

Experimentacion Remota para el Análisis de Dispositivos Ópticos y de Potencia

Duván F. García

Universidad del Valle, Cali, Valle del Cauca, Colombia, duvan.garcia@correounivalle.edu.co

Alexander Vera

Universidad del Valle, Cali, Valle del Cauca, Colombia, alexander.vera@correounivalle.edu.co

Álvaro Bernal

Universidad del Valle, Cali, Valle del Cauca, Colombia, alvaro.bernal@correounivalle.edu.co

ABSTRACT

Remote experimentation is key in the development of skills in engineering education. It contributes to increased coverage in the training of some electronic engineering courses, which require active experimentation. A remote laboratory was implemented for learning of optical electronic devices and power devices. The system consists of a set of electronic devices such as light emitting diodes, optocouplers, power diodes and its signal conditioning interfaces; however, a web-application tool was developed too regarding concepts as content management systems and learning management systems. Device characteristics curves were collected through graphical user interface via PC, which was connected to internet.

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

RESUMEN

La experimentación remota es un aspecto fundamental en el desarrollo de competencias en la educación en ingeniería, lo que contribuye al aumento en la cobertura de algunos cursos de ingeniería electrónica que requieren de experimentación activa. En este trabajo se ha implementado un laboratorio remoto para el aprendizaje de dispositivos electrónicos ópticos y de potencia. El sistema consta de un conjunto de componentes electrónicos como diodos emisores de luz, optoacopladores, diodos de potencia y sus interfaces de acondicionamiento de señal; sin embargo, se desarrolló también una aplicación web considerando los conceptos de sistemas gestores de contenido y de aprendizaje. La curvas características de los dispositivos fueron reunidas a través de una interfaz gráfica de usuario, por medio de un PC conectado a internet.

Palabras claves: dispositivos optoelectrónicos, experimentación remota, herramienta de aprendizaje, TIC

1. INTRODUCTION

El desarrollo educativo como tendencia mundial sugiere la transformación del sistema educativo en cuanto a magnitud y pertinencia, usando estrategias que amplíen la cobertura con criterios de equidad para mejorar la calidad y aumentar su eficiencia y productividad. El uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) en la educación se hace cada vez más esencial para cumplir estos propósitos; no obstante, además de su disponibilidad es necesario diseñar e implementar metodologías apropiadas para su inclusión en los modelos educativos, permitiendo a la comunidad académica acceder a información necesaria para ser más competente en un mundo cada vez más globalizado.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje en la ingeniería electrónica es de suma importancia la realización de prácticas de laboratorio para que los estudiantes puedan afianzar los conocimientos expuestos en clases magistrales. Sin embargo, en ocasiones se presentan circunstancias que impiden o limitan el normal desarrollo de las prácticas presenciales, lo que deriva situaciones que afectan el curso adecuado de la formación en ciertas competencias. En la actualidad, una de las áreas importantes en la ingeniería electrónica es la optoelectrónica, puesto que muchos de los sensores, dispositivos y circuitos muestran dependencia funcional de la interacción entre los electrones y el haz de luz, aprovechando las amplias y buenas características que dicha interacción brinda para la medición de variables, el transporte de información y la disminución del consumo de potencia en los circuitos. No obstante, muy pocos programas académicos consideran esencial esta área, de la que surgen desarrollos favorables en muchos proyectos de investigación y desarrollo.

En este documento se describe el modelo de laboratorio remoto propuesto para el entrenamiento en línea en el área de dispositivos electrónicos ópticos. Este modelo involucra las interfaces electrónicas para experimentación, un servidor de hardware (PC), unidades de control y de adquisición basadas en microcontroladores. Finalmente, la aplicación web en la que está soportada toda la información del portal en motores de bases de datos.

Por tal motivo y teniendo en cuenta la importancia de los dispositivos optoelectrónicos, se destaca el desarrollo de un sistema informático y una metodología de enseñanza-aprendizaje, que permita a los estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad del Valle el desarrollo de habilidades y competencias bajo los lineamientos y didácticas sugeridas por modelos de aprendizaje activo con los dispositivos optoelectrónicos, usando las TICs y los servicios WEB 2.0 en su proceso educativo.

Esta propuesta se constituye de cuatro secciones: la primera corresponde a una recopilación de antecedentes y contextualización de los laboratorios remotos en esta área, la siguiente plantea la propuesta arquitectural del sistema, mostrando el desarrollo hardware y software; finalmente, los resultados y conclusiones son presentados.

2. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

El uso de las TICs en la educación estimula el desarrollo de habilidades en el aprendiz como el análisis, la síntesis, la evaluación e interpretación, generando un pensamiento crítico y autónomo para la construcción de conocimiento; así mismo, permite la creación de redes de información colaborativas y la ampliación de la cobertura educativa, al permitir la inclusión de estudiantes en condición de discapacidad, con problemas económicos y/o de movilidad en el sistema educativo.

La ejecución de experiencias de forma remota a través de internet con el uso de TICs permite al estudiante el acceso a diferentes sistemas y medir variables en procesos reales, los cuales requieren frecuentemente de equipos de medición y prueba costosos que no se encuentran al alcance de todas las instituciones educativas en países en vía de desarrollo.

Por otra parte, es importante resaltar que los niveles de investigación en el área de optoelectrónica se han incrementado, contribuyendo en desarrollos tecnológicos cada vez más confiables y con mayores velocidades de respuesta para los procesos de las diferentes industrias. Actualmente, los programas de formación en ingeniería electrónica deben fortalecer y actualizar permanentemente sus currículos para garantizar la formación de competencias en ésta y otras áreas que requieren de la inclusión de didácticas experienciales en beneficio de la calidad.

