

La instrumentación virtual en la enseñanza de la Ingeniería Electrónica

Rafael Chacón Rugeles

Carrera de Ingeniería Electrónica / Universidad del Táchira (UNET-Venezuela) / rafael_chacon_itde@emfanet.com

Aceptado: Febrero de 2002

Este trabajo se inicia con una revisión del concepto de instrumentación virtual, de su historia, de las características de los instrumentos virtuales y de la programación gráfica. Luego se analizan las implicaciones didácticas que tiene la incorporación de la instrumentación virtual en la enseñanza de la ingeniería y se hace referencia a algunas experiencias, tanto en el ámbito internacional como nacional. Posteriormente, se presenta la situación de la instrumentación virtual en la Carrera de Ingeniería Electrónica de la UNET.

I. El concepto de instrumentación virtual

La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía National Instruments (2001). En el año de 1983, Truchard y Kodosky, de National Instruments, decidieron enfrentar el problema de crear un software que permitiera utilizar la computadora personal (PC) como un instrumento para realizar mediciones. Tres años fueron necesarios para crear la primera versión del software que permitió, de una manera gráfica y sencilla, diseñar un instrumento en la PC. De esta manera surge el concepto de instrumento virtual (IV), definido como, "un instrumento que no es real, se ejecuta en una computadora y tiene sus funciones definidas por software." (National Instruments, 2001). A este software le dieron el nombre de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*, más comúnmente conocido por las siglas LabVIEW. A partir del concepto de instrumento virtual, se define la instrumentación virtual como un sistema de medi-

ción, análisis y control de señales físicas con un PC por medio de instrumentos virtuales. LabVIEW, el primer software empleado para diseñar instrumentos en la PC, es un software que emplea una metodología de programación gráfica, a diferencia de los lenguajes de programación tradicionales. Su código no se realiza mediante secuencias de texto, sino en forma gráfica, similar a un diagrama de flujo.

Clark, Cockrum, Ibrahim y Smith (1994), señalan que LaBVIEW es un lenguaje de programación gráfica, que se ejecuta a velocidades



Resumen

En este artículo, el autor realiza algunas precisiones acerca de las implicaciones educativas que puede tener el desarrollo de la computación en la enseñanza de la ingeniería electrónica, especialmente de la instrumentación virtual, e informa acerca de la incorporación de ésta en la Carrera de Ingeniería Electrónica, en la Universidad del Táchira (UNET, Venezuela). El trabajo se estructura en los siguientes apartados: el concepto de instrumentación virtual, la instrumentación virtual como herramienta para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería, y la instrumentación virtual en la Carrera de Ingeniería Electrónica. Se concluye destacando que la incorporación de la instrumentación virtual en el plan de estudios ha permitido elevar la calidad de la formación de los futuros egresados.

Palabras clave: enseñanza de la ingeniería, instrumentación virtual, laboratorios virtuales LabView.

comparables con programas compilados en C; igualmente mencionan que un instrumento virtual es un módulo de software, realizado gráficamente para que parezca un instrumento físico; tiene un panel frontal que sirve como interface interactiva para entradas y salidas, un diagrama de bloque que determina la funcionalidad del IV. Resaltan estos autores, como característica muy importante del LabVIEW que, por ser conceptualmente simple, los estudiantes se pueden concentrar en el contenido básico del experimento, no perdiendo tiempo en actividades menos importantes, como la recolección de datos.

Un instrumento tradicional, señala House (1995), se caracteriza por realizar una o varias funciones específicas que no pueden ser modificadas. Un IV es una combinación de elementos de hardware y software usados en una PC, que cumple las mismas funciones que un instrumento tradicional. A diferencia de un instrumento convencional, un IV es altamente flexible y puede ser diseñado por el usuario de acuerdo con sus necesidades y sus funciones pueden ser cambiadas a voluntad modificando el programa. Estas características de los instrumentos virtuales

los convierten en una herramienta didáctica muy importante para aplicarse en el aprendizaje de los estudiantes de las ciencias naturales y de ingeniería.

En Venezuela conocemos de varias experiencias de aplicación de la instrumentación virtual para la enseñanza de la ingeniería: en la Universidad Simón Bolívar (Mora, 2000) la utilizan en sus Laboratorios de Electrónica; en la Universidad de Los Andes existe también una línea de investigación en instrumentación virtual y hay una página web dentro del sitio web de National Instruments (Calderón, 2000). Igualmente, en universidades como la Universidad Nueva Esparta y la Universidad Central de Venezuela, entre otras, se ha venido incorporando de manera progresiva la instrumentación virtual como uno de los contenidos del plan de estudios de las carreras de ingeniería.

