

Learning manager for remote experimentation with optoelectronic devices

Duván Fernando García-Cedeño ^a & Álvaro Bernal-Noreña ^b

^a Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Duvan.garcia@correounivalle.edu.co

^b Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Alvaro.bernal@correounivalle.edu.co

Received: July 4th, 2014. Received in revised form: July 23th, 2015. Accepted: July 29th, 2015.

Abstract

Both the Internet and communications & information technology (ICT), are making a valuable contribution to education. Remote experimentation is an example of the contribution that becomes as a solution to various problems involved with practices in situ, which are a fundamental aspect in the development of skills in engineering education. In this work, we have implemented a learning manager to experience with optoelectronic devices via internet, this tool is composed of a hardware platform comprising a set of electronic components such as light emitting diodes and optocouplers, each one with its respective signal conditioning and communication interfaces; additionally, a Web 2.0 user interface and learning management concepts and content are included. Those facilitate administration and promoting collaborative learning regarding social networks.

Keywords: optoelectronic devices, remote experimentation, learning tool, ICT.

Gestor de aprendizaje para la experimentación remota con dispositivos optoelectrónicos

Resumen

La internet y las tecnologías de la información y comunicaciones – TIC- están realizando un aporte muy valioso a la educación. La experimentación remota es una muestra de ese aporte que surge como solución a diversos inconvenientes presentes con las prácticas presenciales, las cuales son un aspecto fundamental en el desarrollo de competencias en la educación en ingeniería. En este trabajo se ha implementado un gestor de aprendizaje para la experimentación con dispositivos optoelectrónicos, el cual está compuesto por una plataforma hardware que consta de un conjunto de componentes electrónicos como diodos emisores de luz y optoacopladores, cada uno con su respectiva interfaz de acondicionamiento de señal y comunicación con el servidor; adicionalmente, se desarrolló una interfaz de usuario que incluye utilitarios de la WEB 2.0 y conceptos de sistemas gestores de aprendizaje y contenido, facilitando su administración y promoviendo el aprendizaje colaborativo con el uso de redes sociales.

Palabras clave: dispositivos optoelectrónicos, gestor de aprendizaje, experimentación remota, TIC.

1. Introducción

La inclusión de las nuevas tecnologías en los procesos de formación está transformando el modelo educativo en cuanto a magnitud y pertinencia, al mismo tiempo que amplía la cobertura con criterios de equidad que permiten mejorar la calidad y potenciar su eficiencia. Hoy en día los procesos de enseñanza y aprendizaje se encuentran atados al uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones -TIC-, siendo cada vez más

esenciales para cumplir estos propósitos; sin embargo, no basta con tener a la disposición estas tecnologías, además de su disponibilidad es necesario diseñar e implementar metodologías apropiadas que faciliten su inclusión en los modelos educativos, proporcionando fuentes de validación y generación de conocimientos que permiten a la comunidad académica ser más competentes en un mundo cada vez más globalizado.

En la ingeniería electrónica el proceso de enseñanza y aprendizaje requiere de la realización de prácticas de laboratorio

que permiten a los estudiantes comprender fácilmente los conceptos expuestos en las clases teóricas. No obstante, muchas prácticas de laboratorio con sistemas reales se encuentran con limitantes de tiempo, equipos de medición e implementos necesarios para su realización, que dificultan el desarrollo de ciertas competencias necesarias para el crecimiento profesional y personal de los estudiantes. Por otra parte, la optoelectrónica ha cobrado gran importancia gracias al uso de muchos dispositivos que utilizan la interacción entre los electrones y el haz de luz, como lo son los sensores que facilitan la medición de variables y disminuyen el consumo de potencia, además de mejorar el transporte de información. Actualmente existen pocos programas académicos que incluyen esta importante área, lo que limita desarrollos favorables de muchos proyectos de investigación relacionados con el tema.

En este trabajo se describe la arquitectura propuesta para un gestor de aprendizaje enfocado a la experimentación con dispositivos optoelectrónicos. Esta arquitectura involucra una plataforma hardware que permite controlar y sensar los dispositivos mediante sistemas microcontrolados, también cuenta con las interfaces de usuario basadas en sistemas gestores de contenido, aprendizaje y motores de bases de datos.

Finalmente, teniendo en cuenta la importancia de los dispositivos optoelectrónicos, se resalta el desarrollo del sistema gestor de aprendizaje, que permitiría a los estudiantes de ingeniería electrónica desarrollar competencias involucrando la interactividad con dispositivos optoelectrónicos, haciendo uso de las TICs y servicios WEB 2.0 en su proceso educativo.

Este artículo se compone de tres secciones: la primera hace referencia a antecedentes y contextualización de los laboratorios remotos en la ingeniería electrónica, la segunda esboza la arquitectura propuesta para el sistema, en la cual se muestra el desarrollo hardware y software; y por último, se muestran los resultados, las conclusiones obtenidas y los trabajos futuros, con los cuales se muestra el aporte significativo del sistema en el campo de los laboratorios remotos educativos, al igual que el impacto social positivo generado.

2. Antecedentes y contexto

Las TICs aplicadas en el ámbito educativo, juegan un papel crucial, ya que estimulan el desarrollo de habilidades en el estudiante como la síntesis, el análisis e interpretación, construyendo un pensamiento crítico que permite generar conocimiento, además de contribuir en la conformación de individuos innovadores, creativos y competitivos; así mismo, permite la creación de redes de información colaborativas con el uso de las redes sociales y la ampliación de la cobertura educativa mediante la inclusión de estudiantes con dificultades económicas, de movilidad y/o en condición de discapacidad.

La realización de prácticas de laboratorio de forma remota a través de internet haciendo uso de las TICs, permite a los aprendices tener acceso a diferentes plantas y sensar variables reales, que en muchas ocasiones requieren del uso de equipos de medición y prueba costosos, los cuales se encuentran fuera del alcance de muchas instituciones educativas.