A nivel internacional existe un amplio panorama de proyectos relacionados con laboratorios remotos en distintas áreas de aplicación como la ingeniería, la física y la química entre otras. F. Lerro y colaboradores de la Universidad Nacional del Rosario y la compañía e-ducativa. S.A de Argentina, en julio de 2012 realizaron la implementación de un laboratorio remoto de física electrónica y un sistema de gestión de aprendizaje (Lerro et al., 2012). Este proyecto pretende integrar los nuevos desarrollos en el plan de estudios de la ingeniería electrónica, actualmente es posible realizar experimentos con el diodo de unión P-N, el diodo zener, el transistor BJT de germanio y de silicio, el FET, el fototransistor y el LED infrarrojo. Mohamed Tawfik y colaboradores de la

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de Madrid España, en junio del 2012 publicaron una revisión del estado del arte de los laboratorios remotos para aplicaciones industriales de la electrónica y sus etapas de diseño, abordando muchas soluciones en el desarrollo y las fases de diseño (Tawfik et al., 2012). Eva Besada-Portas [3] y colaboradores de la Universidad Complutense de Madrid España, en junio de 2012 presentaron una nueva metodología para desarrollar laboratorios remotos para la ingeniería y cursos de automatización, basado en el uso combinado de TwinCAT, un laboratorio servidor de aplicaciones Java y el appletEasy Java Simulations (EJS)(Portas et al., 2012). Así mismo, Sumit Dutta y colaboradores de la Universidad de Illinois (UIUC) llevaron a cabo un proyecto que permite realizar mediciones remotas de dispositivos electrónicos, utilizando los navegadores estándar sin pluggins adicionales, controlando una fuente de medición Keithley y monitoreando los resultados en tiempo real desde cualquier lugar a través de internet (Dutta et al., 2011). Este laboratorio es usado por los estudiantes de pregrado de ingeniería electrónica en el curso de dispositivos electrónicos de estado sólido. 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, de los cuales se dice que aumentan la eficiencia en la enseñanza, proporcionan tiempo y ahorran dinero, los modelos de evaluación se basan en las interacciones del laboratorio remoto con su entorno e influyen en el éxito del curso y por tanto del estudiante (Tokdemir y Bilgen, 2008). Gao-WeiChang y colaboradores de la Universidad Normal Nacional de Taiwan en 2005 proponen un sistema de educación a distancia, llamado Virtual Photonics Experiments Network (V-PEN), con el cual facilitan la enseñanza y el aprendizaje de la fotónica, transformando experimentos reales en experimentos en línea (Chang et al., 2005).

Dentro de este contexto, en el marco nacional y local también se han desarrollado algunos proyectos relacionados, en los cuales se destacan los desarrollados en el grupo de investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica de la Universidad del Valle (García y Torres, 2010) (Bernal et al., 2007). Estos trabajos permiten el estudio de dispositivos electrónicos como el diodo de unión, diodo zener, transistores y la visualización de los datos obtenidos luego de realizar una práctica de laboratorio a través de una interfaz gráfica de usuario. Así mismo, su desarrollo estuvo apoyado en lenguajes de programación como JAVA y herramientas EDA como LabView.

Un laboratorio de experimentación remota es un conjunto de equipos físicos que se pueden operar y controlar remotamente, utilizando una interfaz determinada. Estos equipos pueden ser didácticos y para su implementación, se requiere de servidores específicos que gestionan tanto a los usuarios del sistema como los equipos integrados (Aliane et al., 2007). En la actualidad, es ideal el uso de este tipo de laboratorios en diferentes áreas del conocimiento, permitiendo su uso las 24 horas del día, desde cualquier lugar con cobertura de internet, lo que aumenta la cobertura y disponibilidad de este tipo de recursos en diferentes contextos de enseñanza/aprendizaje. Así, se considera fundamental el uso de las TICs en el contexto de la educación superior y se hace necesario involucrar la potencialidad de los servicios Web 2.0, los cuales facilitan la creación de redes de conocimiento pluriculturales y permiten una mirada mucho más amplia del entorno para la generación de soluciones más completas a los diferentes problemas que surgen a diario (Papert, 2004). Cabe resaltar que estos aspectos son esenciales en la docencia, investigación, la gestión escolar y administrativa (Gema et al., 2013).

Los dispositivos optoelectrónicos son aquellos 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 (Sendra, 2001)(Universidad de Buenos Aires, 2011). Para el desarrollo de habilidades en este campo del conocimiento el aprendizaje experiencial es fundamental. En esta área, es imprescindible que el estudiante pueda establecer parámetros de caracterización a través de circuitos de prueba, medir las variables involucradas para su análisis posterior mediante curvas de comportamiento. Con frecuencia, se requiere de módulos especializados para la adquisición de datos, software de herramientas EDA, además de los circuitos analógicos de soporte y adecuación de señal e instrumentación, lo que representa un recurso didáctico que no es asequible para todos los estudiantes, dados los costos que puede representar. Por lo tanto, es de vital importancia la disponibilidad de los recursos mínimos de laboratorio para que el proceso de formación académica en esta área involucre el desarrollo de competencias experienciales. La integración de TIC en estos procesos permitiría la administración de un recurso

compartido en línea, con una disponibilidad aún más extendida que los laboratorios físicos presenciales. Así, se conseguirán simultáneamente dos objetivos didácticos: El primero consiste en realizar prácticas relacionadas con dispositivos electrónicos ópticos y de potencia, ampliando la disponibilidad del laboratorio y segundo, desarrollar en los estudiantes las habilidades en el manejo de las TIC(Universidad de Buenos Aires, 2011).

