

EVALUACIÓN DE UN LABORATORIO WEB COMO COMPLEMENTO DE UN CURSO DE ELECTRÓNICA BÁSICA

*Francisco J. Gómez-Arribas, Rubén Cabello, Iván González, Jorge López
Hernández-Ardieta, Javier Sánchez Pastor y Javier Martínez*

*Laboratorio de Microelectrónica, Dpto Ingeniería Informática
Universidad Autónoma de Madrid. Francisco.gomez@ii.uam.es*

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos de la experiencia docente realizada en la asignatura Electrónica de segundo curso de Ingeniería Informática en la Universidad Autónoma de Madrid. Se ha incorporado un laboratorio accesible desde Web como complemento práctico de un curso de electrónica básica. El laboratorio Web dispone de una colección básica de ejercicios prácticos de análisis de circuitos. Se proponen experimentos complementarios a la teoría que permitan a los estudiantes familiarizarse con la caracterización de dispositivos, y en los cuales, el alumno realiza medidas reales de los dispositivos electrónicos. Los resultados muestran que el interfaz desarrollado para simplificar la utilización del equipo de medida ha sido bien acogido, y en general los alumnos valoran positivamente este tipo de práctica no presencial.

1. INTRODUCCIÓN

Los laboratorios Web son un nuevo complemento a las clases de teoría, que permiten realizar tanto prácticas de simulación como efectuar medidas sobre dispositivos reales. Este tipo de laboratorios no pretende sustituir a los laboratorios experimentales tradicionales, imprescindibles para la enseñanza de la electrónica, sino más bien optimizar el uso de equipos disponibles y permitir un primer contacto con las medidas experimentales cuando el número de alumnos es elevado y los recursos son limitados. La aproximación que se propone en el presente trabajo es utilizar equipos de medida controlados en remoto utilizando Internet para realizar medidas de caracterización de dispositivos. También se pretende eliminar la dificultad inherente a la realización de la medida con complejo equipo de medida, presentando al estudiante una interfaz visual intuitiva y fácil de utilizar. Con este enfoque se presentan unas prácticas elementales de electrónica como complemento de un curso de electrónica básica impartido en la asignatura de electrónica de segundo curso de informática de la Universidad Autónoma de Madrid.

2. EL LABORATORIO WEB

El laboratorio Web ha sido implementado utilizando la arquitectura para el control de equipos de medida a través de Internet que ha sido desarrollado previamente en el proyecto RETWINE [1] [2]. El sistema experimental básicamente se compone de un circuito, o un dispositivo sobre el que se van a realizar las medidas y del instrumento de medida al que se conecta el dispositivo para su caracterización. En particular, en este caso el equipo de medida es un analizador de parámetros de semiconductores HP4145B con interfaz GPIB (General-Purpose Interface Bus), para su control mediante un ordenador personal (PC). Este PC puede ser sustituido por un controlador embebido denominado "GPIB-LAN adapter". La función

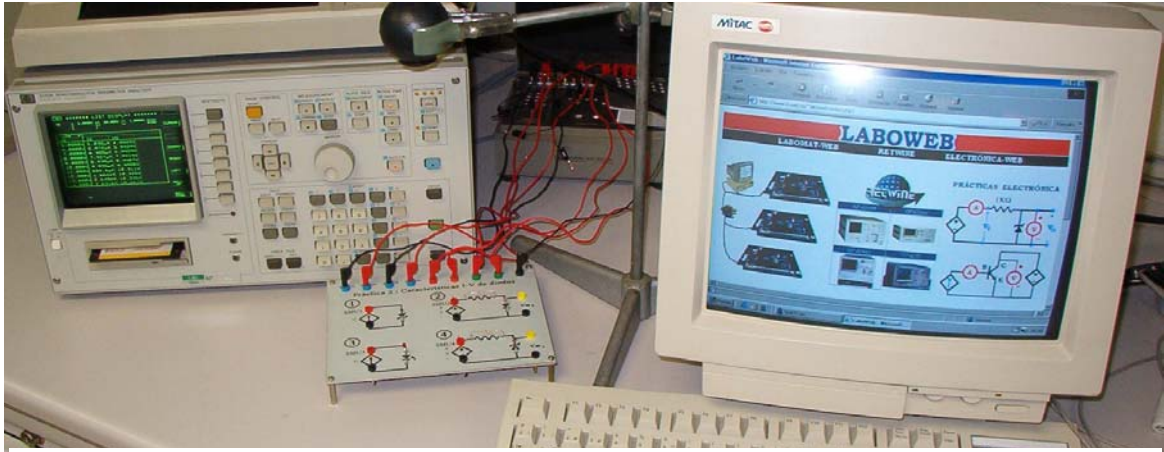


Figura1: Equipo de medida controlado en remoto desde un cliente Web

del PC o del adaptador es actuar como servidor de instrumentación para permitir el control en remoto del equipo desde un servidor Web. Finalmente, el sistema de medida se pone a disposición del usuario final desde un sitio Web, al que se conecta el usuario, mediante un navegador Web, desde cualquier ordenador conectado a Internet [3].