En la actualidad, la investigación en el área de la optoelectrónica se ha incrementado y ha permitido obtener

desarrollos tecnológicos de alto impacto en procesos industriales, mejorando la confiabilidad y los tiempos de respuesta. Teniendo en cuenta dichos desarrollos, es importante que los programas de formación en ingeniería electrónica incluyan o fortalezcan la optoelectrónica en sus currículos para garantizar el desarrollo de competencias en esta área de estudio.

Internacionalmente se encuentra un extenso panorama de proyectos relacionados con laboratorios remotos, cada uno en diferentes áreas como la ingeniería, la química y la física entre otras. En julio de 2012 F. Lerro y colaboradores de la Universidad Nacional del Rosario y la compañía educativa.S.A de Argentina, implementaron un sistema de gestión de aprendizaje y un laboratorio remoto de física electrónica [1]. Actualmente el sistema permite realizar experimentos con el diodo de unión P-N, el diodo zener, el transistor BJT de silicio y germanio, el FET, el diodo emisor de luz infrarrojo y el fototransistor; mediante los cuales pretenden integrar en su currículo de ingeniería electrónica la experimentación activa con dispositivos electrónicos y nuevos desarrollos. En junio de 2012 Eva Besada-Portas y colaboradores de la Universidad Complutense de Madrid España, presentaron una nueva metodología que permite desarrollar laboratorios remotos para la ingeniería y cursos de automatización, este sistema se basa en el uso combinado de un laboratorio servidor de aplicaciones Java, el appletEasy Java Simulations (EJS) y el software TwinCAT [2]. En junio del 2012 Mohamed Tawfik y colaboradores de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de Madrid España, publicaron en una edición especial de una revista impresa muchas soluciones en el desarrollo y las fases de diseño electrónico, al igual que el estado del arte de los laboratorios remotos para aplicaciones industriales de la electrónica y sus etapas de diseño [3]. Igualmente, en el año 2011 en la universidad de Illinois (UIUC) se implementó un laboratorio en el curso de dispositivos electrónicos de estado sólido, que permite realizar mediciones remotas de dispositivos electrónicos, mediante el control de una fuente de medición Keithley haciendo uso de navegadores estándar sin pluggins adicionales, suministrando datos reales a través internet. Este proyecto fue desarrollado por Sumit Dutta y colaboradores [4]. G. Tokdemir y S. Bilgen en mayo de 2008 realizaron un análisis de los modelos actuales de evaluación de la eficacia de los laboratorios remotos, concluyendo que estos laboratorios proporcionan tiempo, ahorran dinero y aumentan la eficiencia en la enseñanza, la evaluación realizada se basa en las interacciones del laboratorio remoto con su entorno y la influencia que tienen en el éxito del estudiante y del curso [5]. En el año 2005 se propone un sistema de educación a distancia por Gao-WeiChang y colaboradores de la Universidad Normal Nacional de Taiwan, denominado Virtual Photonics Experiments Network (V-PEN), que facilita la enseñanza y el aprendizaje de la fotónica, mediante la transformación de experimentos reales en experimentos en línea [6].

De igual forma, en el contexto nacional y local se han desarrollado algunos proyectos relacionados, en junio de 2014 Sebastián Castrillón y colaboradores de la Universidad Nacional de Colombia implementaron un prototipo de infraestructura virtual para la enseñanza y el desarrollo de

laboratorios en las áreas de automatización industrial y comunicaciones industriales [7]. El prototipo propuesto permite que las prácticas sean desarrolladas remotamente mediante el uso de Internet, la virtualización de VMware y la gestión a través de NetLab. Así mismo, se destacan los proyectos llevados a cabo por el grupo de investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica de la Universidad del Valle [8-10]. El primer desarrollo permite la operación vía web de una planta prototipo de generación hidroeléctrica, mientras que los otros dos proyectos permiten caracterizar algunos dispositivos electrónicos como el diodo de unión P-N, diodo zener, transistores BJT y FET, por medio del uso de una interfaz gráfica de usuario para la visualización de curvas características y datos reales, los sistemas se desarrollaron con el software LabView y el lenguaje de programación JAVA. Por otra parte, en abril de 2010 Ana Lilian Valencia y colaboradores de la Universidad del Valle desarrollaron una aplicación interactiva para la educación en dinámica estructural [11]. La aplicación integra simulaciones, animaciones, formulaciones matemáticas e interacción para apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Un laboratorio remoto es un conjunto de equipos físicos que se pueden operar y controlar remotamente, utilizando una interfaz determinada. Estos equipos pueden ser didácticos como las maquetas de laboratorio o equipos industriales como los que pueda tener un banco de pruebas. Estos laboratorios requieren de servidores específicos que gestionan tanto a los usuarios del sistema como los equipos integrados en dichos sistemas [12]. En la actualidad se busca implementar este tipo de laboratorios en varias áreas del conocimiento, permitiendo su uso las 24 horas del día desde cualquier lugar en el que se cuente con internet, igualmente, se busca incluir las TICs y potencialidad de la WEB 2.0 que permite crear redes de conocimiento pluricultural, promoviendo una mirada mucho más amplia del entorno y creando soluciones más completas a los diferentes problemas que se encuentran a diario [13].

Los dispositivos optoelectrónicos son aquellos que trabajan conjuntamente con señales electrónicas y ópticas.