El desarrollo y oferta actual de servicios basados en “*apps sociales*” con contenidos multimediales, hacen parte de la Web 2.0. Con esta tendencia se plantea una nueva visión y una ventana de oportunidades para la innovación de la educación y la gestión del conocimiento a nivel organizacional y personal. El software social: blogs, wikis, marcadores sociales, servicios RSS, podcasts, repositorios sociales de videos, fotos, presentaciones, archivos, etc. representa un soporte robusto para los procesos y prácticas educativas abiertas, especialmente para las universidades.

3. ARQUITECTURA IMPLEMENTADA

La arquitectura implementada en el laboratorio de experimentación remota se ilustra en la figura 1, en la cual se observan dos partes principales, la primera corresponde a la plataforma experimental en la cual se encuentra la parte hardware que permite la interacción y experimentación con cada dispositivo; la segunda parte está compuesto por el software que conforma las interfaces de usuario que permiten el envío de tramas u órdenes a cada unidad de control, la captación de información enviada por las mismas, el procesamiento de esta información, generación de páginas web con interfaces de acceso al sistema, administración y almacenamiento de usuarios y datos suministrados por las unidades de control, generación de reportes con posibilidad de descarga por parte del usuario y montaje de servidor web .

3.1 PLATAFORMA EXPERIMENTAL

La plataforma de experimentación concebida permite interactuar con dispositivos electrónicos ópticos y de potencia, entre los cuales están diodos emisores de luz (LED), optoacoplador y diodo de potencia. Esta plataforma permite interactuar de manera independiente con cada uno de los dispositivos a experimentar, por lo que se observa un primer bloque (Ver figura 1) que corresponde a los circuitos necesarios para la operación de ellos. Un segundo bloque está compuesto por los circuitos de acondicionamiento de señal encargados de entregar las señales a ser digitalizadas por la unidad de procesamiento. El tercer bloque corresponde a la unidad de control de cada uno de los circuitos de experimentación, la cual se encarga de generar señales de control y excitación, sensar las señales de interés para la experiencia y/o caracterización correspondiente, interpretar las tramas de control enviadas desde el computador y enviar tramas de respuesta al mismo; por último, los bloques encargados de enlazar el computador con la unidad de procesamiento permiten transmitir las tramas de control y respuesta de manera correcta (Ver figura 2).

3.1.1 HARDWARE IMPLEMENTADO PARA LA EXPERIMENTACIÓN CON LOS DIODOS EMISORES DE LUZ(LED'S)

Para realizar la experimentación con los diodos emisores de luz se implementa un circuito para medir la corriente circulante por el diodo y la caída de tensión en éste, alimentado por una fuente de voltaje controlada (mediante un DAC y un opamp) en el rango de 0V a 10V. Así, mediante medida de las variables relacionadas se realiza una gráfica de I_d vs V_d , que permite desarrollar en el estudiante habilidades del nivel de análisis, de orden crítico y propositivo. Es importante aclarar que la plataforma de experimentación cuenta con cinco LEDs (infrarrojo, amarillo, rojo, azul y blanco), los cuales por su longitud de onda presentan diferentes características, como el voltaje umbral. Se utilizan interruptores bilaterales de cuadrángulo CMOS para agrupar las conexiones de estos dispositivos. Por otra parte, es posible realizar los incrementos voltaje de la fuente con diferente ΔV manual o automáticamente, lo que permite al estudiante tomar una colección de datos para extraer con mayor precisión los parámetros del dispositivo. Adicionalmente, el circuito de experimentación cuenta con un sensor de temperatura LM35, ya que los dispositivos semiconductores presentan alta sensibilidad a los cambios de temperatura siendo un punto clave en la comprensión del funcionamiento de los mismos. En el acondicionamiento de las señales se utilizaron varios amplificadores operacionales. Un microcontrolador se encarga de generar las señales digitales de

control de la fuente de alimentación, las señales de control de los interruptores bilaterales de cuadrángulo que se encargan de la activación de los diferentes circuitos de experimentación de cada LED y se conectaron los canales del puerto analógico digital a cada uno de los nodos correspondientes a las variables a sensar para realizar la caracterización de los dispositivos. Finalmente, existe un circuito para la comunicación entre la unidad de control y el computador, el cual permite el intercambio de tramas de configuración y control, la ejecución de órdenes y datos correspondientes a las variables sensadas en el circuito de experimentación para su procesamiento en el servidor y finalmente permitir la visualización de los resultados por parte del usuario a través de la interfaz gráfica.

