendo de la titulación: ‘Sistemas de Supervisión y Control Datos’ en la titulación de Ingeniero en Electrónica, ‘Integración de Equipos’ en la titulación de Ingeniero de Telecomunicación y ‘Diseño de Sistemas de Supervisión y Control de Procesos Industriales’ en las titulaciones de Ingeniero Industrial especialidad Electrónica Industrial y Automática, Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial e Ingeniero Químico [1,2,3].

En todos los casos se imparte en el laboratorio específico que aparece en la figura 1, denominado “Laboratorio de Integración de Equipos”.



Figura 1. Laboratorio de Integración de Equipos

Estas asignaturas están obligadas por su contenido a tratar temas de *Integración de Sistemas: Programación, PLC, SCADA, Sistemas Electrónicos, Protocolos de Comunicaciones y Adquisición de Datos*. La diversidad de disciplinas agrupadas implica cierta complejidad a la hora de plantear los objetivos y la metodología docente a utilizar.

De la experiencia acumulada tras varios años de docencia, se propone como metodología docente la realización de una única práctica global integradora. Un trabajo que demuestre el dominio de todos los temas del programa planteándolo como proyecto completo con estructura perfectamente definida: aplicación SCADA, drivers de comunicaciones, sistema de control con PLC y módulos remotos de adquisición. De tal forma, que el alumno debe plantearla como un trabajo de integración que incluya diferentes diseños y desarrollos individuales, utilizando medios y equipos vigentes actualmente en el mercado, semejantes a los que se podrá encontrar durante el ejercicio de su actividad profesional.

Para poder aplicar esta metodología es preciso que el alumno disponga de un puesto de prácticas dotado de los recursos hardware y software específicos, que además deben adaptarse a las nuevas tendencias y a la evolución tecnológica de los sistemas que se pretende integrar.

En este sentido, el laboratorio ha ido invirtiendo, a lo largo de varios años, para disponer en la actualidad de seis puestos con el siguiente equipamiento (figura 2) compartido por todas las asignaturas mencionadas: equipos de instrumentación básica (osciloscopio, generador y fuente de alimentación); PC con tarjetas de adquisición PCL de Advantech; conjunto de dos autómatas programables Telemecanique y S200 de Siemens; y conjunto de módulos de adquisición remotos con entradas y salidas analógicas y digitales (NuDam ND-6530, ND-6520, ND-6017, ND-6024, ND-6050). En cuanto al software, dispone de: herramientas de desarrollo SCADA como es Intouch de la firma Wonderware, de compiladores para desarrollo de aplicaciones (Visual Basic, Visual .Net), MATLAB, drivers de comunicaciones y diversas herramientas de administración correspondientes de las tarjetas y dispositivos instalados.



Figura 2. Equipamiento de cada puesto del Laboratorio de Integración de Equipos

Además de las asignaturas englobadas en la hipotética ‘*Integración de Sistemas*’, el laboratorio es utilizado por otras, en muchos casos de cursos inferiores, que profundizan en elementos concretos como son los microprocesadores, autómatas programables, etc. Aportan los conocimientos previos necesarios para poder tratar más adelante un curso de integración de equipos y se benefician del equipamiento logrado para el laboratorio.

En la Tabla 1 se relacionan todas las asignaturas que utilizan el Laboratorio de Integración de Equipos.

| Asignatura | Titulación | Horas de Laboratorio |
|--|--|----------------------|
| Calculadoras | Ing. Industrial | 8 |
| Microprocesadores de Aplicación Industrial | Ing. Automática y Electrónica Industrial | 30 |
| Técnicas de Control | Ing. Telecomunicación | 30 |
| Sistemas Electrónicos de Control Continuo | Ing. Técnico de Telecomunicación | 30 |
| Sistemas Electrónicos de Control Discreto | Ing. Técnico de Telecomunicación | 30 |
| Autómatas programables | Ing. Electrónica | 15 |
| Sensores y actuadores | Ing. Técnico de Telecomunicación | 15 |
| Integración de Equipos | Ing. Telecomunicación | 15 |
| Integración de Equipos para comunicaciones | Ing. Telecomunicación | 30 |
| Sistemas Electrónicos | Ing. Telecomunicación | 30 |
| Sistemas de Supervisión y Control de Datos | Ing. Electrónico | 15 |
| Diseño de Sistemas de Supervisión y Control de Procesos Industriales | Ing. Industrial | 30 |
| Diseño de Sistemas de Supervisión y Control de Procesos Industriales | Ing. Automática y Electrónica Industrial | 30 |
| Diseño de Sistemas de Supervisión y Control de Procesos Industriales | Ing. Químico | 30 |