Más concretamente son capaces de transformar señales electrónicas en ópticas o viceversa. Sus aplicaciones son muy extensas y variadas, pero fundamentalmente se aplican en circuitos de comunicaciones, sistemas de señalización, productos de consumo masivo, tecnología espacial y física de partículas [14,15]. Teniendo en cuenta la importancia actual de estos dispositivos, es imprescindible que el estudiante desarrolle habilidades en este campo del conocimiento, haciendo uso del aprendizaje activo por medio de la caracterización a través de circuitos de prueba, midiendo las variables presentes y analizándolas para comprender su comportamiento. Sin embargo, esto requiere de sistemas para la adquisición de datos y señales, software especializado y circuitos complementarios de control y acondicionamiento de señal, que en muchas ocasiones no se encuentran al alcance de las instituciones y/o estudiantes, debido al costo que implica adquirirlos. Por tal motivo, es importante que los laboratorios cuenten con los recursos mínimos necesarios para que el proceso de formación experiencial sea exitoso. La inclusión de las TICs en estos sistemas facilitaría el uso compartido del recurso y potenciaría la disponibilidad en comparación con los laboratorios presenciales. De esta forma, se alcanzarán dos objetivos que mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje: el primero es realizar las prácticas de laboratorio de manera ampliada con los dispositivos optoelectrónicos y el segundo, incentivar y desarrollar el uso de las TICs por parte de los estudiantes.

La Web 2.0 permite el uso de servicios basados en aplicaciones sociales que facilitan la comunicación e interacción con contenidos multimediales. La integración de la Web 2.0 en la educación propone un gran cambio que genera una visión innovadora, además de gestionar el conocimiento a nivel organizacional y personal. Las diferentes aplicaciones y contenidos sociales, entre los que encontramos los blogs, servicios RSS, fotos, videos, wikis, marcadores sociales, etc., se han convertido en un gran material de apoyo de procesos educativos que pretenden impulsar el aprendizaje colaborativo principalmente en las universidades.

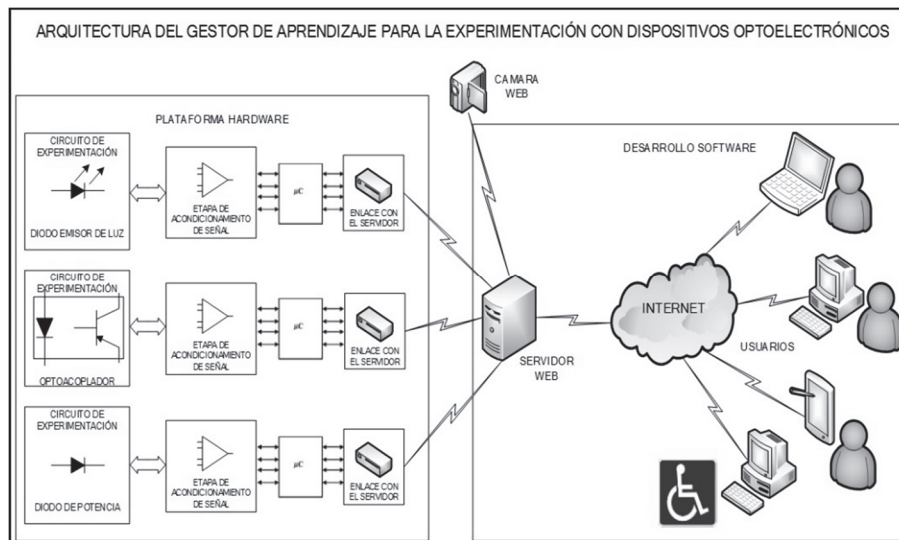


Figura 1. Arquitectura implementada.
Fuente: Elaboración propia.

3. Arquitectura Implementada

En la Fig. 1 se muestra la arquitectura implementada en el gestor de aprendizaje para la experimentación con dispositivos optoelectrónicos, en ella se identifican dos partes principales, la primera hace referencia a la plataforma hardware diseñada para la experimentación con cada uno de los dispositivos seleccionados, al igual que los circuitos de comunicación con el servidor; la segunda parte corresponde a las interfaces de usuario que permiten controlar cada circuito experimental mediante el envío de tramas de configuración, reciben los resultados de experimentación y los presentan mediante graficas de curvas características o valores numéricos de las variables sensadas, por otra parte, permiten la administración y el acceso de usuarios al sistema, así como la generación de reportes de la experimentación para que los estudiantes los descarguen y realicen el informe de laboratorio.

3.1. Desarrollo hardware

La plataforma hardware de experimentación concebida, permite la interacción con algunos dispositivos optoelectrónicos y el diodo de potencia, entre los dispositivos optoelectrónicos con los cuales cuenta el laboratorio están los diodos emisores de luz (LED) y el optoacoplador. La plataforma hardware se ha diseñado para que se interactúe de manera independiente con cada dispositivo, esto se observa en el primer bloque (Ver Fig.1), que hace referencia a los circuitos y componentes necesarios de experimentación. El segundo bloque se compone por los circuitos que realizan el acondicionamiento de señal, los cuales se encargan de entregar las señales que deben ser procesadas por la unidad de control. El siguiente bloque está compuesto por la unidad de procesamiento o control, que es la encargada de recibir las tramas de configuración enviadas por el usuario, interpretarlas y enviar las señales de control y excitación al circuito de experimentación, además de digitalizar las señales de respuesta y enviarlas al usuario mediante el cuarto bloque que es el enlace con el servidor, es decir, es el que permite la comunicación entre el computador y los circuitos de experimentación de cada dispositivo

3.1.1 Arquitectura hardware para la experimentación con los diodos emisores de luz (LED's)

El circuito de experimentación implementado con los diodos emisores de luz permite sensar la corriente circulante a través del diodo y la caída de tensión en el mismo. Este circuito se encuentra alimentado con una fuente de voltaje variable DC que se controla por un DAC y un amplificador operacional, el rango de operación es de 0V a 10 V. Para la experimentación se hace un barrido de voltajes y se realiza una medición de la corriente y tensión del diodo para cada incremento de la fuente de alimentación, con el fin de graficar la curva característica de I_d vs V_d , la cual es visualizada por medio de la interfaz de usuario, permitiendo que el estudiante desarrolle habilidades para la interpretación y análisis de resultados. La plataforma desarrollada cuenta con cinco