Este laboratorio Web de electrónica básica forma parte de los contenidos del sitio LABOWEB[4]. Las páginas correspondientes están disponibles a partir del siguiente enlace [5]: <http://www.ii.uam.es/~labweb/labelectr/indexLabE.html>

Entre los experimentos actualmente disponibles se encuentran: el estudio de circuitos resistivos, la obtención de la curva de carga de un condensador, la caracterización de diodos de distintos tipos: diodos Zener, diodos emisores de luz (LED) y de diferentes materiales: Silicio, Germanio, la polarización de transistores bipolares de unión (BJT) para la obtención de las curvas de entrada-salida y la caracterización de transistores de efecto campo (MOSFET).

El aspecto más innovador de las prácticas propuestas en el laboratorio Web es el control del equipo de medida. Este se realiza mediante una aplicación de usuario [6], [7] desarrollada en Java con un interfaz intuitivo y fácil de usar que proporciona:

- La visualización en una ventana del circuito con el dispositivo a medir, en la cual, mediante botones se incluye la posibilidad de iniciar el proceso de medida, la obtención de los resultados y la representación gráfica de los datos. Por otra parte permite, con solo pulsar con el ratón sobre los símbolos del circuito, la introducción de los valores de corriente y voltaje a programar en el equipo de medida mediante cuadros de diálogo. Estos valores los decide el estudiante y definen las condiciones de medida.
- Los mecanismos de envío de los comandos apropiados con las condiciones de medida para la programación del equipo, el inicio del proceso de medida y la recepción de resultados.
- La presentación de los resultados en las ventanas auxiliares que representa los aparatos de medida. Una vez completado la medida remota también se ofrece la posibilidad de listar los resultados como columnas de datos de texto o mediante una representación gráfica.

Por otra parte el lenguaje HTML utilizado para la descripción de las experiencias de laboratorio, y las posibilidades de los hiperenlaces, permite agrupar los contenidos de cada práctica en diferentes páginas Web con la siguiente estructura: objetivos y conceptos básicos involucrados, descripción del circuito experimental, secuencia paso a paso de las etapas para

realizar las medidas, enlaces a *tutoriales* y por último acceso a las páginas que permiten el almacenamiento de datos experimentales y el envío de resultados después de su análisis.

3. LA ASIGNATURA DE ELECTRONICA EN INGENIERIA INFORMATICA

La asignatura Electrónica impartida en 2º curso de Ingeniería Informática pretende introducir al alumno en el mundo de los componentes electrónicos y de su aplicación en circuitos sencillos.

El objetivo es mostrar al alumno las posibilidades que ofrecen los dispositivos electrónicos más utilizados y darle a conocer las técnicas de análisis de los circuitos de aplicación donde se utilizan. Se pretende entender las características de dispositivos semiconductores tales como diodos y transistores, y estudiar tanto sus parámetros básicos como sus aplicaciones.

El temario comienza con un repaso de las nociones básicas de teoría de circuitos y métodos de análisis de redes lineales invariantes en el tiempo. Antes de estudiar el diodo y el transistor, se introducen brevemente los semiconductores, y posteriormente, se continúa con las aplicaciones del transistor como amplificador de pequeña señal. También se dedica un capítulo a los transistores de efecto campo y finalmente se estudian circuitos de aplicación sencillos que ilustren entre otros los conceptos de realimentación y las ventajas de los amplificadores operacionales. El temario detallado de la asignatura está accesible en el enlace http://www.ii.uam.es/esp/alumnos/c2_elect.html

La asignatura es cuatrimestral y el número de alumnos matriculados en el curso 2003/2004 asciende a 311. Se imparten 4 horas de teoría por semana mediante clases magistrales y el total de alumnos se ha repartido en tres grupos. Debido al elevado número de alumnos el laboratorio asociado consta de tres sesiones prácticas de dos horas en semanas alternas en las que los alumnos se agrupan por parejas y una sesión final de evaluación individual. Las prácticas son de simulación utilizando el programa PSpice. La primera sesión consiste en la simulación de un circuito sencillo para que el alumno se familiarice con la aplicación. En las siguientes sesiones se proponen, entre otros, los siguientes ejercicios de simulación: curva característica de un diodo, rectificador de media onda y rectificador de onda completa por puente de diodos. También se estudia el funcionamiento de un cuadripolo, el circuito para la polarización del transistor en emisor común y el comportamiento de una etapa amplificadora. Lamentablemente, para este número de alumnos, la Escuela no dispone de recursos materiales ni humanos para afrontar unas prácticas tradicionales de electrónica en un laboratorio equipado con el instrumental de medida para su realización. En este contexto es donde se plantea la incorporación de prácticas utilizando equipos controlados en remoto y realizando medidas sobre dispositivos reales.

4. INCORPORACIÓN DE UNA PRÁCTICA NO PRESENCIAL

Entre las prácticas disponibles en el Laboratorio Web de electrónica básica se ha elegido la práctica de caracterización de diodos para ser realizada de manera no presencial. Esta elección viene condicionada por el elevado número de alumnos, lo que fuerza a que el periodo de acceso a la práctica remota se extienda durante unas seis semanas y por tanto debe ser una práctica relacionada con los contenidos teóricos de los primeros temas.

En esta práctica se propone los siguientes ejercicios:

- 1.- Polarización de un diodo. Curva característica intensidad-tensión.
 - Obtención de la tensión umbral : diodo de Silicio polarizado en directa
 - Obtención de la tensión ruptura: diodo Zener polarizado en inversa.
- 2.- Curva característica de un diodo de Germanio. Obtención de la tensión umbral.