Tabla 1. Asignaturas que utilizan el Laboratorio de Integración de Equipos

2. Integración de Sistemas

Los alumnos que reciben la docencia en estas asignaturas, tienen un perfil con unos conocimientos previos importantes y destacados en materias de distintas disciplinas: *programación estructurada, sistemas microprocesadores, transmisión digital y autómatas programables*.

Sin embargo, en la mayoría de los casos carecen de una visión global de conjunto y de las características que se requieren de cada uno de los componentes para componer el sistema de supervisión y control. O les falta el enfoque hacia las aplicaciones reales en las que, por ejemplo, a la hora de definir la frecuencia de registro de un sistema de adquisición de datos no se tiene en cuenta el rango de variabilidad de la magnitud medida

Después de varios años de docencia y de contacto con empresas del sector con las que, en algunos casos, se ha participado en la ejecución de proyectos, nos planteamos unos contenidos muy asociados con temas actuales: *sistemas SCADA, comunicaciones industriales, protocolos de comunicaciones y medios de comunicación*.

Dentro de los *Sistemas SCADA* se presentan las bases y características de los elementos que lo componen: estación principal, estaciones remotas y medios de comunicación; además, se estudia el desarrollo de *aplicaciones SCADA* con una herramienta específica. Se tiene en cuenta el entorno Windows, los *drivers* de comunicaciones y los métodos de comunicación entre procesos: *DDE* y *OPC* [4]. En este tema, se hace énfasis en la funcionalidad de los administradores de dispositivos como

Kepware [5]. En las *comunicaciones industriales* se comentan los *buses de campo*, las *redes de dispositivos*, las *redes de autómatas* y los *sistemas distribuidos*.

En cuanto a equipos electrónicos, se estudian diferentes alternativas con sistemas basados en microprocesador, arquitecturas del PC, tarjetas de adquisición de datos, módulos de adquisición de datos distribuidos, diferentes conversores de protocolo y radio-módems.

3. Metodología docente

La metodología que se sigue en la actualidad se basa en la exposición de los temas en clases magistrales y el desarrollo de los mismos en la realización de prácticas en el laboratorio. El planteamiento de las prácticas se enfocó inicialmente hacia prácticas individuales con contenidos excluyentes, es decir, pequeños objetivos independientes que eliminaban materia.

Sin embargo, la experiencia nos ha indicado el cambio hacia una práctica integradora, es decir, un único trabajo que demuestre el dominio de todos los temas, planteándolo como proyecto completo con estructura perfectamente definida: aplicación SCADA, drivers de comunicaciones, sistema de control con PLC y módulos remotos de adquisición. La figura 3 representa los módulos en los que se subdivide el proyecto de integración.

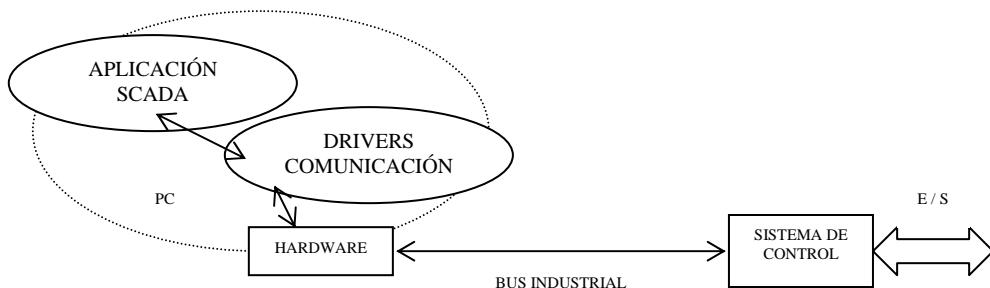


Figura 3. Módulos del Proyecto

Dependiendo de la titulación en la cual se desarrollen los contenidos (Ing. Industriales, Ing. de Telecomunicación, Ing. en Electrónica, Ing. En Automática y Electrónica Industrial o Ing. Químicos) se ponderan las cargas equivalentes de trabajo en cada parte del proyecto para que estén en consonancia con los objetivos globales de cada titulación.