diodos emisores de luz de diferente color (infrarrojo, amarillo, rojo, azul y blanco), que debido a sus diferencias de longitud de onda presentan diferentes curvas características, en las que se resalta el voltaje umbral. Como se tienen cinco LEDs, se utilizan interruptores bilaterales de cuadrángulo CMOS para que el estudiante pueda realizar la experimentación con los LEDs de manera individual o grupal y visualice de una forma más clara su comportamiento. Es importante aclarar que la fuente de voltaje permite controlar el ΔV de manera manual o automática, con la finalidad que el estudiante realice una recolección de datos que le permita extraer con mayor precisión los parámetros del dispositivo. Por otra parte, el circuito posee un LM35 que permite sensar la temperatura ambiente para que el estudiante observe la sensibilidad a los cambios de temperatura que presentan los dispositivos semiconductores. Para el acondicionamiento de señal se usaron varios amplificadores operacionales que manejan los pequeños cambios en las variables sensadas con mayor exactitud. El microcontrolador es el encargado de generar las señales de control de los interruptores bilaterales de cuadrángulo para la activación de los circuitos de experimentación de cada uno de los LEDs, igualmente genera las señales digitales que controlan la fuente de voltaje, mientras que los canales del puerto análogo-digital son conectados a cada uno de los nodos correspondientes para el sensado de las variables para la caracterización. Por último, se encuentra el circuito que se encarga de la comunicación entre el computador y la unidad de control, permitiendo el envío y recepción de las tramas de configuración y respuesta, las tramas de respuesta contienen los datos de experimentación sensados que son procesados en el computador y visualizados en la interfaz gráfica de usuario.

3.1.2 Arquitectura hardware para la experimentación con el optoacoplador

Para la experimentación con el optoacoplador se diseñaron dos circuitos que permiten conocer la forma de onda de la señal de entrada y salida, los tiempos de respuesta y algunas configuraciones usadas en la transmisión de información. Las configuraciones implementadas son la de seguidor e inversor de señal TTL, con las cuales el estudiante puede explorar con diversos sistemas de comunicación. Para la implementación de las configuraciones se hizo necesario el uso de dos optoacopladores, dos unidades de control interconectadas mediante comunicación SPI, además del uso de los módulos de captura de cada una. En la etapa de acondicionamiento de señal se usaron dos multiplexores análogos de 4 a 1 que permiten variar los valores de las resistencias en el circuito de experimentación de cada configuración. La variación de estas resistencias facilita al estudiante la visualización de los tiempos de respuesta dependiendo de la frecuencia de la señal transmitida. La unidad de control se encarga de sensar los niveles de tensión de las señales de entrada y salida del optoacoplador, además de generar la señal TTL de entrada. La captura de los tiempos de retardo presentes en los flancos de subida y bajada de la señal de salida con respecto a la señal de entrada se realiza con el uso de los módulos de captura presentes en la unidad

de control, estos tiempos proporcionan información necesaria durante el análisis del funcionamiento del optoacoplador, mejorando la comprensión y el desarrollo de las competencias relacionadas con éste. Por último, después del procesamiento de las señales, la unidad de control envía los resultados obtenidos en la experimentación a través de las tramas de comunicación al servidor, que se encarga de organizar dicha información y mostrarla al usuario en la interfaz gráfica.

3.1.3 Arquitectura hardware para la experimentación con el optoacoplador

En la electrónica de potencia existen muchos dispositivos de gran importancia, pero el diodo de potencia está presente en muchos circuitos de implementación y es el punto inicial de trabajo en esta área, por tal motivo se ha seleccionado como el dispositivo de experimentación base, por otra parte, su funcionamiento es muy similar al de los diodos emisores de luz en cuanto a que presentan una tensión umbral en polarización directa y en inversa impiden el paso de corriente, aunque difieren en los rangos de operación, es decir corrientes y tensiones máximas. Para la experimentación del diodo de potencia se implementó un circuito serie entre una resistencia de potencia y un diodo 40EPS08, además de ampliar el rango de trabajo correspondiente a la corriente y la tensión de alimentación del circuito. Como su principal uso es la rectificación, inicialmente se polariza en sentido inverso y se mide la corriente y la tensión en el diodo, posteriormente se cambia la polarización de la fuente de alimentación provocando la polarización directa del diodo y se repite el proceso de medición de la corriente y la tensión en éste. Es importante aclarar que la fuente de alimentación del circuito es una fuente reductora que suministra aproximadamente entre 0Vdc y 70Vdc, la cual es controlada por la unidad de procesamiento mediante una señal PWM. La corriente se encuentra limitada por la resistencia serie del circuito y es de aproximadamente 1A. El circuito de acondicionamiento de señal usa un optoacoplador que transmite la señal PWM desde la unidad de control hasta el circuito de potencia de la fuente de alimentación, demostrando la importancia del acoplamiento óptico. En la medición de la tensión de alimentación y del diodo se utilizó un amplificador de aislamiento con ganancia variable, que entrega señales que se encuentran dentro del rango de operación de la unidad de control asegurando su integridad. Para la medición de la corriente del circuito de experimentación se utilizó un sensor de corriente HX 03-P de LEM, conectado en serie con el diodo y que entrega valores de tensión equivalentes a la corriente circulante. Finalmente, después del procesamiento de las variables sensadas por parte de la unidad de control, ésta se encarga de enviar mediante las tramas de comunicación los datos experimentales obtenidos, que posteriormente son graficados en la interfaz de usuario para su visualización.

3.2. Desarrollo software

En el mundo actual, el uso de la tecnología en la educación pretende acercar los espacios de experimentación real a los estudiantes, siendo este el caso de los laboratorios remotos. Teniendo en cuenta la bibliografía, siempre se buscan desarrollos

software que consideren las aplicaciones cliente/servidor, involucrando interfaces de usuario para facilitar el control de plantas de experimentación. No obstante, el uso de interfaces de usuario no siempre asegura el aprendizaje de los conceptos por parte del estudiante, especialmente en el caso de la experimentación con dispositivos como los optoelectrónicos o de potencia, por tal motivo se hace necesario desarrollar un sistema software que acerque en lo posible los resultados digitalizados a los resultados experienciales, es decir usar dispositivos reales bajo prueba que se controlen por medio de interfaces de usuario que incluyan conceptos de la Web 2.0, además de contener aplicaciones sociales que fomenten el aprendizaje colaborativo. Lo anterior presenta la necesidad de desarrollar una aplicación que incluya todas estas potencialidades a través de una sola plataforma, mejorando las metodologías de enseñanza/aprendizaje y los diseños de la arquitectura hardware y software.