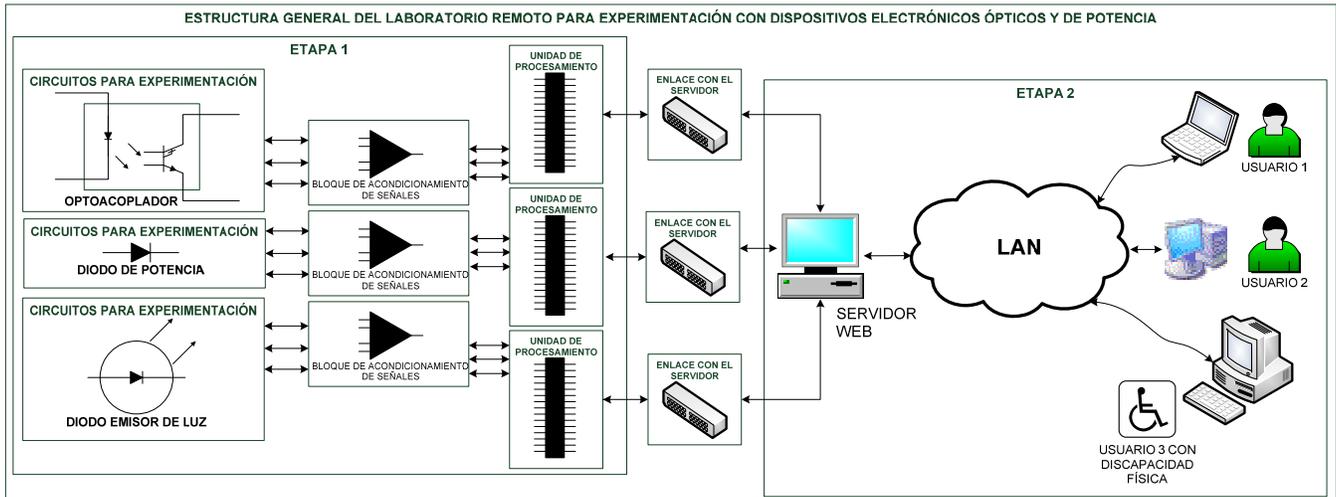


Figura 1: Estructura General del Laboratorio Remoto Propuesto

3.1.2 HARDWARE IMPLEMENTADO PARA LA EXPERIMENTACIÓN CON EL OPTOACOPLADOR

En la experimentación con optoacoplador es importante conocer los tiempos de respuesta y la forma de onda de la señal de entrada y salida, así como la configuración para la transmisión de dichas señales. Entre estas configuraciones, se implementan el circuito seguidor de señal TTL y el inversor, para explorar desarrollo de habilidades en sistemas de comunicación. La plataforma experimental cuenta con dos optoacopladores con diferente configuración, dos unidades de control conectadas entre sí mediante comunicación SPI, cada una con dos (2) módulos de captura. La etapa de acondicionamiento de señal consta de dos multiplexores analógicos de 4 a 1 que permiten variar la resistencia (16 combinaciones posibles) para obtener una respuesta más rápida y estable dependiendo de la frecuencia de la señal transmitida. La unidad de procesamiento es la encargada de generar la señal TTL de entrada, además de sensar los diferentes niveles de tensión de las señales de entrada y salida del optoacoplador. Por otra parte, se utilizan los módulos de captura para tomar el retardo presentado en el flanco de subida y en el flanco de bajada con respecto a la señal de entrada, proporcionando puntos claves en el análisis y comprensión de este dispositivo para que el estudiante desarrolle de mejor forma las competencias correspondientes al tema de estudio.

3.1.3 HARDWARE IMPLEMENTADO PARA LA EXPERIMENTACIÓN CON EL DIODO DE POTENCIA

El diodo de potencia es uno de los dispositivos más importantes en el área de electrónica de potencia, por tal motivo se ha seleccionado como el elemento esencial para este tipo de experimentación. Estratégicamente se permite su polarización en inversa y se mide la corriente que le atraviese, al igual que la caída de tensión provocada en este; posteriormente se realiza el mismo proceso con el diodo en polarización directa. La fuente es una reductora de voltaje alimentada con aproximadamente 100Vdc, y manejada desde la unidad de control. El circuito de experimentación posee un diodo de potencia 40EPS08 y una resistencia que limita la corriente máxima circulante a 1A aproximadamente. El acondicionamiento de señal está constituido por un circuito de acoplamiento óptico que garantiza a integridad de la excitación del dispositivo de potencia de la fuente. Adicionalmente se

implementó un *switch* de seguridad mediante un relé para controlar el paso de los 100Vdc hacia la fuente reductora. Para medir el voltaje de salida de la fuente reductora se utilizó un amplificador de aislamiento con ganancia. La medición de la corriente del circuito de experimentación se realiza mediante un sensor de corriente conectado en serie con el diodo. Para medir la caída de tensión en el diodo de potencia y así obtener los datos necesarios para la realización de la curva característica es necesario otro amplificador de aislamiento con la misma configuración que el primero, proporcionando la señal acondicionada a otro de los canales de conversión analógica digital.