En la Tabla 2 se relacionan las asignaturas que se podrían encuadrar dentro de la hipotética '*Integración de Sistemas*' con detalle de la titulación a la que pertenecen, del número de créditos asignados y observaciones acerca de la orientación de la asignatura.

Para todos los casos, se le pide al alumno el desarrollo de una aplicación SCADA a partir de unas especificaciones iniciales. Esto implica un desglose en diferentes actividades que incluyen:

- Descripción de la misión principal del SCADA.
- Definir la Estructura de la aplicación (ventana de presentación, ventana principal, ventana de informes, ventana de alarmas/eventos, ventana de históricos de evolución de parámetros singulares y ventana de estado de comunicaciones).
- Diseñar el contenido detallado y navegación entre las ventanas y subventanas (elementos visuales y acciones permitidas en función de privilegios de usuarios).
- Generación de informes, base de datos con listado de variables internas y externas (significado, unidades, relaciones).
- Establecer el enlace con drivers de comunicación.

- Programar el detalle de Scripts de control en tiempo de ejecución.

Por otro lado, el enlace con los elementos de control – ya sea red de PLC y/o red de módulos de adquisición remota – se realiza mediante los drivers de comunicaciones de Windows que establecen comunicación vía DDE u OPC.

| Asignatura | Titulación | Créditos | | | Observaciones |
|---|--|----------|-----------|-------|---|
| | | Teoría | Prácticas | Total | |
| Integración de Equipos | Ing. Telecomunicación | 3 | 1,5 | 4,5 | Se potencia el desarrollo del medio de comunicac. |
| Sist. de Superv. y Control de Datos | Ing. Electrónico | 3 | 1,5 | 4,5 | Se potencia el desarrollo del medio de comunicac. |
| Diseño de Sist.de Superv.y Control de Procesos Ind. | Ing. Industrial | 4,5 | 3 | 7,5 | Mayor exigencia, comunicaciones y PLCs |
| Diseño de Sist.de Superv.y Control de Procesos Ind. | Ing. Automática y Electrónica Industrial | 3 | 3 | 6 | Se potencia el conocimiento de PLCs |
| Diseño de Sist.de Superv.y Control de Procesos Ind. | Ing. Químico | 3 | 3 | 6 | Se potencia el conocimiento de PLCs |

Tabla 2. Asignaturas de '*Integración de Sistemas*'

A los estudiantes que disponen de más horas para esta asignatura – titulación de Ingeniería Industrial – y a los que los objetivos globales de la titulación tienen una mayor orientación hacia las comunicaciones – titulaciones de Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Telecomunicaciones – se les exige el desarrollo del driver DDE con los módulos NUDAM en Visual Basic. Esto implica el estudio del protocolo de comunicaciones vía serie asíncrono junto con la implantación con conversores RS-232/RS-485. Todos deben realizar las siguientes actividades:

- Establecer la relación de Entradas y salidas (significado físico y magnitudes).
- Relación de módulos de adquisición remota necesarios.
- Mapeado de E/S en módulos remotos.
- Frecuencia de muestreo de datos.
- Configuración e interconexión de la red de módulos remotos.
- Generación y atención de tramas de comunicaciones serie (desarrollo del driver de comunicaciones, sólo los alumnos de ing. Electrónica).
- Configuración del driver de comunicaciones.

Por último, se implementa el elemento de control del sistema con el autómata programable. El alumno debe programar el PLC para que atienda a las entradas y salidas del proceso bajo control –en este punto hay que hacer notar que los requerimientos son mayores para los alumnos de la titulación de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial – insistiendo en las siguientes tareas:

- Establecer la relación de Entradas y salidas (significado físico y magnitudes).
- Detalle del diagrama de estados que implementa el PLC con condiciones de cambio y acciones para cada estado.
- Programación del autómata.
- Mapeado de las E/S en el driver de comunicaciones. Configuración del driver.