La aplicación software desarrollada pretende brindar a los estudiantes el control de una tarjeta de experimentación que cuenta con los dispositivos optoelectrónicos y de potencia seleccionados, facilitando el análisis de señales para su caracterización. De igual forma, presenta información relacionada con los dispositivos en cuestión, esta información se encuentra disponible en el sitio web del gestor de aprendizaje. Adicionalmente, los estudiantes integrantes del curso tienen la posibilidad de compartir información e interactuar a través de diversas aplicaciones de redes sociales presentes en el portal. Por otra parte, la aplicación diferencia los tipos de usuario habilitados y presenta información correspondiente a estos, entre los usuarios habilitados se encuentran los usuarios docentes, usuarios estudiantes y los usuarios no registrados, cada uno con permisos y restricciones en el uso de la plataforma. En la Fig.2 se presenta la forma en que el sistema interactúa con los usuarios.

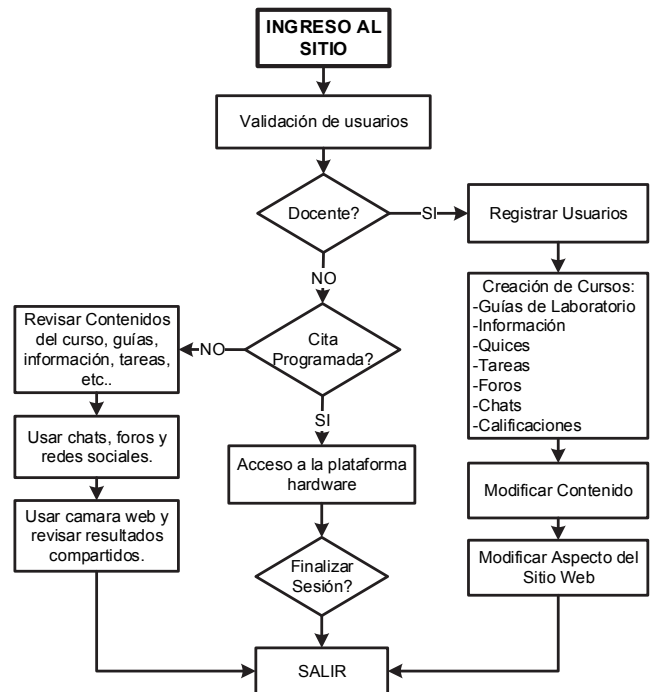


Figura 2. Diagrama de flujo interacción entre el usuario y el sistema. Fuente: Elaboración propia.

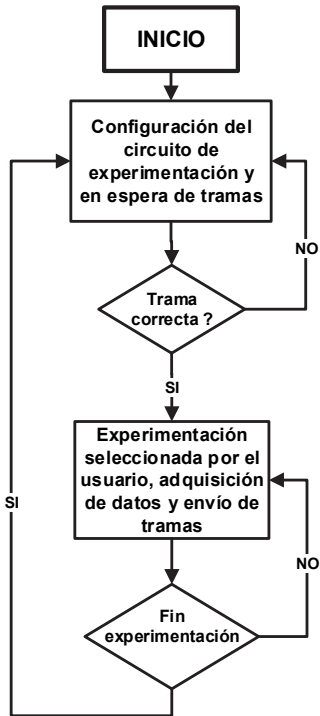


Figura 3. Diagrama de flujo de microcontroladores.
Fuente: Elaboración propia.

Para la puesta en marcha de la interfaz gráfica de usuario se requiere de la instalación de la herramienta WampServer, que incluye una base de datos MySQL, un servidor web Apache y un intérprete de PHP; por medio de la base de datos MySQL se administran diversos contenidos del portal y el registro de usuarios. Adicionalmente, se usó un sistema gestor de contenido (CMS), que permite organizar de una manera más simple el contenido de la interfaz de usuario. Actualmente el hardware de experimentación puede ser accedido de manera concurrente por un máximo de 3 usuarios, uno por cada dispositivo, motivo por el cual se implementó un administrador de citas que asegura la disponibilidad del recurso de experimentación por un tiempo suficiente para la práctica. El administrador de citas almacena la información de usuario en la base de datos del sistema y habilita el hardware si se accede en el horario establecido, el resto de usuarios que no tienen cita o que acceden en horarios adicionales a su cita pueden observar parte de la experimentación de otro usuario y acceder a algunas de las herramientas que el portal proporciona. Entre las herramientas y servicios encontramos aplicaciones sociales, módulos Wiki, talleres, guías, encuestas, tareas, entre otros, lo cual permite la comunicación entre usuarios para compartir experiencias y observaciones obtenidas durante la práctica. Es importante resaltar que el sistema incluye una cámara web que permite la observación en tiempo real del funcionamiento visual de los dispositivos.

Por otra parte, en el desarrollo software también se debe incluir el código de programación de las unidades de control presentes en la tarjeta de experimentación, las cuales son las encargadas de administrar el acceso y generar las señales de

| | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| CABECERA 1 0x6E | CABECERA 2 0x6E | DATO 1 | DATO 2 | DATO 3 | DATO 4 | DATO 5 | FIN TRAMA 0x7D |
|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|

Figura 4. Trama de comunicación.
Fuente: Elaboración propia.

control para cada uno de los circuitos de experimentación, además de sensar las variables y enviar los datos reales al servidor para el análisis de estos por parte del estudiante. El diagrama de flujo correspondiente al proceso de cada unidad de control para la captura de los resultados de experimentación es presentado en la Fig.3.