- 3.- Característica intensidad-tensión de un diodo emisor de luz (LED). Obtención de la tensión umbral de conducción.
- 4.- Aplicación de un diodo Zener como estabilizador de tensión. Característica entrada-salida del circuito.

4.1. Ejemplo de un ejercicio de la práctica

El alumno dispone de una información detallada del proceso de medida. En este punto se describe como ejemplo el enunciado del ejercicio 2 de la práctica y en el siguiente apartado se describe el funcionamiento del interfaz gráfico y del proceso de medida en remoto.

4.1.1. Enunciado del ejercicio: Medida de la característica intensidad-tensión de un diodo de Germanio

Para medir la característica I-V de un diodo de Germanio se propone el montaje esquematizado en la ventana central de la figura 2 y que se compone de una fuente de tensión programable, una resistencia de protección para el diodo, un voltímetro para medir la tensión en los extremos del diodo, y un amperímetro para medir a intensidad que circula por el circuito.

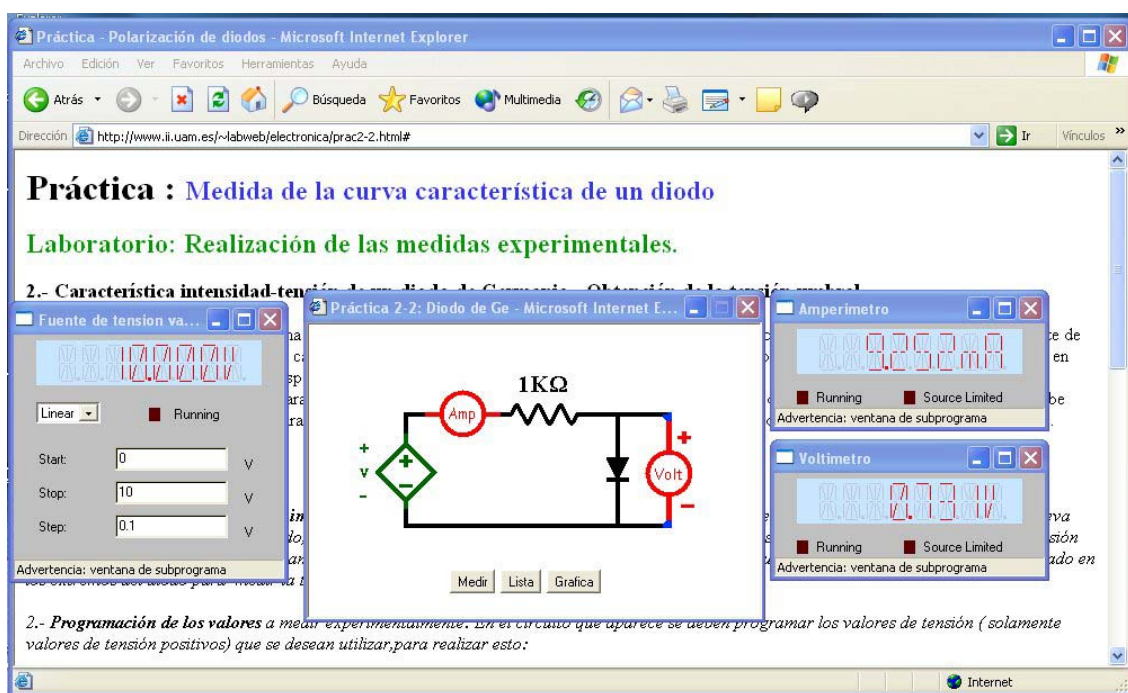


Figura2: Página de acceso al enunciado de la práctica y ventanas asociadas

El enunciado enumera de la siguiente manera los pasos que debe seguir el alumno para realizar el experimento:

- 1.- **Pulsar sobre la imagen** en miniatura para ver una representación del circuito experimental que se va a utilizar. El esquema se visualiza en una ventana, y representa los componentes del circuito y su conexión. En la figura se muestra que hay una fuente de tensión programable, un amperímetro conectado en serie y un voltímetro conectado en paralelo con el diodo para medir la tensión en sus extremos.

2.- **Programar los valores** de tensión que se desean utilizar, para realizar esto:

- Se pulsa con el ratón sobre la fuente de tensión programable.
- Se completa el cuadro de diálogo que aparece con los valores deseados.

3.- **Realizar la medida**, para ello basta con pulsar sobre el botón denominado “Medir” que esta en la parte inferior de la ventana principal. Se inicia el proceso de medida en el equipo remoto y transcurrido unos segundos, se obtienen los valores de intensidad que circula a través del circuito y los valores de la tensión medida entre los terminales del diodo.

4.- Mediante el botón denominado “Gráfica”, se permite **realizar una representación** de intensidad frente a tensión con los valores anteriores: Se propone visualizar la característica I-V y modificar la escala del eje Y de lineal a logarítmica para realizar una representación semi-logarítmica de log (I)-V.

5.- **Estimar la tensión umbral** de este diodo para intensidades en el rango de 1 mA y comparar con la obtenida en apartados anteriores para un diodo de Silicio.