II. La instrumentación virtual como herramienta para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería

La vinculación de la educación con la tecnología ha ampliado las oportunidades para transformar y mejorar los procesos enseñanza y aprendizaje. En la enseñanza de la ingeniería, especialmente en el área de laboratorios, el problema de la rapidez del cambio tecnológico adquiere especial relevancia y se refiere a los siguientes: ¿cómo suministrar a los estudiantes experiencias significativas, actualizadas con recursos limitados? El alto costo de los equipos sigue siendo una limitación, especialmente en los países subdesarrollados. Una solución a este problema es emplear en los laboratorios técnicas de enseñanza y aprendizaje basadas en computadoras personales, en los cuales se reemplacen equipos convencionales por computadoras, instrumentos virtuales y sistemas de adquisición de datos, que permitan a los estudiantes hacer adquisición, procesamiento y control de señales físicas en tiempo real a costos menores. Adicionalmente, los experimentos diseñados bajo este esquema pueden estar disponibles no sólo localmente sino a distancia a través de Internet.



Abstract

VIRTUAL INSTRUMENTATION OF TEACHING IN ELECTRONIC ENGINEERING

In this paper, Chacón states some specific concepts about educational implications that computurized development of the learning of Electronic Engineering can have. He refers specifically to Virtual Instrumentation and finally he reports on the incorporation of it in the study plan design of the career of Electronic Engineering at UNET, Venezuela. The paper has a triple aspect report: it develops the concept of Virtual Instrumentation, it works on the tool in order to improve the teaching-Learning process of Engineering and it elaborates on Virtual Instrumentation into the study plan which has allowed him to improve the quality of the training of future graduates.

Key words: Teaching of Engineering, Virtual Instrumentation, Lab-View Virtual Laboratories.

Desde el punto de vista pedagógico, la utilización de la instrumentación virtual, al igual que los otros sistemas de aprendizaje asistidos por computadora, se apoyan en las teorías contemporáneas del aprendizaje y en los múltiples métodos de enseñanza que de ellos se derivan. Ertugrul (2000, p. 5) afirma que, de acuerdo a las experiencias de enseñanza-aprendizaje que se tienen actualmente en tecnología usando computadoras, éstas se clasifican en cuatro grupos: entrenamiento basado en computadoras, aprendizaje asistido por computadoras, instrucción asistida por computadoras y experimentación asistida por computadora. Schär y Krueger (2000) definen el aprendizaje asistido por computadora como, "diferentes formas de métodos de enseñanza por computadora en los cuales el estudiante tiene a la computadora como un profesor virtual" (p. 40).

Aunque la instrumentación virtual, por su mismo concepto, se aplica al diseño de laboratorios soportados en computadoras, desde el punto de vista de aplicaciones de software se desarrollan programas para simular procesos o experimentos, en los cuales el estudiante se encuentra en contacto solo con una computadora en un proceso de aprendizaje. Schär y Krueger (2000) mencionan igualmente que la simulación interactiva puede demostrar las situaciones que ocurren en el mundo real; es una herramienta flexible, y desde el punto de vista pedagógico, apoya la concepción del aprendizaje constructivista por cuanto está centrada en el alumno como sujeto de su propio aprendizaje, y por lo tanto protagonista de su propia construcción. Señalan también que tal método coloca la iniciativa y el control en las manos de los estudiantes. Coincidiendo con esta propuesta, Johanson, Gäfvert y Åström (1998) por un lado, y Wittenmark, Haglund y Johanson (1998) por otro, han desarrollado módulos de enseñanza en el campo de la teoría de los sistemas de control y el control de procesos por computadora respectivamente, utilizando varios softwares, entre ellos *Matriz X* y *Matlab*. Los autores han afirmado que estos módulos permiten a los estudiantes estudiar los distintos aspectos de un tema de la teoría de control o del control de procesos por computadora. El estudiante selecciona el tema usando el ratón, e

«La vinculación de la educación con las nuevas tecnologías ha ampliado notablemente las oportunidades para transformar y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje».

inmediatamente puede ver el comportamiento del sistema de control. Consideran que estos módulos tienen un alto valor pedagógico, que constituyen un complemento de los libros y de los laboratorios. La opinión del 88% de los estudiantes que tomaron el curso a finales de 1997, fue que estas herramientas de simulación eran un buen complemento de la enseñanza convencional.