En el proceso de comunicación entre el servidor y cada una de las unidades de control se utilizó una trama de comunicación conformada por ocho (8) campos, los dos (2) primeros corresponden a la cabecera de trama, los siguientes cinco (5) son usados para el envío de datos y el último es el final de trama, que asegura una trama correcta evitando una configuración errónea, en la Fig.4 se presenta la trama de comunicación definida para el intercambio de información.

Como se mencionó anteriormente, la trama de comunicación se utiliza en el proceso inicial de configuración de los circuitos de experimentación, al igual que en el proceso de envío hacia el servidor de los resultados obtenidos, por lo tanto, en el caso de una trama de configuración se usan valores predefinidos que son decodificados por cada unidad de procesamiento para seleccionar las señales control indicadas, mientras que en el caso de una trama de respuesta o resultados, los campos son usados para el envío de los datos sensados durante la experimentación.

4. Resultados

El gestor de aprendizaje diseñado proporciona al usuario el acceso al portal web para programar una cita y realizar la experimentación con los dispositivos habilitados, facilitando y asegurando la experimentación remota, adicionalmente, después de ingresar al sistema en el horario de la cita, el usuario adquiere el control de la plataforma hardware y ejecuta las acciones soportadas que considere pertinentes para su experimentación, por otra parte, la plataforma le permite visualizar los datos reales de experimentación con el uso de tablas y gráficas de manera agradable, igualmente, el usuario puede compartir información y datos obtenidos durante la realización de su práctica a través de las aplicaciones sociales y herramientas incluidas en el sitio web, lo cual fomenta y apoya el aprendizaje colaborativo. Finalmente, el usuario tiene la opción de descargar el reporte de su experimentación, que incluye de manera detallada los datos de las variables sensadas, al igual que las gráficas de curvas características, siendo un soporte para la realización del informe que le permite centrarse en el análisis y comprensión de las características de funcionamiento.

Para validar el funcionamiento del gestor de aprendizaje se realizaron varias pruebas con los estudiantes, los cuales se registraron, programaron su cita e ingresaron al sistema para realizar la experimentación con cada uno de los dispositivos. Los resultados obtenidos en estas pruebas se despliegan a través de curvas características.

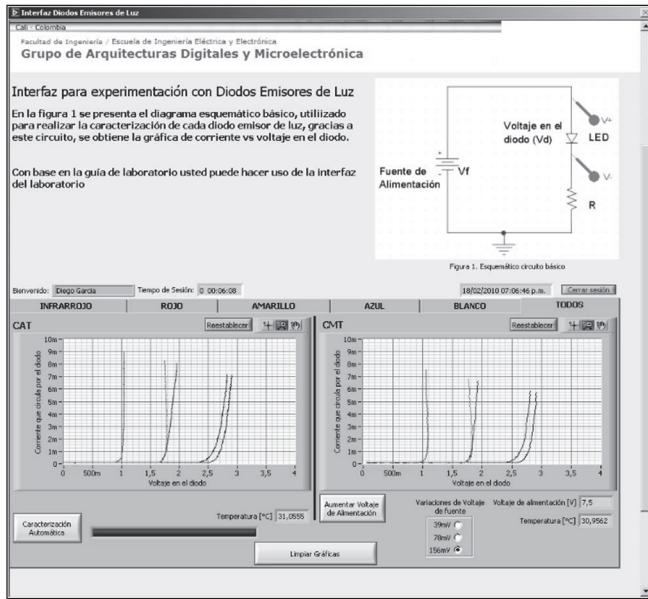


Figura 5. Interfaz gráfica Diodos Emisores de Luz.
Fuente: Elaboración propia.

En la Fig.5 se observan las curvas características de I_d vs V_d obtenidas de la experimentación con los diodos emisores de luz, en el lado derecho se observa la gráfica correspondiente a la experimentación manual, en la cual el usuario selecciona el incremento de la fuente de voltaje y la cantidad de muestras a tomar, mientras que la gráfica del lado izquierdo hace referencia a la experimentación automática, la cual realiza un barrido por todos los valores de la fuente de alimentación con el menor incremento posible. Igualmente, en la Fig.5 se observa un campo correspondiente al dato de temperatura ambiente del circuito.

La Fig.6 muestra la interfaz gráfica de usuario para la interacción con los circuitos de experimentación del optoacoplador, en ésta se observa el circuito esquemático experimental, el campo de selección de los valores de resistencias a usar y un espacio donde se grafican las señales TTL de entrada y salida en tres puntos especificados en el esquemático. El campo de selección de resistencias permite realizar 14 combinaciones que sirven para analizar el comportamiento del circuito en cuanto a niveles de tensión y tiempos de respuesta de manera gráfica.

La interfaz de usuario para la experimentación con el diodo de potencia se muestra en la Fig.7, en la cual se observa el circuito esquemático experimental y la gráfica de la curva característica de I_d vs V_d obtenida de la experimentación, la curva obtenida inicia desde tensiones negativas con corrientes casi nulas y termina en tensiones y corrientes cercanas a la unidad.

Por último, en la Fig.8 se muestra la tarjeta de circuito impreso diseñada para las fuentes de alimentación de las unidades de control, la cual se implementó con una fuente conmutada compuesta por el circuito integrado LT3501 de Linear Technology