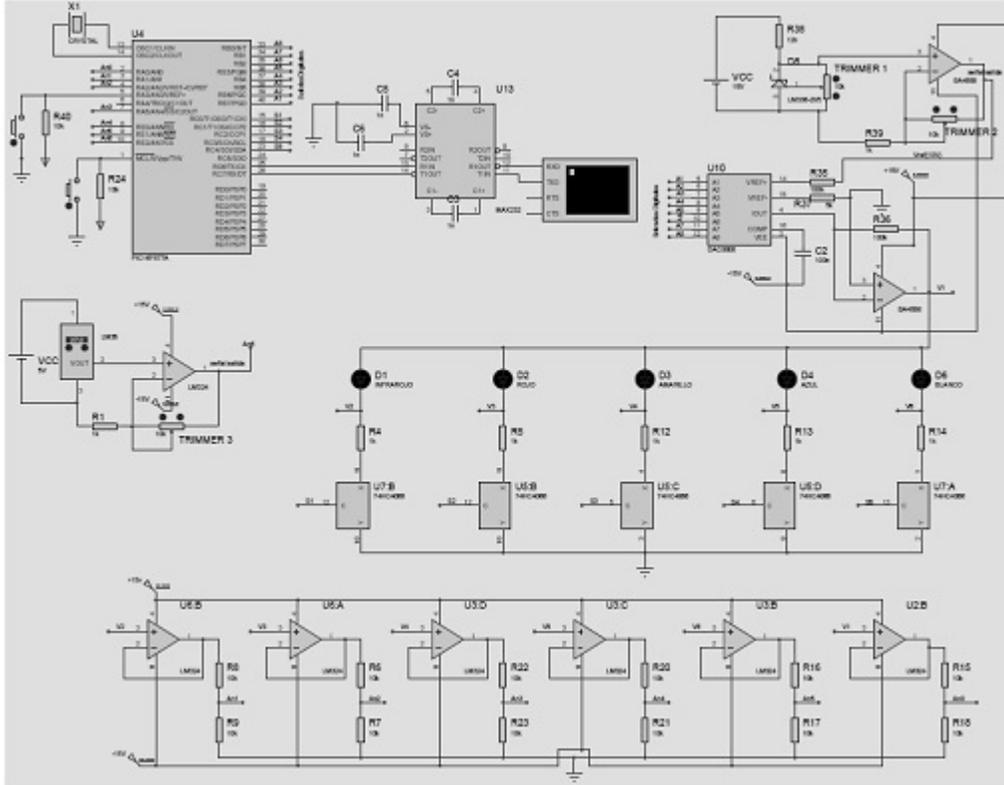


Figura 2: Diagrama esquemático de circuitos de experimentación y comunicación

3.2 DESARROLLO SOFTWARE

Los laboratorios virtuales y remotos pretenden acercar a estudiantes, que por diferentes motivos no pueden acceder a prácticas y simulaciones, hacia un espacio real de experimentación. Los planteamientos reportados en la bibliografía consideran aspectos que comúnmente forman parte de las aplicaciones cliente/servidor en cuanto a interfaces de usuario con contenidos técnicos y los controles y herramientas estrictamente necesarios. Sin embargo, para que la experiencia de aprendizaje, en particular para dispositivos optoelectrónicos y de potencia, se acerque suficientemente a los beneficios que se obtienen en una práctica real presencial, deben considerarse además de los conceptos introducidos en Web 2.0, servicios de caracterización y medida de los dispositivos electrónicos bajo prueba, garantizando también el acceso al recurso hardware. Con esto se evidencia la necesidad de diseñar una aplicación que brinde todos estos servicios a través de una única plataforma, de manera que se optimice desde el diseño electrónico y de software hasta las metodologías de enseñanza/aprendizaje que tendrían lugar a través de ella como recurso. De esta forma, centrándose en la población que se beneficiaría de este tipo de sistemas se plantean los siguientes cuestionamientos que sirven como base para la definición de los requisitos que debe cumplir la aplicación:

- ¿Qué aspectos técnicos y metodológicos deben considerarse en la presentación de una aplicación Web para experimentación remota de dispositivos electrónicos ópticos, en procura de garantizar el desarrollo de los procesos de enseñanza/aprendizaje en el área?

- ¿Cómo administrar de forma eficiente y automática los recursos de la aplicación con el fin de garantizar el acceso a múltiples usuarios que intentan hacer uso de la plataforma hardware?
- ¿Qué consideraciones deben tenerse en cuenta a nivel de enlace de datos para garantizar el acceso al recurso físico de experimentación, con las condiciones y parámetros adecuados y preestablecidas por el usuario a nivel de aplicación (parametrización y medida)?

La aplicación pretende proporcionar a los usuarios el manejo de una placa para experimentación que involucra hardware analógico para análisis de señales y caracterización de dispositivos, y que puedan acceder a información relevante al tema disponible en el sitio web del curso. Finalmente, los usuarios puedan interactuar con otros a través de las herramientas que el portal proporcione. La aplicación suministra información o acceso a contenidos autorizados dependiendo del tipo de usuario que acceda al sitio web; para ello se establecen usuarios no registrados, usuarios estudiantes y usuarios docentes administradores. La descripción general de la interacción entre el sistema y los usuarios se presenta en la Figura 2.

La operatividad de la herramienta es posible por la instalación del paquete *WampServer*, que contiene un servidor web *Apache*, un intérprete de *PHP* y una base de datos *MySQL*, desde la cual se administra el registro de usuarios y el contenido del sitio web. Para la construcción de este *website* se instala un gestor de contenidos (*CMS*) de código libre, que simplifica la organización de la interfaz gráfica de usuario y la información disponible para el mismo. La tarjeta para experimentación solo soporta acceso concurrente para prácticas con diferentes dispositivos (3), por lo que se ha implementado un sistema gestor de citas que habilita el hardware a los usuarios por turnos. Este sistema usa la base de datos para asociar los horarios asignados con la información personal de usuario. El usuario registrado puede ingresar al sitio web sin previa solicitud de cita y tendría acceso a las herramientas que la aplicación web proporciona, con excepción de la tarjeta de experimentación. Los servicios que se proporciona a los usuarios mediante la página Web son administradas por los docentes y obedecen a base de datos, módulos *Wiki*, tareas, módulos de encuesta, consulta, talleres, entre otros. Los usuarios tienen acceso a una cámara Web que permite observar en tiempo real las pruebas que se realicen sobre los elementos visuales de la tarjeta.