6.- **Guardar los valores** de la intensidad que circula por el diodo y la tensión medida en extremos del mismo. Para ello el procedimiento a seguir es: con el botón denominado “Lista” se puede visualizar todos los datos medidos. Con la opción “exportar Lista” se consigue que los datos se presenten en una nueva página Web en formato de texto. Conviene almacenar estos datos en el disco duro del ordenador con el nombre practica2.txt. También es posible mediante copiar-pegar transferir los datos de la página Web a cualquier otro programa que admita entrada ASCII, editor de texto, hoja de cálculo y proceder a un tratamiento matemático o a una representación gráfica más detallada.

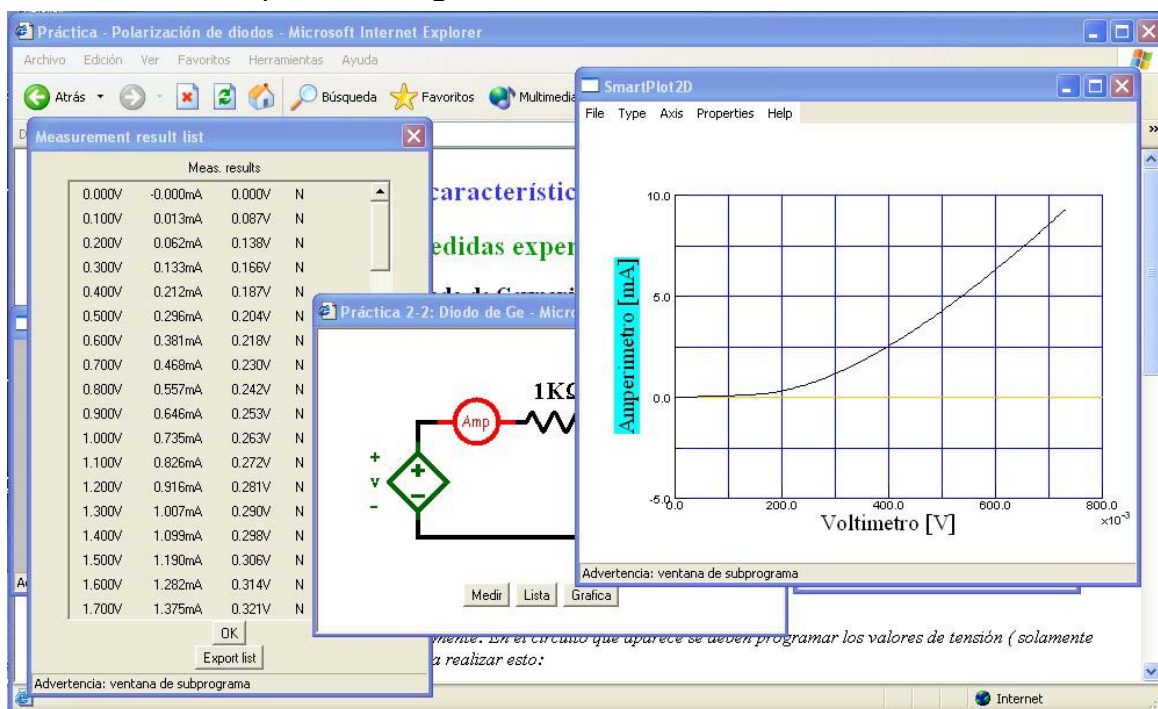


Figura3: Listado y representación de los resultado de las medidas

4.1.2. Visualización de la medida y representación de datos

Como se ha indicado en los pasos del enunciado, una vez que todas las entradas del cuadro de diálogo, que representa la fuente de tensión en el circuito están configuradas por el usuario, se puede iniciar el proceso de medida. El inicio de la medida y la realización del análisis preliminar de los resultados se deciden pulsando sobre los botones de la ventana

principal. Durante el proceso se visualiza la secuencia de valores obtenidos en el *display LCD* virtual de las ventanas auxiliares que representan los aparatos de medida. Los resultados pueden ser listados o representados en una gráfica como se muestra en la figura 3.

5. CONTROL DE ACCESO A LAS PRÁCTICAS Y ESTADÍSTICAS DEL LABORATORIO WEB

El contenido de todas las páginas del laboratorio de electrónica básica puede consultarse sin restricciones de acceso. En la realización de cada práctica se proponen dos etapas. Antes de realizar la práctica, la primera etapa debe consistir en leer el guión para saber los pasos a seguir durante el proceso de medida y consultar los enlaces con información relacionada que se consideren oportunos. Una segunda etapa con acceso controlado, que se extiende el tiempo que se toma la medida sobre el dispositivo electrónico. Por tanto para realizar las medidas, será necesario disponer de un usuario.

El mecanismo de gestión de usuarios del sistema está automatizado y consiste en una petición por parte del alumno de un nombre de usuario al que se asocia una dirección de correo electrónico y una palabra de paso sólo conocida por el alumno. El administrador del sistema valida por e-mail la creación del usuario. Adicionalmente para prevenir el acceso simultáneo al mismo experimento, se dispone de un sistema de reservas por intervalos de media hora. Esta reserva garantiza que únicamente un usuario tiene acceso para medir durante ese periodo de tiempo. Los identificadores de usuario, palabras clave, dirección de correo electrónico y reservas horarias realizadas se almacena en una base de datos.

Los estudiantes pueden realizar las reservas o anularlas desde una página web que mantiene información actualizada de los intervalos previamente reservados. El administrador del sistema recibe notificación de las reservas realizadas para evitar abusos y en su caso procede a su anulación previa notificación al usuario correspondiente.