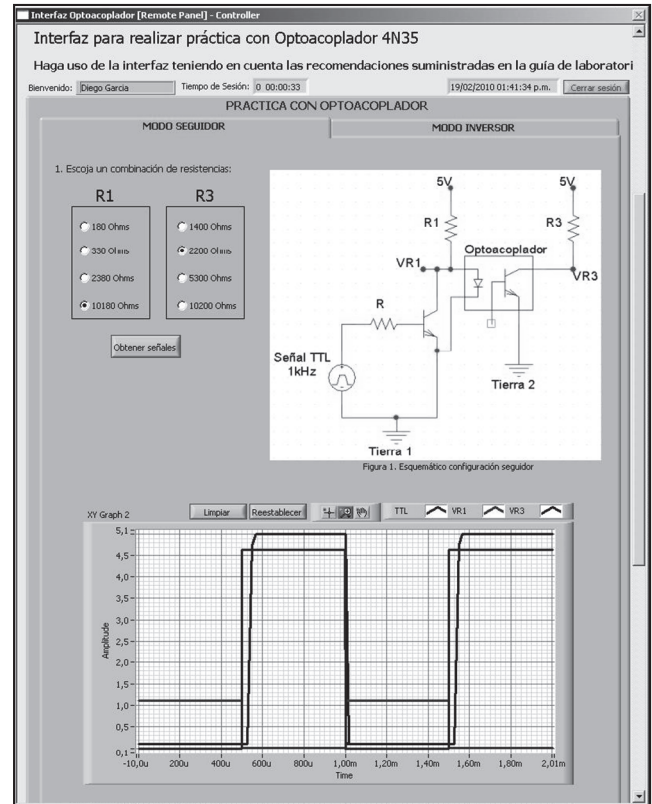


Figura 6. Interfaz gráfica Optoacoplador.
Fuente: Elaboración propia.

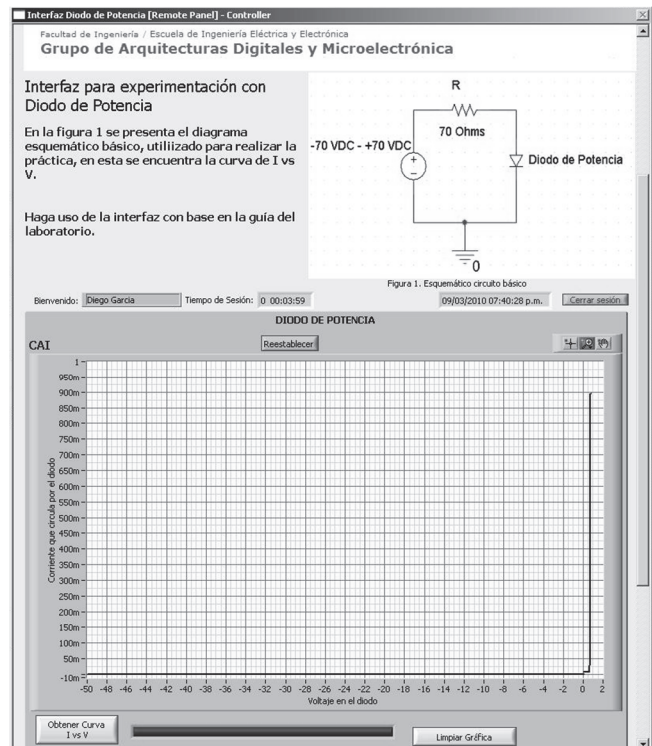


Figura 7. Interfaz gráfica Diodo de Potencia.
Fuente: Elaboración propia.

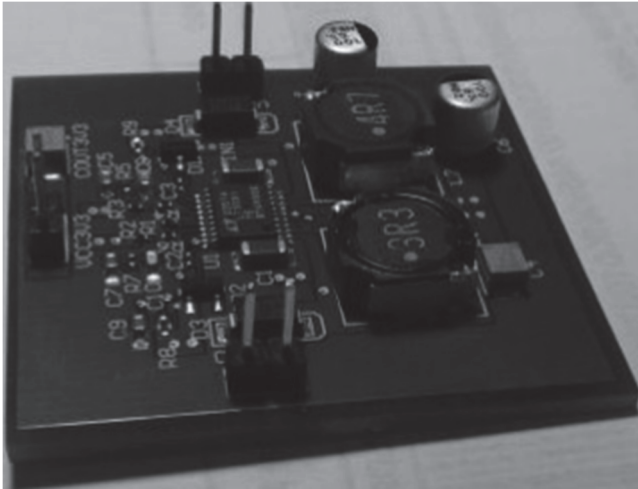


Figura 8. Tarjeta de alimentación unidad de control.
Fuente: Elaboración propia.

Como el gestor de aprendizaje incluye un desarrollo hardware y software, era necesario evaluar la funcionalidad de la aplicación desarrollada, para este fin se diseñó una encuesta que permitiera establecer la percepción por parte del usuario y cuáles son los aspectos positivos y/o negativos presentes. Los interrogantes presentes en la encuesta evalúan principalmente si el sistema permite realizar la actividad lo más rápido posible y de forma confiable, si los resultados obtenidos le permiten comprender el funcionamiento característico de los dispositivos y si la labor realizada lo deja satisfecho. La encuesta se ha aplicado a una muestra de 20 estudiantes y se encuentra actualmente bajo prueba con un total de 85% de aceptación y éxito.

5. Conclusiones y trabajos futuros

El sistema concebido es un progreso significativo en el campo de los laboratorios remotos educativos, aportando su aplicación a nuevas áreas del conocimiento como es el caso de la optoelectrónica, cabe destacar que este tipo de avances y/o aplicaciones son un aporte que genera un impacto social positivo al incrementar la cobertura y que en ningún momento pretenden reemplazar los laboratorios presenciales. Adicionalmente, estos sistemas permiten que los estudiantes realicen las actividades necesarias para la obtención de nuevos conocimientos y el desarrollo de competencias al proporcionar las herramientas e implementos necesarios durante las prácticas de laboratorio, del mismo modo, el sistema evita gastos por parte de los estudiantes relacionados con la compra de implementos y disminuye el consumo de materiales perjudiciales para el medio ambiente al igual que el consumo de energía.

Finalmente, los datos experimentales obtenidos durante el desarrollo de las prácticas con el sistema gestor de aprendizaje, se encuentran dentro del rango de resultados de las prácticas de laboratorio presencial, demostrando la validez del sistema en el proceso de enseñanza/aprendizaje, además de incentivar el aprendizaje colaborativo con la publicación de resultados mediante el uso de las redes sociales que hacen parte de las TICs.