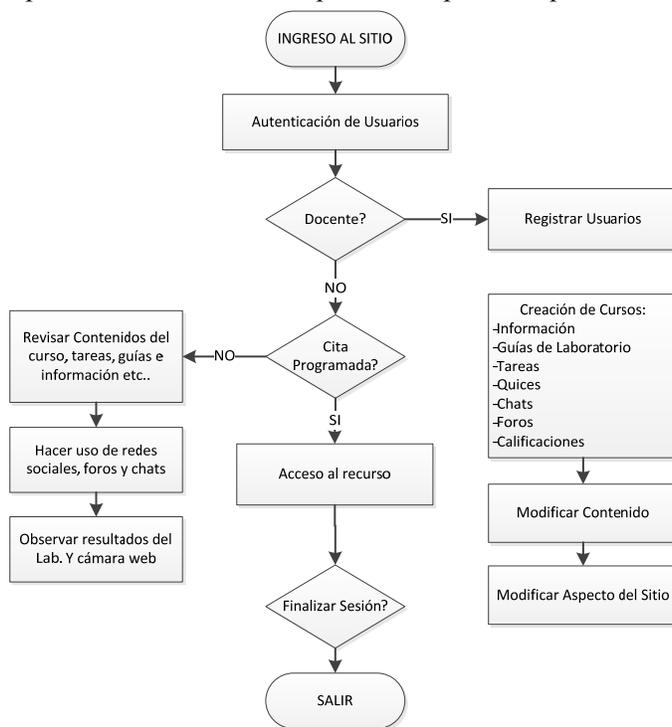


Figura 2: Diagrama de Flujo de Usuario

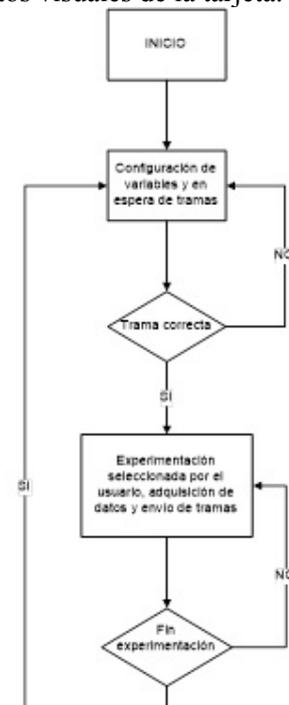


Figura 3: Diagrama de Flujo de Controladores

Adicionalmente se debe resaltar que no solo se cuenta con el desarrollo software que tiene que ver con la interfaz gráfica, sino que se diseñó una plataforma de experimentación que cuenta con varias unidades de control, las cuales se encargan de gestionar la tarjeta electrónica para acceder a datos reales de experimentación que brindan al estudiante una mejor comprensión del funcionamiento de los dispositivos vinculados al laboratorio. La figura 3 muestra el diagrama de flujo general implementado en cada una de dichas unidades de control para obtener los resultados de experimentación y/o caracterización que cumplan con la finalidad pedagógica de la plataforma. Para establecer la comunicación entre la unidad de procesamiento y el computador se definió una trama de comunicación que se encuentra conformada por ocho (8) campos de los cuales los dos (2) primeros corresponden a la cabecera de trama, los 5 siguientes se utilizan como campo de datos y el último se emplea como final de trama, a continuación se ilustra la trama de comunicación en la figura 4.

CABECERA 1 0x8E	CABECERA 2 0x8E	DATO 1	DATO2	DATO3	DATO4	DATO 5	FIN TRAMA 0x7D
--------------------	--------------------	--------	-------	-------	-------	--------	-------------------

Figura 4: Trama de Configuración y Recepción de Datos

La trama de comunicación se utiliza tanto para la configuración de la experimentación como para el envío de los datos obtenidos durante la experimentación, para el primer caso el campo de datos está compuesto por valores predefinidos que configuran la unidad de control y definen el experimento a realizar, mientras que para el caso de envío de datos este campo se utiliza para transmitir los datos adquiridos durante la etapa de experimentación.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema concebido permite al usuario acceder al recurso y programar su cita para la realización de la práctica sobre la plataforma experimental, controlando su ejecución mediante la interfaz de usuario y permitiéndole visualizar datos reales de la experimentación mediante gráficas y tablas de manera amigable, brindando la posibilidad de compartir dicha información y los conocimientos adquiridos a través de las redes sociales generando a su vez aprendizaje colaborativo. Por otra parte el estudiante tiene acceso a un reporte detallado con los datos de experimentación obtenidos, consignados en tablas y graficas que facilitan la realización de su informe de laboratorio, concentrándose en las características fundamentales de funcionamiento.

Las pruebas realizadas al sistema permiten corroborar el buen funcionamiento de este mediante su utilización por parte de estudiantes del curso de Dispositivos electrónicos de la Universidad del Valle y se consignan en gran medida mediante imágenes que serán mostradas a continuación.

La figura 5 muestra los resultados obtenidos de la experimentación con los diodos emisores de luz, permitiendo visualizar la curva característica de I_d vs V_d de cada uno, la gráfica de la izquierda corresponde a la caracterización automática, mientras que en la derecha aparece la caracterización manual para modificar desde interfaz de usuario el delta de variaciones de voltaje de la fuente y proporcionar un mayor control sobre su experimentación. Resulta evidente el estímulo de habilidades de nivel analítico y consolidación conceptual desde las curvas características obtenidas a partir de la herramienta. Adicionalmente, se presentan los datos relativos a la temperatura ambiente bajo la cual está funcionando el circuito.