En la figura 4 se representan las estadísticas obtenidas del control de reservas. La práctica ha estado activada durante todo el mes de diciembre y una semana adicional para recuperación a mediados de Enero.

De manera experimental se ha integrado en la aplicación de usuario un control de impactos que consiste en un mecanismo de registro que envía una notificación a un servidor con todos los comandos que ejecuta el usuario y también con los valores de los parámetros programados en esa petición.

La cantidad de información recogida hace imprescindible la realización de una herramienta para su análisis. Esta herramienta es parte del trabajo futuro previsto. No obstante seleccionando alguna de las sesiones de prácticas realizadas por los alumnos e inspeccionado manualmente con un editor de texto el fichero que guarda todos los impactos, se observan diferentes comportamientos. En los primeros días de realización de la práctica los parámetros introducidos son un tanto aleatorios y prevalece la metodología de prueba y error. También se observa que grupos de alumnos que no realizan correctamente el primer ejercicio, pasan rápidamente al siguiente, sin plantearse si los parámetros introducidos para realizar la medida tienen sentido. Este comportamiento se acentúa cuando se pide hacer medidas con intervalos adecuados para su representación logarítmica. En el último periodo de realización de la práctica el tiempo medio de realización de la medida es más corto, sólo se prueba una medida para cada ejercicio. Comparando los archivos del servidor Web que guardan información de cada acceso, se ha detectado que hay un 30% de reservas que no han sido utilizadas. Un porcentaje elevado de las prácticas, ha sido realizado en horario extraescolar y desde ordenadores con direcciones IP que corresponde a direcciones de proveedores particulares.

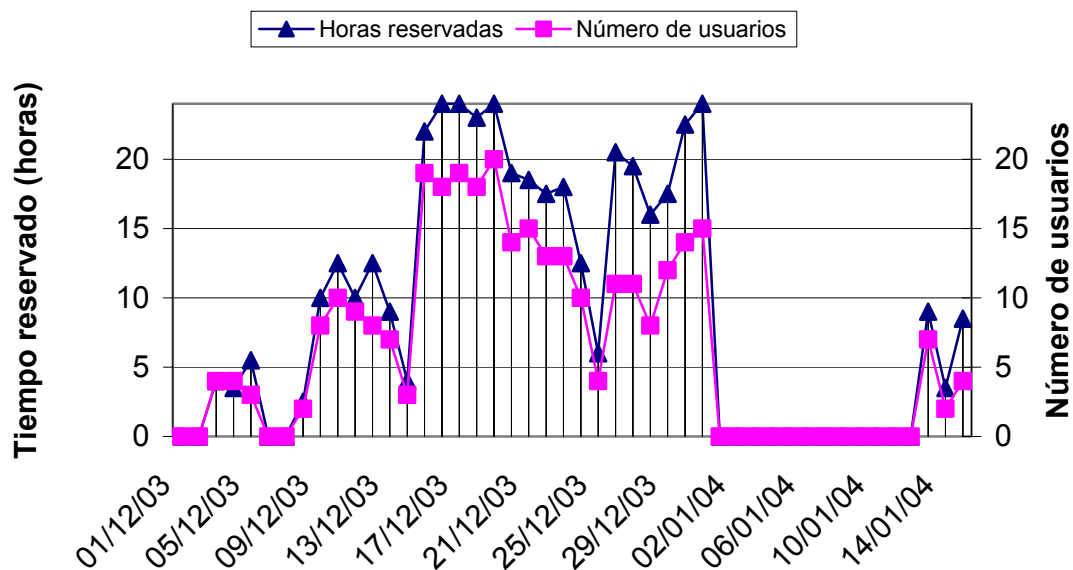


Figura 4: Estadísticas del control de reservas

6. PLANIFICACION Y RESULTADOS DEL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

La estimación del periodo que debe estar accesible la práctica debe tener en cuenta el número de usuarios y el tiempo aproximado que se considera necesario para realizar las medidas de todos los ejercicios. Se ha estimado en una hora el tiempo medio de medida y si se tiene en cuenta que en la asignatura hay unos 150 grupos de prácticas, esto supone un periodo de 20 días, con una ocupación media del equipo inferior a 8 horas diarias. Aunque el equipo está disponible 24 horas al día y los 7 días de la semana, se deben tener en cuenta la inactividad inicial y las posibles aglomeraciones de ultima hora por lo que una planificación más conservadora sugiere 30 días como periodo de desarrollo de la práctica.

6.1. Información y soporte al estudiante

La toma de contacto con el sistema de prácticas en remoto suele ser el punto crítico para la aceptación de este tipo de laboratorio. Por esta razón se han programado dos seminarios de introducción, en los que se explica el funcionamiento del sistema y se realiza una demostración de cómo realizar todos los pasos: Alta de Usuario, realización de reservas, lectura detallada de la práctica, toma de medidas y análisis de resultados. Se han impartido tres seminarios, uno por grupo, de 45 minutos de duración durante una hora asignada a la teoría.

Para dar soporte a las preguntas más frecuentes, se ha utilizado un foro electrónico asociado a la asignatura. En este foro además de preguntar se sugiere que sean los propios alumnos quienes respondan a sus compañeros y también, cuando lo estiman oportuno, participan los profesores de la asignatura.