Definitivamente, las mejores posibilidades para aprovechar las ventajas que ofrece la instrumentación virtual se encuentran en la implementación de laboratorios. Como se ha señalado, ella permite la realización de sistemas de medición basados en la PC, que hacen posible a los ingenieros, profesores, investigadores y estudiantes resolver problemas de ingeniería o de las ciencias naturales. Así como una hoja de cálculo le permite a un administrador solucionar problemas de administración, la instrumentación virtual es también una solución a los problemas de costos y obsolescencia de los equipos en los laboratorios. Reemplazar los instrumentos tradicionales por instrumentos virtuales que se ejecutan en computadoras, permite que las funciones de los mismos vayan a la par del desarrollo de las nuevas tecnologías de las computadoras, cuyos costos siguen una tendencia decreciente.

Los laboratorios son un elemento clave en la formación integral y actualizada de un ingeniero. No se puede concebir un ingeniero que no haya realizado prácticas de laboratorio en su trayectoria de formación inicial. Los avances tecnológicos de los últimos años han abierto posibilidades para cambiar la estructura rígida de los laboratorios tradicionales, por una estructura flexible que se apoya en las computadoras, circuitos de acondicionamiento, hardware de ad-

quisición de datos y software. Constituyen todos estos elementos la plataforma sobre la cual se desarrolla la instrumentación virtual. Se puede afirmar que, cada año, aumenta el número de universidades que se acogen a esta propuesta de laboratorios virtuales. Ertugrul (2000) reporta más de 50 aplicaciones de laboratorios basados en la instrumentación virtual en ingeniería eléctrica y electrónica, mecánica, biomédica, control e instrumentación, química, medio ambiente, instrumentación y control a través de Internet, lo cual garantiza que las universidades formen profesionales con competencias para los nuevos desafíos.

Como ejemplo de esta nueva propuesta de laboratorios apoyados en computadoras personales, se puede mencionar el trabajo de Consonni y Seabra (2001), quienes informan de la modernización de los laboratorios de electricidad y electrónica en la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, Brasil. Destacan estos autores que la modernización de los laboratorios y de los contenidos que se abordan en ellos ha tenido los siguientes objetivos: favorecer la motivación para la práctica de la electricidad y la electrónica básicas; permitir la verificación de las leyes y conceptos fundamentales; dar oportunidades para la inmediata correlación de resultados teóricos y experimentales; y estimular los grupos de trabajo y su interacción durante las sesiones de laboratorio, desde el montaje de los circuitos hasta la elaboración de los reportes técnicos.

Los laboratorios han sido equipados con instrumentos con interfaces General Purpose Interface Bus (GPIB) (Consonni y Seabra, 2001), computadoras, otros periféricos, software para simulación y control de instrumentos. Mencionan, entre los logros alcanzados, la flexibilidad para el proceso de enseñanza y la posibilidad de poder explorar otros tópicos en cada materia. Igualmente afirman que se ha conseguido aprovechar mejor el tiempo, por la automatización de algunos procedimientos puesto que los estudiantes pueden analizar sus datos experimentales en tiempo real, y rápidamente repetir los pasos si es necesario, y en muchos casos generar un reporte completo al final de la clase. Se recogió, a través de un cuestionario, la opinión de un grupo de estudiantes, del curso en el año 1997,

quienes valoraron positivamente la experiencia: manifestaron que asimilaban rápidamente las nuevas herramientas, aunque mostraron preocupación por cuanto algunos profesores no tenían un completo conocimiento de las nuevas herramientas. Otros mostraron preocupación acerca de no aprender a manejar los equipos convencionales.

Afirman Consonni y Seabra (2001) que estas opiniones de los estudiantes han sido muy útiles para mejorar la propuesta. En ese sentido, actualmente los profesores se encuentran mejor preparados y en los puestos de trabajo de los laboratorios se han incorporados instrumentos convencionales. Un aspecto que no ha sido posible superar es el de la evaluación, que se continúa haciendo mediante reportes de laboratorio, pruebas rápidas de prelaboratorio y exámenes individuales escritos. Los estudiantes han expresado no estar de acuerdo con este sistema de evaluación, el cual debería hacerse mediante el desarrollo de experimentos, pero esto no ha sido posible por el alto número de estudiantes. Este laboratorio se encuentra ahora disponible para todos los estudiantes de ingeniería eléctrica. Las últimas evaluaciones realizadas han mostrado resultados altamente positivos: los estudiantes se encuentran a gusto realizando sus propios diseños y por tener la posibilidad de aprender haciendo.