En la figura 6 se puede observar la interfaz de usuario correspondiente a la práctica con el optoacoplador, en la cual se presenta el esquemático del circuito a emplear en la experimentación, además de proporcionar la posibilidad de modificar los valores de 2 resistencias e ir analizando el comportamiento del circuito por dicha variación. En la parte inferior se puede observar una gráfica que muestra las señales TTL de entrada y salida del circuito en tres puntos específicos de este.

Finalmente en la figura 7 se observa la interfaz gráfica para la experimentación con el diodo de potencia, la cual permite visualizar el esquemático del circuito y la curva característica de I_d vs V_d obtenida en el desarrollo de la práctica, la cual inicia con el diodo en polarización inversa desde 0V hasta -70Vdc y posteriormente pasa a la polarización en directa hasta el valor de 70Vdc.

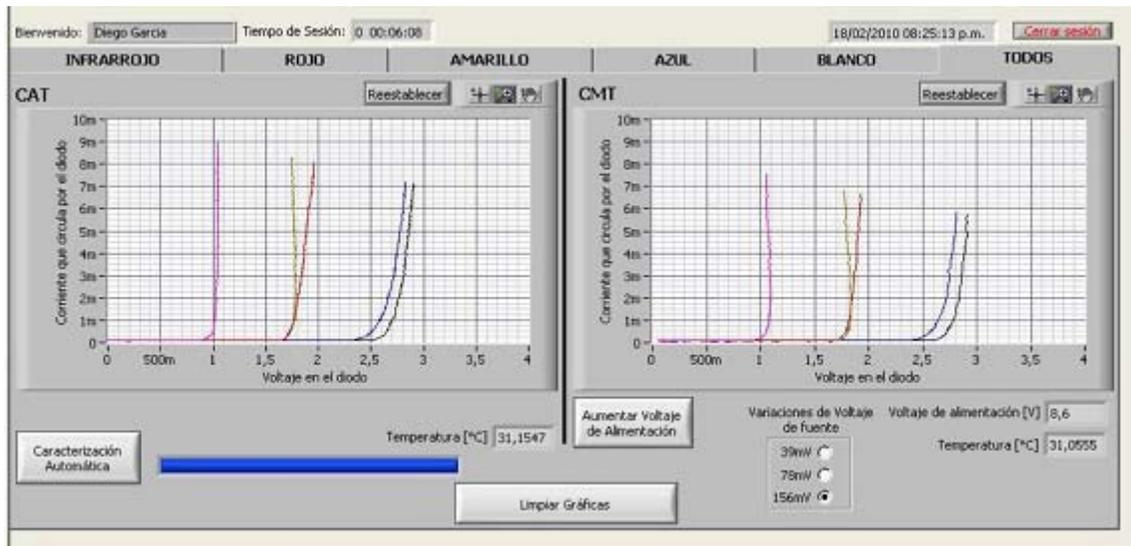


Figura 5: Experimento con Todos los Diodos emisores de Luz disponibles

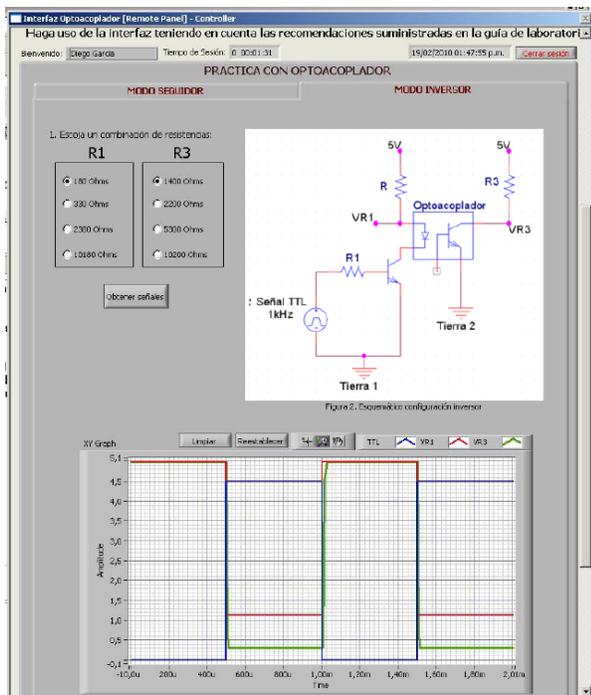


Figura 6: Experimento con Optoacoplador en modo inversor

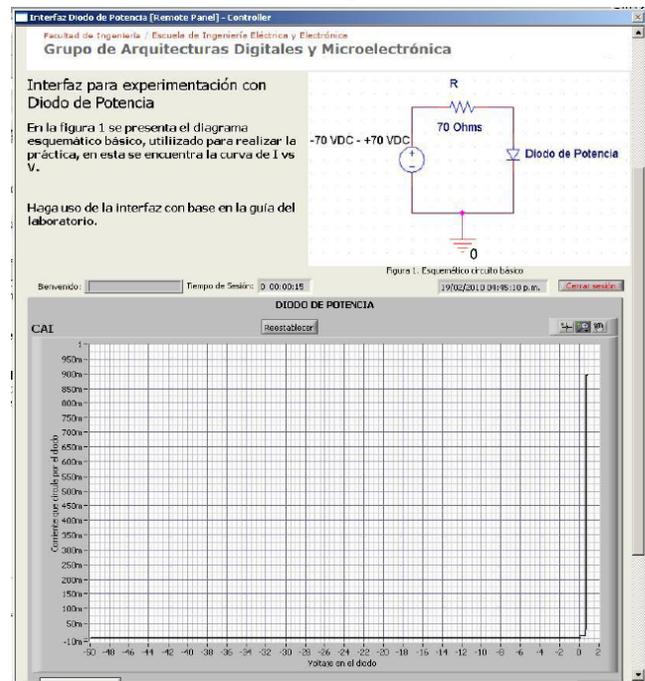


Figura 7: Experimento con Todos los Diodos emisores de Luz disponibles

Con el fin de evaluar la funcionalidad de la aplicación desarrollada y haciendo uso de las herramientas de usabilidad (Quiñones, 2013), se diseñó una encuesta con el objetivo de determinar los aspectos técnicos y de contenido que el usuario percibe como positivos o negativos. Si el sistema ayuda a que el usuario minimice los errores cometidos o se recupera de ellos fácilmente, si permite hacer la tarea lo más rápido posible y además el usuario queda satisfecho con la labor realizada, el sistema tiene una buena usabilidad. La muestra seleccionada en un curso de “Dispositivos Semiconductores” para tal fin, fue de 20 estudiantes y se encuentra bajo aplicación desde hace dos períodos, obteniendo un 87% de favorabilidad parcial.

El sistema desarrollado proporciona un avance significativo en el área correspondiente a los laboratorios remotos para la enseñanza, los cuales se pueden implementar en muchos temas de investigación y diferentes áreas del conocimiento. Es importante resaltar que este tipo de sistemas no pretenden reemplazar las prácticas presenciales,

sino que por el contrario son un apoyo para ampliar la cobertura del conocimiento y al mismo tiempo generar un impacto social positivo, ya que muchas personas en condición de discapacidad pueden acceder a estos desde la comodidad de sus casas mientras desarrollan diferentes competencias que en muchas ocasiones mejoran su estilo de vida. De igual forma los sistemas informáticos de este tipo proporcionan a los estudiantes los implementos y herramientas necesarias para adquirir todo tipo de conocimientos evitando gastos por parte de estos y al mismo tiempo disminuye el consumo de energía y materiales perjudiciales para el medio ambiente.

