

**MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA
VICERRECTORADO DE INNOVACIÓN Y CALIDAD DOCENTE
CURSO ACADÉMICO 2012-2013**

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

INTRODUCCIÓN PRÁCTICA A LA TECNOLOGÍA DE CONTROL EN BUCLE CERRADO.

2. Código del Proyecto

125018

3. Resumen del Proyecto

Una de las quejas más comunes, por parte del alumnado, es la no realización de prácticas que los acerquen a la realidad y que en cambio se opte por programas de simulación con los cuales no llegan a afianzar los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de las asignaturas impartidas. Lo que se pretende en esta propuesta es intentar aunar ambas opciones en asignaturas en las que se hacía un uso excesivo del ordenador o en las que no se realizaban prácticas y se optaba por la realización de casos prácticos o en colmarlos de contenidos teóricos. Para ello se hará uso del material adquirido por el Departamento de Ingeniería Eléctrica relativo al curso multimedia *UniTrain-I* de tecnología de control automático, el cual constituye una introducción a dicha área, realizada a partir de numerosos experimentos y animaciones. Los alumnos/as se familiarizan con los componentes y los diferentes bucles cerrados de control, con sus comportamientos típicos. Todos estos experimentos y proyectos de los que se compone el curso se pueden realizar en distintas asignaturas de las que los solicitantes son responsables. De esta manera, dependiendo del curso y de la asignatura se sacarán guiones de prácticas para realizar en las horas correspondientes los cuales ayuden al alumnado a afianzar mejor los contenidos teóricos y por ende los acercarán mucho más a la realidad.

4. Coordinador/es del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente
Juan Manuel Díaz Cabrera	Ingeniería Eléctrica	139

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Tipo de Personal
Francisco José Casares de La Torre	Ingeniería Eléctrica	139	PDI
Francisco Hinojosa Romero	Ingeniería Eléctrica	139	PDI
José Cristóbal Ramírez Faz	Ingeniería Eléctrica	139	PDI
Remedios M ^a Robles González	Ingeniería Eléctrica	139	PDI
Manuel Somosierra López	Ingeniería Eléctrica	139	PDI
Álvaro David Domínguez López	Ingeniería Eléctrica	--	PAS

6. Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de conocimiento	Titulación/es
Regulación Automática	Ingeniería Eléctrica	Grado de Ingeniería Eléctrica
Instalaciones Eléctricas y Automatismos	Ingeniería Eléctrica	Ingeniero Agrónomo
Ingeniería de las Instalaciones Eléctricas Industriales y Automatismos	Ingeniería Eléctrica	Ingeniero Agrónomo
Tecnología y Automatización en Ingeniería Ambiental	Ingeniería Eléctrica	Ingeniero Agrónomo
Tecnología y Automatización en Ingeniería Ambiental	Ingeniería Eléctrica	Ingeniero Montes
Ingeniería de las Instalaciones Eléctricas y Automatismos en las Industrias Forestales	Ingeniería Eléctrica	Ingeniero Montes

1. Introducción.

En primer lugar, justificamos el planteamiento de este Proyecto de Innovación Docente debido a que se considera fundamental la necesidad de implantar un tipo de enseñanza práctica para complementar los conceptos teóricos explicados en clase, en cada una de las materias implicadas en el presente proyecto. Éstas presentan un carácter puramente técnico, y como tales se encuentran sometidas a cambios continuamente.

Estos cambios tienen su origen, principalmente, en el rápido desarrollo de las áreas implicadas y, como no, en los nuevos métodos de enseñanza. En este último aspecto se incluye el objetivo fundamental de la implementación de este proyecto, la enseñanza orientada a la práctica.

La condición para poder ir a la par de estos cambios es que la enseñanza teórica esté asociada a ejercicios prácticos en el laboratorio. Por lo tanto, consideramos que es primordial el *entrenamiento técnico de las mismas*.

Es significativo el dato de que el ser humano alcanza la tasa máxima de retención llevando a la práctica lo aprendido. Además, la asimilación de los nuevos conceptos aprendidos de esta forma, resulta mucho más fácil. Este aspecto es fundamental en las asignaturas afectadas, puesto que la cantidad de nueva información, para el alumnado, es muy elevada en las mismas. Uno de los factores importantes que contribuyen a que la tasa de memoria retentiva sea tan alta para los ensayos llevados a la práctica es el método de trabajo frecuentemente utilizado: de ensayo y error.