Las situaciones relativas al funcionamiento técnico del sistema, alta incorrecta de usuario, reservas incorrectas, caídas del servidor se notifican mediante envío de un correo electrónico al administrador del sistema.

Para informar al alumno de la recepción de resultados se mantiene una página web con las incidencias, fecha de recepción de las entregas y finalmente con la nota asignada a cada estudiante.

6.2. Entrega del resultado de la práctica

Para facilitar la corrección de resultados, el estudiante debe completar un formulario que incluye las preguntas que debe contestar para cada apartado. Por ejemplo, para el ejercicio enunciado en la sección 4.1 debe rellenar los siguientes campos:

Identificador de grupo:

Nombres:

Apartado 2: Característica I-V de un diodo de Germanio.

- Parámetros programados (valores inicial y final, tipo de medida):
- Datos experimentales (en columnas):
- V_{γ} (valor estimado para $I \sim 1\text{mA}$)=
- V_{γ} (valor esperado)=
- Comentarios de los resultados obtenidos:

Completados todos los apartados de la práctica se guardan en un fichero con formato de texto y se envía mediante un formulario Web. Se debe asignar el identificador del grupo como nombre del fichero de resultados, y una vez enviado se almacena en un directorio del servidor Web dedicado a recibir los resultados. En una página de incidencias los alumnos pueden comprobar la correcta recepción de sus resultados en el servidor. Se admiten tantas entregas como se deseen y se considera como entrega válida, la que tenga fecha más reciente.

Otros resultados adicionales que se generen del análisis de las medidas realizadas, aproximaciones a medidas teóricas, o gráficas con ajustes más detallados pueden ser enviados empaquetando datos, documentación y figuras en un formato comprimido.

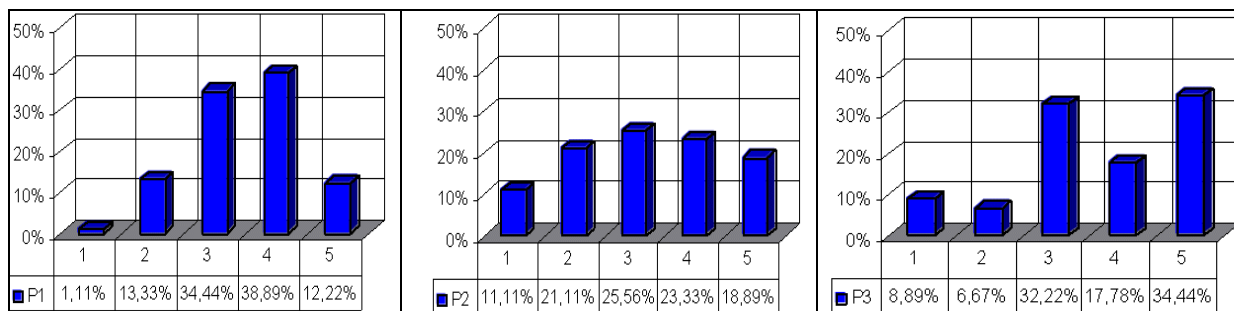
Una vez transcurrido el tiempo asignado a la realización de la práctica, se desactiva la entrega de resultados y se envían los ficheros de resultados recogidos a los profesores para proceder a su corrección.

6.3. Evaluación de la experiencia docente

6.3.1. Opinión de los Estudiantes

Se ha realizado una encuesta cuyos resultados se resumen en la tabla 1.

Clave de las respuestas: 5-Excelente, 4-Bien. 3-Correcto, 2-Insuficiente, 1-Deficiente
Pregunta 1: Al realizar las medidas y comprobar los resultados, indique en qué medida tiene la impresión de estar trabajando con equipos experimentales de laboratorio que realizan medidas sobre dispositivos reales y no con simulaciones
Pregunta 2: ¿En qué grado su motivación para realizar la práctica se ha visto incrementada por el hecho de realizar las medidas experimentales controlando los equipos de medida en remoto por medio de un navegador Web?
Pregunta 3: Diferencie si prefiere realizar medidas en dispositivos reales controlando equipos experimentales de manera remota a utilizar programas de simulación. Excelente(5) indica preferencia por medidas en remoto, mientras que Insuficiente(1) indica preferencia por programas de simulación

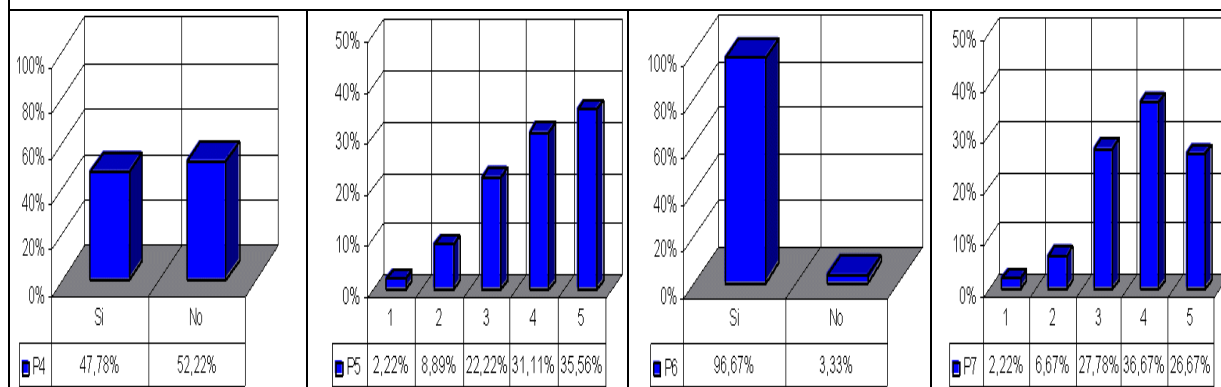


Pregunta 4: ¿Piensa que será útil para su formación en electrónica incrementar el número de prácticas de este tipo (acceso en remoto desde Web) en el laboratorio de la asignatura?