Los resultados obtenidos por el desarrollo de la plataforma de experimentación de dispositivos electrónicos ópticos y de potencia se encuentran acorde con los resultados de las practicas presenciales, mostrando la eficiencia en el proceso de aprendizaje, además de permitir la publicación de dichos resultados y diferentes experiencias logrando ir de la mano del aprendizaje colaborativo mediante el uso de las TIC.

REFERENCIAS

- Carlos, I., Sebastián, M., Álvaro, B. (2007). “Implementación de un Laboratorio Virtual para el Estudio de Dispositivos Electrónicos”. Universidad del Valle.
- Duván, G., Pablo, T.(2010). “Diseño e Implementación de un Laboratorio Remoto para la Experimentación con dispositivos Electrónicos Ópticos y de Potencia”. Universidad del Valle.
- Eva Besada, P., José, L., Member IEEE, Luis , DT. y Jesus, M.C., Member IEEE. (2012). “Remote Control Laboratory Using EJS Applets and TwinCAT Programmable Logic Controllers”, Complutense University of Madrid (UCM), Madrid, Spain. June 2012.
- Facultad de Ingeniería, (2011). “Dispositivos Semiconductores”, Material de Clase. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Visto en Febrero de 2013. <http://materias.fi.uba.ar/6625/Clases/Dispositivos_Optoelectronicos.pdf >
- Gao-Wei, C., Zong-Mu, Y., Hsiu-Ming, C. y Shih-Yao, P. (2005). “Teaching Photonics Laboratory Using Remote-Control Web Technologies”. National Taiwan Normal University (NTNU), Taiwan.
- Gema, D., Diana, G. y Elizabeth, V. (2013). “TICs en la Educación”. Visto en Febrero 2013, <<http://eisc.univalle.edu.co/cursos/web/material/750022M/1/TICsEnlaEducacion.pdf> >
- Jorge, Q. (2013). “Desarrollo de una Aplicación Cliente/Servidor para la Experimentación Remota en sistemas Digitales”. Tesis de Pregrado. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- José, S.(2001) “Dispositivos Optoelectrónicos”. Visto en enero de 2013, <http://www.iuma.ulpgc.es/~jrsendra/Docencia/dispositivos_optoelectronicos/download/teoria/apuntes/curso00-01.pdf>
- Lerro, F., Marchisio, S., Martini, S., Massacesi, H., Perretta, E., Gimenez, A., Aimetti, N. y Oshiro, J.I.(2012). “Integration of an e-learning Platform and a Remote Laboratory for the Experimental Training at Distance in Engineering Education”. Universidad Nacional de Rosario and Empresa "e-ducativa", Rosario, Argentina.
- Mohamed, T., Elio, S., Sergio, M., Gabriel, D. y Manuel, C. (2012). “State-Laboratories for Industrial Electronics Applications”. Spanish University for distance, Pain.
- Nourdine, A., Javier, F. y Aída, M. (2007). “Un Laboratorio de Ingeniería de Control Basado en Internet”. Información Tecnológica, Vol 18(6),p 19-26.
- Seymour, P. (2004). “Consideraciones para una Política sobre nuevas Tecnologías y Educación”. Al tablero N°29. Visto en Enero 2012, <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87412.html>
- Sumit, D., Shreya, P., David, E., Student Member IEEE y Eric, P. Senior Member IEEE. (2011). “A Web Service and Interface for Remote Electronic Device Characterization”. University of Illinois at Urbana–Champaign (UIUC).
- Tokdemir, G. y Bilgen, S. (2008). “Remote Lab Effectiveness Assessment Model.Atilm”. University/Computer Engineering Department, Ankara, Turkey.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.