Por otro lado, la formación y el perfeccionamiento profesional son condiciones esenciales para obtener mano de obra cualificada. Por ello, la industria exige de las instituciones de enseñanza que éstas preparen a los aprendices para su trabajo en la industria de tal manera que los tiempos de iniciación sean lo más corto posibles. Para poder cumplir con este requisito, la enseñanza teórica debe complementarse con ejercicios prácticos. Estos deben llevarse a cabo con instrumentos que puedan transmitir directamente experiencias. Este tipo de experiencias se basan en instrumentos reales existentes en la industria y no en simulaciones. De esta manera se asegura que para la medición y búsqueda de errores se utilicen instrumentos de medición, ensayo y diagnóstico existentes en el mercado.

Por lo tanto, aprovechando el material del que se dispone en el Departamento, y que posteriormente describiremos, hemos realizado una serie de montajes prácticos, relacionados directamente con la teoría explicada en clase, que nos han servido para afianzar muchos conceptos teóricos, que por ser novedosos o desconocidos por el alumnado les han permitido comprenderlos y afianzarlos en menor tiempo. Todos los montajes tienen cabida en todas las asignaturas involucradas en el proyecto, y viceversa. Durante los cursos académicos posteriores se utilizará dicha experiencia en las asignaturas impartidas en los Grados.

2. Objetivos.

Los *objetivos principales* del proyecto docente educativo son los siguientes:

- Acercar al alumnado a la realidad con una serie de montajes prácticos que les permitan afianzar los conceptos teóricos explicados en clase.
- Estudiar de forma autodidacta a través de experimentos fáciles el comportamiento estático y dinámico tanto de los elementos de los sistemas de control como de los sistemas de control de bucle cerrado.

Una vez realizados los montajes prácticos, los *objetivos generales* que se han alcanzado en el alumnado participante en esta experiencia son los siguientes:

- Conocer el principio de funcionamiento de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.
- Identificar los bloques básicos de la tecnología de control en función de su respuesta temporal.
- Estudiar la configuración y funcionamiento de los controladores convencionales continuos y discontinuos, en especial del controlador PID.
- Analizar la estructura de un sistema de control en lazo cerrado, evaluar la respuesta a la variable de referencia y la respuesta a las perturbaciones.
- Diseñar de un controlador PID empleando un control automático de ajuste en el rango del tiempo.
- Analizar y sintetizar un sistema de control en el rango de la frecuencia.

Y los *objetivos específicos* para los profesores participantes:

- Potenciar la coordinación de la enseñanza implicada en la propuesta del proyecto.
- Establecer el marco idóneo de colaboración entre el profesorado.

3. Descripción de la experiencia.

Nuestra época es llamada generalmente "*la era de la automatización*". Esto se debe a la forma creciente en que se transfieren las funciones de mando, control y monitorización a las máquinas, y sobre todo, en la actualidad, a los equipos asistidos por ordenadores. La tecnología de automatización está basada fundamentalmente en la tecnología de control en lazo abierto y en lazo cerrado. Aunque, en relación con su finalidad, ambos campos son casi idénticos, se los puede diferenciar con claridad debido a los principios de funcionamiento que emplean para alcanzar sus objetivos. El control en lazo o bucle cerrado se vale de complejos y modernos principios tecnológicos, recurriendo a su vez a un gran empleo de recursos en el diseño y en la realización técnica de los equipos.

La finalidad del control en bucle cerrado consiste, por lo general, en ajustar una determinada variable (en la mayoría de los casos la variable de salida de un proceso técnico), comparándola con una variable de referencia. Las variables que se controlan (variables controladas), deben variar, en lo posible, en función de los cambios de la variable de referencia (buena respuesta a la variable de referencia), así como también ser, en lo posible, inmunes a la influencia de las perturbaciones (buena respuesta contra perturbaciones). Con respecto a la respuesta a la variable de referencia, se diferencia entre valor de referencia fijo y valor de referencia variable.

Para poder llegar a nuestros objetivos finales, hemos usado la tarjeta *UniTrain Sistema controlado de temperatura, velocidad de giro y luminosidad*, la cual, contiene tres sistemas típicos de control automático. Además, estos tipos de sistemas controlados presentan diferentes características, de manera que al combinarse con las tarjetas insertables '*Controlador PID*' y '*Controlador de dos posiciones/de tres posiciones*' se pueden montar y analizar, de manera cercana a la práctica, diversos circuitos de control en bucle cerrado.