Dentro de los trabajos futuros, en primera medida se puede haber planteado la implementación de las mejoras propuestas por los usuarios del sistema y la integración de otros dispositivos optoelectrónicos, por otra parte, el principal trabajo futuro está en desarrollar una aplicación software que permita la accesibilidad al sistema desde dispositivos móviles que implemente una metodología de enseñanza-aprendizaje adecuada.

Reconocimientos

Este artículo es producto de un proyecto de investigación financiado por convocatoria interna de la Universidad del Valle, por lo tanto, se agradece a la Universidad del Valle por el financiamiento suministrado.

Referencias

- [1] Lerro, F., Marchisio, S., Martini, S., Massacesi, H., Perretta, E., Gimenez, A., Aimetti, N. and Oshiro, J., Integration of an e-learning platform and a remote laboratory for the experimental training at distance in engineering education, Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2012 9th International Conference on IEEE, pp. 1-5, 2012. DOI: 10.1109/REV.2012.6293119
- [2] Besada-Portas, E., Lopez-Orozco, J., De la Torre, L. and De la Cruz, J., Remote control laboratory using EJS applets and twin CAT programmable logic controllers. IEEE Transactions, [Online]. 56 (2), pp. 156-164, 2012. DOI: 10.1109/TE.2012.2204754
- [3] Tawfik, M., Sancristobal, E., Martin, S., Diaz, G. and Castro, M., State-of-the-Art remote laboratories for industrial electronics applications, Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE), IEEE, pp. 359-364, 2012. DOI:10.1109/TAEE.2012.6235465
- [4] Dutta, S., Prakash, S., Estrada, D. and Pop, E., A web service and interface for remote electronic device characterization. IEEE Transactions, [Online]. 54 (4), pp. 646-651. 2011. DOI: 10.1109/TE.2011.2105488
- [5] Tokdemir, G. and Bilgen, S., Remote lab effectiveness assessment model, Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM, 11th International Conference IEEE, pp. 234-239, 2008. DOI: 10.1109/OPTIM.2008.4639517
- [6] Chang, G., Yeh, Z., Chang, H. and Pan, S., Teaching photonics laboratory using remote-control web technologies. IEEE Transactions, [Online]. 48 (4), pp. 642-651. 2005. DOI: 10.1109/TE.2005.850716
- [7] Castrillón, S., Hincapie, L. and Zapata, G., Remote laboratory prototype for automation of industrial processes and communications tests. DYNA, [Online]. 81 (185), pp. 19-23. 2014. DOI: 10.15446/dyna.v81n185.44145
- [8] Cardozo, C., El Helou, W., Bernal, A. and Ortiz, R., Computational system for the remote operation of a prototype hydroelectric plant through the web. DYNA, [Online] 79 (174), pp. 14-23. 2012. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v79n174/v79n174a02.pdf>
- [9] García, D., Torres, P. y Bernal, A., Diseño e implementación de un laboratorio remoto para la experimentación con dispositivos electrónicos ópticos y de potencia. Tesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2010.
- [10] Ibarra, C.A., Medina, S. y Bernal, A., Implementación de un laboratorio virtual para el estudio de dispositivos electrónicos. Tesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2007.
- [11] Valencia, A., Ramirez, J., Gomez, D. and Thomson, P., Aplicación interactiva para la educación en dinámica estructural. DYNA, [Online] 78 (165), pp. 72-83. 2011. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n165/a07v78n165.pdf>
- [12] Aliane, N., Fernández, J., Martínez, A. y Ortiz, J., Un laboratorio de ingeniería de control basado en Internet. Información Tecnológica, [Online]. 18 (6), pp. 19-26. 2007. DOI: 10.4067/S0718-07642007000600004

- [13] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, Altablero, el periódico de un país que educa y que se educa. Tecnologías de información y comunicaciones. Consideraciones para una Política sobre nuevas tecnologías y educación. [Online]. [Consulted November 20, 2013]. Available at: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/propertyvalue-31330.html>
- [14] Sendra-Sendra, J.R., Dispositivos Optoelectrónicos. [Online] 2001. [Consulted July 12, 2013]. Available at: http://www.iuma.ulpgc.es/~jrsendra/Docencia/dispositivos_optoelectronicos/download/teoria/apuntes/curso00-01.pdf
- [15] Dispositivos Semiconductores, Material de Clases. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina. [Online]. 2do Cuatrimestre de 2011. [Consulted October 15, 2012]. Available at: http://materias.fi.uba.ar/6625/Clases/Dispositivos_Optoelectronicos.pdf

D.F. García-Cedeño, received the BSc. Eng in Electronic Engineering in 2010 from the Universidad del Valle, Cali, Colombia. From 2007 to currently, he worked with the investigation group: Arquitecturas digitales y microelectrónica of Universidad del Valle. Currently, he is a professor the electronic devices and computer architecture in the Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. His research interests include: simulation, electronic modeling, remote laboratories and optoelectronics devices.

ORCID: 0000-0003-3728-2913

A. Bernal-Noreña, received the BSc. Eng in Electrical Engineer in 1987 from Universidad del Valle, Cali, Colombia, the MSc degree in Science in Electrical Engineering majoring in VLSI circuit design from Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil in 1997, and the PhD degree in Microelectronics from Institute National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, France in 1999. He was joined Microelectronic Group - Universidad del Valle, where a development project oriented to improve the national technological capacities was executed. News methodologies and the updating in technologies & tools in microelectronic applications were explored and remote laboratories. From March - 1990 he was joined Integrated Systems Laboratory (LSI) in the VLSI System Design Methodologies Group where was started a Research and Development work about FORTH oriented Microprocessors, sponsored by FAPESP and Banco do Brasil. He is a full professor in the Facultad de Ingenierias of Universidad del Valle, Cali, Colombia.

ORCID: 0000-0003-4766-8086



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Área Curricular de Ingeniería
Eléctrica e Ingeniería de Control

Oferta de Posgrados

Maestría en Ingeniería - Ingeniería Eléctrica

Mayor información:

E-mail: ingelcontro_med@unal.edu.co
Teléfono: (57-4) 425 52 64