Pregunta 5: ¿Es adecuado el guión de las prácticas para tomar las medidas experimentales?

Pregunta 6: ¿Ha leído los *tutoriales* previamente a la realización de la práctica?

Pregunta 7: Califique si los *tutoriales* disponibles en la Web han sido útiles.



Pregunta 8: ¿Cómo valora la posibilidad de realizar alguna de las prácticas desde su casa o en horarios en los que el acceso al laboratorio no sería posible?

Pregunta 9: Valore la adecuación y la facilidad de utilización del sistema para el control de acceso y para el envío de los resultados.

Pregunta 10: Indique el grado de satisfacción alcanzado al realizar este tipo de prácticas mediante un laboratorio Web.

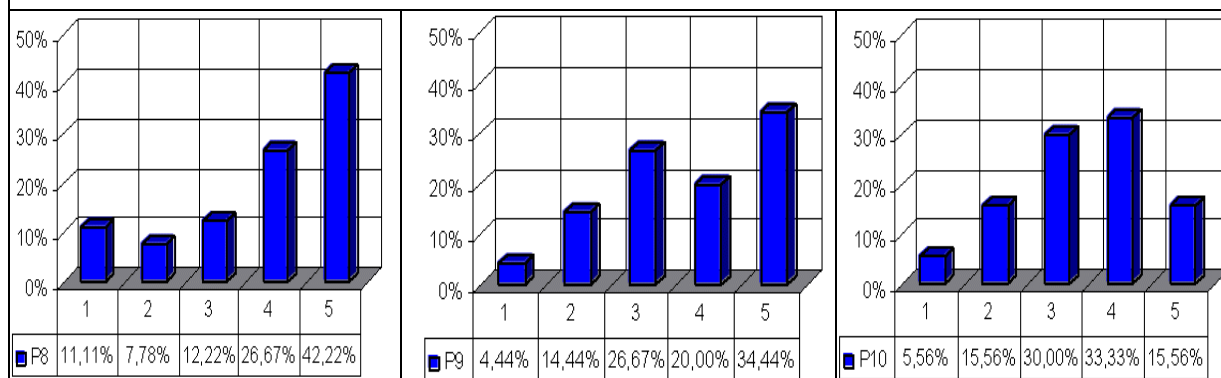


Tabla I : Resultados de la encuesta.

Adicionalmente se proporcionaba la posibilidad de que los alumnos añadiesen los comentarios que considerasen oportunos relativos al funcionamiento de la práctica en remoto,

así como la opinión que les merece este tipo de prácticas. Agrupando los comentarios más significativos que se han recibido, a continuación, se reproducen literalmente las opiniones de los estudiantes,

Comentarios relativos al funcionamiento del sistema:

- “En algún momento ha fallado el sistema de medidas y la gráfica aunque por lo general creemos que funciona bastante bien”.
- “Problemas al medir, se quedaba colgado, y no por salirnos fuera del rango de valores”.
- “He obtenido algunos problemas a la hora de sacar la lista de resultados en algunas mediciones”.
- “Desde casa aparecía la ventana de las gráficas en blanco”.
- “La gráfica no se descarga bien desde el sitio web”.
- “La única dificultad que hemos encontrado al realizar la práctica ha sido a la hora de sacar las gráficas, ya que esa ventana se quedaba completamente en blanco y no salía ninguna gráfica, ni se podía hacer nada”.

Sugerencias para mejorar la planificación de la práctica

- “El único problema que encontramos es la gestión de reservas, ya que se ha colapsado completamente.
- “Lo único que consideramos que se podría mejorar, es que se pudiera realizar simultáneamente desde varios ordenadores, ya que ha habido muchos problemas con las reservas”.
- “Debería implementarse algún tipo de control en cuanto al número máximo de horas que puede reservar una pareja, así como limitar el tiempo durante la práctica (puedes hacer la práctica fuera del horario impidiendo a otros acceder al equipo).”