El sistema *UniTrain* se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Es un sistema de experimentación y entrenamiento, de alto rendimiento, para la formación y el aprendizaje, asistidos por PC.
- Integra unidades de aprendizaje cognitivas, y que comprometen el sentido táctil, dentro de un concepto global que vincula la teoría con la práctica, y que conduce así a un entorno de estudio altamente efectivo y eficiente.
- Se trata de un sistema modular abierto.
- La interfaz de medición provee las entradas y salidas analógicas y digitales de medición y control, las cuales, al combinarse con una gran cantidad de *Instrumentos Virtuales (IV)*, proporcionan instrumentos de medición de gran precisión, lo cual, en el laboratorio convencional, sólo es realizable empleando un gran número de equipos individuales.
- El software *LabSoft* es la plataforma de experimentación abierta que permite el acceso a todos los medios del sistema *UniTrain*, y que ha sido concebida para la ejecución y documentación de experimentos.
- Ofrece numerosos programas de control y procesamiento de datos de medición.
- Este sistema se encuentra completamente integrado en el entorno *Windows* permitiendo así un intercambio de datos fácil con otros programas. Las interfaces de estos sistemas permiten la conexión a la interfaz *RS232* de un PC.
- Los sistemas de enseñanza son modulares. Así se garantiza que el usuario pueda ampliar el laboratorio en caso de avances técnicos futuros. El diseño modular además garantiza un montaje personalizado del laboratorio, de acuerdo a las necesidades individuales y al plan de enseñanza.
- En el aspecto de la seguridad, este sistema cumple con otros requisitos distintos a los que presentan los instrumentos utilizados en la industria. Mientras que en la industria se da por sobreentendido que el usuario conoce los instrumentos, los usuarios de este tipo de sistemas de enseñanza tienen que aprender a usarlos. Por lo tanto, dichos sistemas de enseñanza han sido

concebidos para ofrecer la mejor protección posible, tanto a los usuarios como a los instrumentos. Todos los instrumentos han sido diseñados y manufacturados en concordancia con normas y reglamentos pertinentes.

Para la concepción y optimización de un circuito de control se requieren amplios conocimientos acerca del comportamiento estático y dinámico del sistema de control. Esta información es muy importante, ya que sólo con ella el especialista podrá escoger el controlador indicado para un determinado sistema de control y configurarlo de manera óptima en la práctica profesional.

El objetivo principal de esta serie de ensayos es la determinación de los valores nominales de los elementos de los circuitos de control y sus posibles combinaciones. Igualmente se estudian la estructura y optimización de circuitos de control de bucle cerrado.

El software *Labsoft "Sistemas de control"* actúa de plataforma experimental para el estudio de los sistemas de control y ofrece, además de instrucciones claras de experimentación en formato HTML, cómodas herramientas para el estudio de los elementos y de los circuitos, entre las que cuentan la elaboración de trazados de la respuesta escalón y de la respuesta de frecuencia.

A continuación, y después de ofrecer las virtudes del sistema que hemos utilizado para poder llegar a alcanzar nuestros objetivos, pasamos a describir los montajes que hemos realizado con una breve descripción de los mismos. A saber,

- ✓ Control de temperatura de una sauna.
- ✓ Control de velocidad de giro de un accionamiento eléctrico.
- ✓ Control de la intensidad de iluminación de una sala de conferencias.
- ✓ Control de nivel y de caudal de un sistema de depósito de fluidos.

Los objetivos principales de esta serie de ensayos son:

- Analizar sistemas de control reales.
- Seleccionar un controlador adecuado.
- Optimizar el circuito de bucle cerrado.
- Realizar observaciones y optimizaciones dentro del rango de frecuencia.

Contenido de los ensayos:

- Conocimiento de los principios activos de los controles en bucle abierto y cerrado.
- Conocimiento de la estructura y el funcionamiento de los controladores continuos.
- Regulación de temperatura de una sauna por medio del controlador de dos posiciones.
- Registro de la característica del sistema controlado.
- Análisis de la respuesta a las perturbaciones del bucle cerrado de temperatura.
- Análisis basado en mediciones técnicas del bucle cerrado con controlador continuo.
- Montaje del control automático de velocidad de un accionamiento eléctrico con controlador continuo.
- Análisis experimental de la respuesta de regulación de diferentes controladores continuos.
- Parametrización y optimización del bucle cerrado de control.
- Montaje de un bucle cerrado para control de iluminación ambiente.
- Análisis de la respuesta a las variables de referencia y perturbación del bucle cerrado de control.

- Medición de la respuesta en el tiempo del bucle cerrado de control Registro de las respuestas a un escalón.
- Análisis en el bucle cerrado de control.
- Montaje de un control automático de nivel y de caudal: regulación del nivel de un depósito de fluidos integrado a un sistema.
- Comparación entre la respuesta de regulación del controlador de dos posiciones y el controlador PI.
- Montaje de un bucle cerrado que combine el control del nivel y el del caudal.