El alumno concentra su esfuerzo en la realización del proyecto-trabajo en donde hace uso de múltiples recursos simultáneamente, lo que implica una dedicación importante pero como contrapartida, tiene mayor motivación por superar la meta marcada.

En la evaluación de los trabajos se tiene en cuenta los siguientes puntos:

- Implementación de la misión global del sistema de supervisión desarrollado a partir de las especificaciones.
- Comprobación de la correcta funcionalidad de cada uno de los módulos.
- Defensa de la estrategia elegida en el detalle de las implementaciones.
- Documentación entregada del detalle del proyecto.
- Autoevaluación y evaluación cruzada entre grupos de alumnos.

4. Ejemplo de Trabajo de Curso

Un ejemplo de los trabajos de curso que realizan los alumnos en estas asignaturas es el diseño de un sistema de supervisión y control de un túnel. Los temas los proponen los alumnos buscando aplicaciones reales y “clientes” potenciales para sus diseños.

Las señales que el alumno propuso controlar fueron:

Entradas analógicas:

- Concentración de CO₂ en el túnel.
- Nivel de iluminación en el interior.

Entradas digitales:

- Estado encendido/apagado de tres tramos de luces.
- Detectores de incendio.
- Estado del sistema de extinción de incendios.
- Apertura salidas emergencia.
- Marcha/paro ventiladores.

Salida analógica:

- Control de velocidad de los ventiladores.

Salidas digitales:

- Encendido/apagado de tres tramos de luces.
- Activación extinción incendio.
- Letreros de marcha/paro en cada carril.

Desde la pantalla de presentación, se accede a la de control de usuarios, el alumno definió dos, un administrador y un operador. El primero con capacidad para simular señales y poder realizar depuraciones en la aplicación.

A partir de ahí se accede a la pantalla principal o de presentación del estado de todas las entradas. El operador podrá decidir que el sistema trabaje en modo manual o automático. En modo automático, las salidas analógicas y digitales se activarán en función del estado de las entradas dependiendo de las consignas que haya configurado el operador. En modo manual el operador podrá forzar la activación de cualquier salida (siempre con ventana de confirmación y en algunos casos con enclavamientos que impidan por ejemplo, encender las luces en caso de incendio).

Se generaron alarmas y eventos asociados a las entradas analógicas y a alguna digital, con posibilidad de configurar durante la ejecución los umbrales así como de realizar reconocimientos.

Estas alarmas y eventos quedaban registradas cronológicamente en un listado con distintos colores dependiendo de la prioridad y con indicación del operador que estaba registrado en el sistema.

En otra pantalla se representaban las gráficas de históricos de evolución de los parámetros del sistema y se daba al usuario la posibilidad de generar informes detallados de las variables deseadas en los intervalos y con la frecuencia requerida y con estadísticos básicos de media, máximo y mínimo durante el período seleccionado.

En este caso, al tratarse de un alumno de ingeniería electrónica, el alumno desarrolló el driver de comunicaciones que habilitaba el enlace DDE entre la aplicación SCADA y los módulos NuDam de adquisición.

Otros ejemplos de trabajos presentados durante este curso fueron los sistemas de supervisión y control de un invernadero, una planta desaladora de agua de mar o un parking.

5. Conclusiones

Se ha presentado un planteamiento de docencia en asignaturas de contenido de Integración de Sistemas enfocado a diferentes titulaciones de ingeniería.

El planteamiento que se realiza es eminentemente práctico y se encuentra concentrado en un trabajo integrador propuesto como proyecto. Como resultado se logra que los alumnos asimilen con mayor firmeza los conceptos. La experiencia nos demuestra que la motivación del alumno es superior para alcanzar la meta marcada, al definir proyecto tipo real con equipamiento real, frente a prácticas con grandes componentes de simulación.

Evidentemente, el esfuerzo a realizar por parte del alumno es mayor. Por esto, el número medio de alumnos presentados disminuye, sin embargo, la nota media de los presentados es notablemente superior. Todo esto se ha podido afrontar gracias a la adquisición de recursos de desarrollo, tanto hardware como software, por parte del laboratorio.

Referencias

- [1] www.diea.ulpgc.es
- [2] www.etsit.ulpgc.es
- [3] www.etsii.ulpgc.es
- [4] www.opc.com/opccom
- [5] www.kepware.com