En la Universidad del Táchira se ha venido desarrollando un trabajo en el curso de Laboratorio de Instrumentación Electrónica (Chacón, 2001). Para el diseño de las prácticas, lo único que requieren los estudiantes es una PC con tarjeta de adquisición de datos. Los estudiantes realizan el instrumento virtual en sus casas y vienen al laboratorio a verificar el funcionamiento del mismo. El estudiante no sólo se limita a ensamblar un circuito e ir a un laboratorio a tomar medidas: según esta nueva propuesta, debe diseñar el instrumento virtual (software) que le permita obtener las mediciones que realizará en el circuito. Ello le permite ampliar su proceso de elaboración del conocimiento, comprensión, aplicación y evaluación de sus aprendizajes.

De las experiencias citadas, resulta evidente que esta propuesta de laboratorio virtual implica cambios en los métodos de enseñanza y aprendizaje. La naturaleza de un laboratorio basado

en experimentos que se diseñan por software en una computadora, debe ser aprovechada para crear experiencias en las cuales el estudiante tenga una participación activa en el diseño de las mismas, permitiendo desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje centrado en el estudiante. Igualmente, este nuevo enfoque obliga a revisar los métodos de evaluación, pensar en una evaluación más centrada en los procesos que se generan en el aprendizaje, y por lo tanto, en una evaluación más dinámica, continua y formativa.

Para ampliar lo anterior, resulta pertinente destacar lo que afirma Buckman (2000) sobre la organización de los cursos de laboratorios de electrónica en las universidades, en cuanto a que los cursos de laboratorios en electrónica tienden a ser organizados en una de las dos formas siguientes:

a. Énfasis en destrezas de medición. En estos cursos, el objetivo principal es aprender a hacer ciertas mediciones, tales como respuesta a una función escalón, impedancia o admitancia, función de transferencia vs. frecuencia, etc. Los circuitos en los cuales estas mediciones son realizadas son frecuentemente muy simples; por ejemplo, ellos pueden consistir de componentes lineales, pasivos. La simplicidad de los circuitos puede ser un factor desmotivante para el estudiante, ya que frecuentemente tales circuitos no realizan ninguna función interesante tales como amplificación, oscilación, etc.

b. Énfasis en un contenido fundamental de electrónica relacionados con cursos. Estos cursos de laboratorio están frecuentemente asociados con ciertas materias de teoría en el currículo. El objetivo principal es una comprensión mayor del comportamiento de ciertos circuitos; por ejemplo, la unión de amplificadores con transistor bipolar de etapa simple, mediante la observación de las propiedades del circuito en el laboratorio. Las necesarias destrezas en medición son introducidas justo en el momento de realizar una medición, tales como la ganancia, y fase versus frecuencia, las

«Reemplazar los instrumentos tradicionales por instrumentos virtuales, permite que las funciones de los mismos vayan a la par del desarrollo de las nuevas tecnologías».

cuales confirman las propiedades pronosticadas por el análisis en el curso de teoría.

Relacionando lo planteado por Buckman (2000) con las teorías psicológicas del aprendizaje, se podría pensar que la primera forma de realizar laboratorios está sustentada en un enfoque conductista, pues mediante la realización de unas pruebas definidas por el profesor se persigue que el estudiante adquiera un conjunto de destrezas en lo relacionado a mediciones eléctricas. La segunda forma de hacer laboratorios podría asociarse más a un enfoque cognoscitivo, dado que el estudiante comprueba por sí mismo los conceptos vistos en teoría, y a partir de sus conocimientos previos realiza pruebas en el laboratorio para adquirir nuevos conocimientos en función de aprendizajes duraderos y significativos.

Desde la perspectiva de la instrumentación virtual, en el primer caso, el estudiante se encuentra ante instrumentos virtuales previamente diseñados por el profesor, los cuales manipula con la finalidad de aprender a realizar determinadas mediciones. Este tipo de aplicación se corresponde con el uso de la instrumentación virtual en los laboratorios desde un enfoque conductista, el cual ha sido muy utilizado en los laboratorios con instrumentos convencionales, en donde el trabajo está más centrado en el manejo de aparatos y recolección de datos para ser posteriormente analizados. En el segundo caso, la propuesta se corresponde más con las teorías cognoscitivas y constructivistas del aprendizaje, puesto que el estudiante trabaja en el diseño de los experimentos que le permitan demostrar las leyes y conceptos estudiados; lo cual es posible hacer ahora

gracias a la existencia de los laboratorios virtuales.