Figura. Cursos multimedia *UniTrain-I* de tecnología de control automático.

4. Materiales y métodos.

Como ya hemos comentado anteriormente, hemos empleado para la implementación de la experiencia el sistema *Unitrain*, así como la utilización de los manuales de ensayo de los que dispone el sistema empleado. Cada manual contiene varios ensayos y cada ensayo se divide en tres partes, que son:

- Introducción con explicaciones generales e instrucciones de seguridad.
- Manual del alumno con ejercicios para copiar y distribuir a los estudiantes.
- Manual del instructor con soluciones a las prácticas de los alumnos con los resultados correctos.

La metodología empleada ha consistido en:

- ✓ En cada práctica planteada durante el curso hemos realizado grupos de alumnos/as para la elaboración de los proyectos planteados previamente, en dicha práctica hemos aplicado los conceptos expuestos en las clases teóricas de la asignatura.

- ✓ Los alumnos tuvieron que entregar una memoria que, al menos, contenía los siguientes apartados: Título, Objetivos, explicación de los montajes desarrollados indicando la relación con la parte de la asignatura correspondiente, elementos utilizados, y conclusiones, así como las posibles mejoras que el alumnado crea que pueden tener dichos montajes.
- ✓ La duración de la explicación y montaje de los sistemas planteados ha sido aproximadamente de 6 horas.

5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso.

Los cursos multimedia *UniTrain-I* de tecnología de control automático han constituido una introducción a dicha área, realizada a partir de numerosos experimentos y animaciones.

Los alumnos del curso se han familiarizado con los componentes y los diferentes bucles cerrados de control, con sus comportamientos típicos. En muchos experimentos se han analizado sistemas controlados, se han determinado respuestas a un escalón y se han optimizado bucles cerrados de control. Por medio de experimentos reales, se han podido entrenar en el manejo de importantes herramientas auxiliares, tales como el diagrama de *Bode* y las curvas polares de *Nyquist*.

Puesto que es un material perteneciente al Departamento, se puede disponer del mismo en cualquier momento que se desee. No se ha tenido que elaborar ningún material adicional aunque si se han introducido modificaciones en los manuales de los que dispone el curso, ya que éste permite hacer cambios en su contenido.

6. Utilidad.

La experiencia nos ha servido, principalmente, para evitar una de las quejas más comunes, por parte del alumnado, que es la no realización de prácticas que los acerquen a la realidad y que se abuse en demasía del contenido teórico en determinadas asignaturas.

Por otro lado, hemos aunado ambas opciones en asignaturas en las que se hacía un uso excesivo del ordenador o en las que no se realizaban prácticas y se optaba por la realización de casos prácticos o en colmarlos de contenidos teóricos.

Además, hemos permitido al alumnado estudiar de forma autodidacta a través de los experimentos planteados.

Este tipo de curso es útil para todo el alumnado perteneciente a las titulaciones relacionadas con la Ingeniería o aquéllos en los que en su plan de estudios aparezcan los sistemas de control como parte del temario.

7. Observaciones y comentarios.

No se solicitó financiación económica para la realización del Proyecto de Innovación Docente propuesto. Se disponía en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del material necesario para la realización del mismo.

8. Bibliografía.

- Andrés Puente, E. Regulación Automática I. ETS Ing. Industriales. U. P. Madrid 1993.
- Aracil Santonja, R. / Albertos Pérez, P. Problemas de Regulación Automática. ETS Ing. Industriales. U. P. Madrid 1993.
- Dorf, R.C. Sistemas Modernos de Control. Teoría y práctica. Addison Wesley Iberoamericana 1989.
- Fraile Mora, J. / García Gutiérrez, P. Curso de Ingeniería de Control. E.T.S. Ing. Caminos U. P. Madrid 1987.
- Kuo, Benjamin C. Sistemas de Control Automático. Prentice Hall 1996.
- Ogata, Katsuhico Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall 1993.
- Gómez Campomanes, J. Análisis y diseño de los sistemas de control. Editorial Júcar.
- Math Works Inc. Matlab. Edición estudiante. Prentice Hall 1996. Math Works Inc.
- Simulink. La edición de estudiante. Software de simulación de sistemas dinámicos. Prentice Hall 1999.
- Ogata, Katsuhico Problemas de Ingeniería de Control utilizando Matlab. Prentice Hall 1999.
- Shahian, B. / Hassul, M. Control System Design using Matlab. Prentice Hall 1993.
- Dorf, Richard C. Sistemas modernos de control. Addison-Wesley Iberoamericana, 1989.

Córdoba, a 27 de Septiembre de 2013.