Existen experiencias en laboratorios basados en instrumentación virtual, donde se aprecia efectividad de algunos de estos métodos de instrucción en la enseñanza de la ingeniería. Por ejemplo, Buckman (2000, a), ha implementado cursos de laboratorios virtuales usando un método de instrucción orientado hacia la adquisición de destrezas en la realización de mediciones eléctricas en un laboratorio básico de ingeniería eléctrica, y un curso electivo de instrumentación basado en computadora para el aprendizaje de LabVIEW mediante estudio de casos, en la Universidad de Texas.

En el primer curso, los estudiantes interactúan con instrumentos virtuales listos para operar desde la PC llamados Virtual Benches, o utilizando aplicaciones que trae el software LabVIEW, las cuales se pueden adaptar para realizar funciones similares a un instrumento convencional. De acuerdo con la experiencia obtenida por los profesores que trabajan en el curso, señala Buckman, el mismo puede ser ajustado a una variedad de opciones, según el énfasis en el contenido que se quiera dar, según la cantidad de programación en LabVIEW que se quiera impartir y según la selección de circuitos de laboratorio a trabajar.

En el segundo curso de laboratorio, el proceso de enseñanza y aprendizaje es más complejo. El objetivo del curso es aprender el software LabVIEW, no en la forma tradicional como se estudia un paquete de computación a través de un manual o trabajando en ejemplos muy simples o no relacionados con el trabajo que el usuario desea realizar. El profesor, en una primera etapa, discute con los estudiantes los proyectos a realizar. El trabajo del instructor en esta fase es lograr unos proyectos que sean del interés de los estudiantes, que se puedan concluir en el tiempo establecido y que incluya los conceptos fundamentales de programación de LabVIEW. Luego, durante el desarrollo del curso, con la ayuda del profesor como mediador o asesor, los estudiantes van resolviendo cada uno de los casos planteados, lo cual los obliga a ir estudiando los conceptos del lenguaje de programación. Señala Buckman (2000, b) que el curso ha recibido

una excelente evaluación por parte de los estudiantes: en sus comentarios manifiestan que ellos fueron capaces de aprender los aspectos de LabVIEW sin que les faltara tiempo. Esta experiencia ha demostrado la posibilidad de enseñar LabVIEW a partir del estudio de casos que son del interés de los estudiantes. Entre las debilidades del método expresa que su éxito parece depender de la selección de los temas hecha los primeros días de clase: pudiera ser difícil para un grupo, con diferentes bases e intereses, conseguir un conjunto de casos que contengan los necesarios componentes de LabVIEW.

Uno de los problemas presentes en la educación está en el poco interés que demuestran los estudiantes en general por el estudio de las carreras de ciencias naturales, matemáticas e ingeniería. Según investigaciones como las de Andre (1997) y Derry (1996), esta falta de interés parece estar asociada a los ambientes y estrategias de enseñanza empleados y no exclusivamente en la insuficiencia de capacidades de los estudiantes, como suele explicarse con frecuencia. La Universidad de Colorado en Boulder está desarrollando un programa de cambio de la educación en ingeniería denominado Integrated Teaching and Learning (ITL) (Schwartz y Dunkin, 2000), orientado en un modelo pedagógico cognoscitivo, constructivista y social, complementado con laboratorios virtuales, en los cuales los estudiantes realizan experiencias de manera activa en grupos interdisciplinarios, resolviendo problemas de ingeniería. Manifiestan estos investigadores que el programa busca estimular el aprendizaje de los estudiantes creando un ambiente de trabajo en el cual los estudiantes y profesores puedan compartir diferentes experiencias de aprendizaje. Este programa ITL, de aprender haciendo (hands-on), pone el énfasis en la enseñanza de la ingeniería a través de experimentos que usan sistemas de adquisición de datos con computadoras, e incorporan los más recientes sensores y equipos de prueba, con el objeto de demostrar los conceptos de ingeniería en el contexto del mundo real. Los experimentos son compartidos por varios departamentos y se usan en diferentes niveles. Entre los experimentos que se realizan se puede citar la aplicación de estrategias de adquisición de datos para

realizar simples mediciones de voltaje, y procesamiento digital de señales de audio. La evaluación formal del programa está en proceso, pero existe ya suficiente retroalimentación anecdótica de los estudiantes en la cual manifiestan la efectividad del programa aprender haciendo, para alcanzar una mejor comprensión de la teoría y proporcionar experiencias de ingeniería del mundo real. Finalmente, Schwartz y Dunkin señalan, que habiendo terminado los primeros cursos en pregrado y postgrado, se ha podido comprobar una sustancial mejora en la educación de la ingeniería como resultado de las experiencias de aprendizaje en la práctica.

III. La instrumentación virtual en la Carrera de Ingeniería Electrónica (UNET)

La presencia de la instrumentación virtual en la carrera de Ingeniería Electrónica de la UNET data de 1995 y está asociada con el programa de Maestría en Ingeniería Electrónica, que se desarrolló a partir de un convenio entre la UNET y la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO). Este programa se pone en marcha en función de la actualización de los profesores de la carrera. Es de destacar aquí el papel jugado por el Dr. Fernando Mora, de la Universidad Simón Bolívar, como agente orientador y motivador de la incorporación de la instrumentación virtual, y más específicamente del software LabView en el plan de estudios de esta carrera.

A continuación se expone la presencia de la instrumentación virtual en el plan de estudios de la carrera, el desarrollo de las líneas de investigación en torno a este tema y el impacto que el mismo ha tenido en los trabajos de grado que realizan los alumnos como uno de los requisitos para obtener el título de ingenieros.

3.1 La instrumentación virtual en el plan de estudios

Durante estos últimos años, a partir de 1995, de una manera progresiva se ha incorporado el tema de la instrumentación virtual como uno de

los contenidos en distintas asignaturas del plan de estudios, de la siguiente manera:

3.1.1. Asignatura Computación III

Ubicada en el tercer semestre. En esta asignatura los estudiantes conocen el software LabView y desarrollan aplicaciones sencillas como simulaciones de circuitos digitales a través del PC, como sumadores, contadores, codificadores, decodificadores. Para este curso los requerimientos han sido la adquisición de la licencia del software y el uso de los laboratorios de computación, dotados con computadoras Pentium III, de 900 MHz.

3.1.2. Laboratorio de Control Discreto

Se cursa en el octavo semestre. El contenido está centrado en los algoritmos de control. Los estudiantes desarrollan proyectos de implementación de algoritmos de control digital en el PC, utilizando el software LabView. Se han generado propuestas de control proporcional integral para variables como temperatura, nivel, flujos, movimientos de motores, etc.

3.1.3. Laboratorio de Control de Procesos

Se halla en el décimo semestre de la carrera. El contenido está centrado en los métodos de control de procesos a través del computador personal (PC), como control de razón, control en cascada. La herramienta computacional que se utiliza en esta asignatura es el LabView.

3.1.4. Instrumentación Electrónica

Ubicada en el décimo semestre. Esta asignatura se orienta a la formación del futuro ingeniero en el diseño de sistemas de medición por medios electrónicos. Como una de las asignaciones principales, los estudiantes deben desarrollar un proyecto en el cual seleccionan el sensor, diseñan su circuito de acondicionamiento, el hardware de adquisición de datos y la aplicación en la computadora, utilizando el software LabView para realizar la medición y análisis de la señal física, como temperatura, velocidad, presión, nivel, flujo, desplazamiento.

3.1.5. Laboratorio de Instrumentación electrónica

Se cursa en el décimo semestre. Aquí los es-

tudiantes diseñan instrumentos virtuales en el computador utilizando el software LabView, para desarrollar experiencias con circuitos electrónicos en el laboratorio. Entre ellas se destacan la medición de señales analógicas usando las diferentes técnicas de adquisición de datos, generación de señales analógicas a través del computador, determinación de las constantes de tiempo en un circuito RC, determinación de las curvas características de transistores, etc. En este laboratorio, a lo largo de estos años, se han diseñado en estas prácticas voltímetros, amperímetros, osciloscopios.

3.2 Desarrollo de la línea de investigación

La instrumentación virtual se ha constituido en una línea de investigación adscrita al Decanato de Investigación. Dentro de esta línea se han inscrito distintos proyectos como:

3.2.1. Desarrollo de un laboratorio de instrumentación industrial virtual

Este proyecto se constituyó en el trabajo de grado para alcanzar el título de Magíster en Ingeniería Electrónica del autor del presente trabajo (Chacón, 1997). En él se presenta una propuesta de laboratorio para la medición y control de señales físicas a través de la PC. Las prácticas propuestas permiten medir y controlar varios procesos existentes en el Laboratorio de Instrumentación y Control de la UNET, usando instrumentos virtuales desarrollados en LabVIEW. Su ejecución permitió la adquisición de la licencia del software LabVIEW, las tarjetas de adquisición de datos y computadoras personales para dotar el laboratorio, que posteriormente se han utilizado para el desarrollo de las asignaturas y laboratorios descritos anteriormente.

3.2.2. Laboratorios virtuales a distancia

En estos momentos está en desarrollo este proyecto de investigación. Se plantean como objetivos los siguientes: crear el primer prototipo de laboratorio a distancia en el Laboratorio de Instrumentación y Control de la UNET; automatizar el Laboratorio Máquinas Eléctricas con

PC, como primera etapa para la creación del laboratorio a distancia; crear el laboratorio a distancia del Laboratorio de Máquinas Eléctricas; investigar sobre los diferentes aspectos involucrados en la medición y control de señales físicas a distancia a través de Internet; investigar sobre las diferentes herramientas tecnológicas existentes para la medición y control a distancia a través de la Web; hacer un estudio sobre los requerimientos para automatizar los laboratorios de la UNET, no sólo de la Carrera de Ingeniería Electrónica sino también de las otras carreras.

3.3 Impacto de la instrumentación virtual en los trabajos de grado

Las experiencias de instrumentación virtual que se les han brindado a los alumnos se han constituido en una referencia importante a la hora de seleccionar el tema del trabajo de grado final que realizan como uno de los requisitos para optar al título de ingenieros. Algunos de los temas han sido propuestos por los mismos alumnos y tutores, y otros han surgido de demandas de las empresas en las cuales han realizado sus pasantías. A continuación presentamos la referencia de algunos de ellos:

3.3.1. Monitoreo y control de procesos a través de la Web (Pulido, Serrano y Chacón, 2001)

Con este trabajo se consiguió realizar la medición y control de los procesos del Laboratorio de Instrumentación y Control de la UNET a través de una página Web. El modelo implementado consistió en un servidor Web conectado a los procesos y estaciones clientes que conectadas en red local, podían monitorear y controlar los procesos.

3.3.2. Automatización de un torno de control numérico con LabVIEW (Chacón, Mora y Hernández, 2000)

Esta experiencia desarrolló la automatización de un torno de control numérico del Laboratorio de Máquinas y Herramientas de la UNET, usando la PC. Para ello se diseñó el hardware y el software en LabVIEW, lo que permite a los estu-

diantes realizar las prácticas de torneado en la PC mediante una interfaz de usuario, de una manera gráfica y no escribiendo instrucciones en el lenguaje poco amigable del torno de control numérico.

3.3.3. Automatización del Laboratorio de Instrumentación y Control con LabVIEW (Medina, 2001)

Este aporte se centra en la automatización de las prácticas del laboratorio de la asignatura Instrumentación y Control, de la UNET, con la PC. Para ello se diseñaron los circuitos de interface para llevar las señales físicas a la PC y se desarrollaron los instrumentos virtuales en Lab-VIEW de las distintas prácticas del laboratorio.

3.3.4. Otros trabajos de grado que se han desarrollado utilizando el LabView:

Diseño y construcción de una estación meteorológica con sistema de telemetría para supervisión remota, por Cáceres y Román (1999); Diseño y construcción de un módulo de control para el Compact 5 CNC con fines didácticos, por Mora y Hernández (1999); Sistema de automatización de los cromatógrafos líquidos Perkin-Gimer serie LC-/5, por Rubio (2000); Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto para el nivel del embalse La Honda, por Arellano (2000); Telemetría y telecontrol de nivel en tanque de agua potable, por Contreras (2000); Diseño e implementación de un sistema de medición de potencia basado en una computadora personal, por Díaz y Hendricks (2001); Sistema de instrumentación y control virtual para banco de pruebas de turbina Francis, por Paolini (2001); Laboratorio virtual para la supervisión y control de procesos a través de Internet, por Casallas y Ricardo (2001).

Conclusiones

La incorporación de la instrumentación virtual al plan de estudios de la carrera de Ingeniería Electrónica nos permite corroborar lo encontrado en la revisión bibliográfica, en cuanto a que permite

elevantar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje, por las siguientes razones:

- a. Permite la creación de ambientes de aprendizaje en los cuales los estudiantes están en contacto con problemas de ingeniería del mundo real. Esto contribuye a una mejor comprensión de los conceptos estudiados y a mejorar su preparación profesional con miras a las demandas del mundo del trabajo, ya que estas tecnologías cada vez son más empleadas en las industrias o empresas.
- b. Permite disminuir los costos de los laboratorios al reemplazar equipos costosos por instrumentos virtuales que se ejecutan en una PC. Se resuelve así el problema de la obsolescencia de los equipos existentes y posibilita mantener al día a los laboratorios con los avances de las nuevas tecnologías.
- c. Proporciona flexibilidad a los profesores para diseñar experimentos que se ajusten a los contenidos de aprendizaje, permitiendo el desarrollo de estrategias de enseñanza basadas en habilidades y destrezas, solución de problemas, estudio de casos, aprendizaje colaborativo, etc.
- d. La sencillez conceptual de la programación gráfica facilita su comprensión por parte de los estudiantes, permitiéndoles concentrarse en los conceptos y no perder tiempo en arduas tareas de programación, recolección de datos, etc.

Resulta pertinente destacar en estas conclusiones la integración, que se ha dado en esta experiencia, de la formación del profesor con el impulso de las líneas de investigación y con el desarrollo de los programas de pregrado. Esta integración ha permitido actualizar y mejorar los procesos de formación profesional que se brindan en la Universidad en la Carrera de Ingeniería Electrónica. Igualmente, la instrumentación virtual se nos presenta como un campo fecundo para la investigación aplicada, con objeto de dar respuestas a las demandas de las empresas.

Referencias

- Andre, T. (1997). Mind-on and hands-on activity: improving instruction in science for all students. *Mid-Western Educational Researcher*, 10(2), 28-34.
- Buckman, A. B. (2000). A Course in Computer-based Instrumentation: learning LabVIEW™ with Case Studies [Special Issue: LabVIEW Applications in Engineering Education]. *International Journal of Engineering Education*, 16(3), 35-40.
- Buckman, A. B. (2000). VI-Based Introductory Electrical Engineering Laboratory Course [Special Issue: LabVIEW Applications in Engineering Education]. *International Journal of Engineering Education*, 16(3), 20-25.
- Calderón J. (2001). Laboratorio de Instrumentación Virtual. Disponible en www.ni.com/latam.
- Chacón, R. (1997). Laboratorio para la Enseñanza de la Instrumentación Virtual. *I Simposio de Control Automático*, Habana, Cuba, 197-200.
- Chacón, R. (2001). Prácticas de Laboratorio de Instrumentación Electrónica. Material mimeografiado, para uso de la asignatura Laboratorio de Instrumentación Electrónica.
- Chacón, R., Mora, J., y Hernández E. (2000). Automatización de un Tomo de Control Numérico con LabVIEW. *AutomationView*, 5(4), 34.
- Clark, D. L., Cockrum, E. T., y Smith R. F. (1994). Simulation And Emulation Of Biomedical Instrumentation Systems Using Object-Oriented-Programming. *Wescon/94 Conference Record*, 420-425.
- Consonni, D., y Seabra, A. C. (2001). A Modern Approach to Teaching Basic Experimental Electricity and Electronics. *IEEE Transactions on Education*, 44(1), 5-15.
- Derry, S. J. (1996). Cognitive schema theory in the constructivist debate. *Educational Psychologist*, 31, 163-174.
- Ertugrul, N. (2000). Towards Virtual Laboratories: a Survey of LabVIEW-based Teaching/Learning Tools and Future Trends [Special Issue: LabVIEW Applications in Engineering Education]. *International Journal of Engineering Education*, (16), 5-14.
- House R. (1995). Choosing the right Software for Data Acquisition. *IEEE Spectrum*, 24-34.
- Johanson M., Gäfvert M., y Aström K. J. (1998). Interactive Tools for Education in Automatic Control. *IEEE Control Systems Magazine*, 18(4), 33-40.
- Medina, I. (2001). Automatización de un Laboratorio de Instrumentación y Control con LabVIEW. *Da Académico de National Instruments en Venezuela*. Universidad Simón Bolívar.
- Mora, F. (2000). Prácticas de Laboratorios de Electrónica. Material mimeografiado para uso de los estudiantes de las asignaturas Electrónica I y II de la Universidad Simón Bolívar.
- National Instruments, (2001). Our History. Disponible en <http://www.ni.com/company/history.htm>.
- Pulido, J., Serrano, C., & Chacón, R. (2001). Monitoreo y Control de Procesos a través de la Web. *III Simposio de Control Automático*. Habana, Cuba. 73-78.
- Schär, S. G., y Krueger, H. (2000). Using New Learning Technologies with Multimedia. *IEEE Multimedia*, 7(3), 40-51.
- Schwartz, T., y Dunkin B. M. (2000). Facilitating Interdisciplinary Hands-on Learning using LabVIEW [Special Issue: LabVIEW Applications in Engineering Education]. *International Journal of Engineering Education*, 16(3), 26-34.
- Wittenmark, B., Haglund H., y Johanson M. (1998). Dynamic Pictures and Interactive Learning. *Control Systems Magazine*, 18(3), 26-32.