Valoraciones:

- “Nos parece que este tipo de prácticas nos da más libertad de horarios, me parece que está mucho mejor que las que hacemos en el laboratorio, además la posibilidad de hacerlas en casa es muy cómoda.”
- “El sistema era muy lento y tardaba mucho en cargar las gráficas, tomar medidas...”
“Se debe intentar mejorar la capacidad de respuesta”.
- “Nos parece buena la idea de poder conectarse al sistema de medidas remotas en horario extraescolar, pero consideramos que el reparto de horarios no ha sido suficiente y ha estado mal repartido”.
- “La realización de la práctica ha sido satisfactoria y rápida (cuando ha funcionado bien el sistema de medidas remotas)”.
- “Este tipo de prácticas deberían hacerse más a menudo puesto que al ser por Internet, los alumnos pueden decidir cuándo les viene mejor hacerlas, además de que es un método que hace más amenas las prácticas”.
- “En mi opinión, las horas dispuestas para poder realizar la práctica han sido escasas, ya que se ha visto que la mayoría de turnos de reserva han estado ocupados desde que el sistema ha funcionado al 100%”.
- “Las gráficas con el sistema de medida con Java no funcionaron, además me parecen poco recomendables puesto que no se presta la suficiente atención a interpretar los resultados: qué significa cada columna, qué estamos representando frente a qué y el significado de lo obtenido; lo muestra demasiado automático sin razonar la transformación de los datos numéricos a la gráfica”.
- “Tal vez se podría utilizar más de un circuito al tiempo incrementando así el número de parejas que podrían estar trabajando al tiempo”.

6.3.2. Opinión de los profesores

- “La caracterización remota de distintos dispositivos electrónicos ha facilitado la asimilación de los conceptos teóricos explicados al alumno, permitiendo al mismo tiempo captar la diferencia entre los modelos matemáticos que los describen, de tipo continuo e ideal, y la naturaleza discreta de las medidas en dispositivos reales. Debido al elevado número de alumnos que cursan la asignatura, este tipo de análisis no habría sido posible en un laboratorio tradicional”.
- “La estimación por parte del alumno de los parámetros adecuados para programar el elemento activo de un circuito, y la obtención de valores concretos de distintas magnitudes, le hace adquirir una noción sobre los órdenes de magnitud razonables en los dispositivos estudiados; ello conlleva una mayor capacidad de análisis crítico a la hora de evaluar los resultados obtenidos por él en problemas resueltos de forma teórica”.
- “Este tipo de prácticas supone un complemento idóneo de la teoría, pues introduce los aparatos de medida en circuitos, ausentes en el contenido teórico de la asignatura. La falta de flexibilidad a la hora de implementar distintos circuitos es quizás el principal inconveniente encontrado”.

6.3.3. Opinión del personal de mantenimiento y gestión de los programas informáticos.

El mantenimiento del sistema durante la realización de la práctica remota ha consistido básicamente en solucionar los incidentes en el alta de usuarios, como por ejemplo: olvido de *password* y corrección de datos incoherentes en nombres de grupos y direcciones de mail.

Teniendo en cuenta que los equipos de los laboratorios de la Escuela, funcionan con distintos sistemas operativos ha sido necesario actualizar en algún caso la máquina virtual Java (JVM) para el correcto funcionamiento de los *Applets*. Por la misma razón, se indicó en el foro los pasos a seguir para actualizar la JVM de los navegadores que se vayan a utilizar desde los ordenadores particulares.

En cuanto al sistema de reservas su funcionamiento ha sido correcto, pero sería muy interesante mantener unos archivos históricos con todas las reservas y cruzar datos con los históricos del servidor Web, y el servidor de Instrumentación para detectar posibles abusos, o fraudes en la realización de medida por parte de los alumnos.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los resultados de las encuestas muestran que los alumnos valoran positivamente este tipo de práctica no presencial. El laboratorio remoto ha permitido que los estudiantes experimenten con circuitos de aplicación real y no sólo con simulaciones. De esta manera se habitúan a los parámetros de medida adecuados y rangos de valores que corresponden a los dispositivos electrónicos comerciales. El interfaz gráfico ha sido bien acogido y ha simplificado notablemente el control de la instrumentación. Las herramientas de ayuda para la visualización, almacenamiento y representación de los datos experimentales han sido suficientes. Los retrasos en la comunicación de red, añadido al tiempo en realizar la medida con mucha precisión, pueden impacientar al usuario si no es totalmente consciente de que el proceso de medida esta siendo realizado en remoto sobre un dispositivo real. Por esta razón, aunque no sea necesario, conviene visualizar el equipo experimental y presentar su funcionamiento en tiempo real mediante una WebCam.

La experiencia ha demostrado que para efectuar prácticas de electrónica con instrumentación controlada en remoto, el número de alumnos también resulta un factor crítico en un laboratorio no presencial. En el laboratorio evaluado en el presente trabajo se dispone de un único equipo de medida y se controla su acceso mediante reserva previa. En estas condiciones si el número de alumnos al que se da acceso es superior a 150, supone que la realización de una práctica se extienda durante un periodo de tiempo superior a un mes. Aunque el sistema esté disponible 24x7 en un curso de grado es difícil concienciar para un uso escalonado y repartido del equipo y se produce un desequilibrio con desaprovechamiento del sistema en las primeras semanas y una ocupación total durante la última.

El sistema de gestión y control del equipo en remoto ha funcionado eficientemente y no ha sido necesario personal especializado para garantizar su funcionamiento. Las herramientas para la gestión de usuarios del sistema y la entrega automatizada de prácticas y encuestas han resultado fundamentales. Cuando el número de usuarios es elevado se incrementan exponencialmente los casos de olvido de palabras de acceso, la necesidad de envío de mensajes de correo electrónico a todos o a parte de los usuarios y el disponer de estadísticas para garantizar un control de reservas equitativo.

El trabajo futuro se plantea la utilización de colas para el acceso al sistema de medida que evite el sistema de reservas para las prácticas del tipo que se proponen en este laboratorio. También se planea ampliar la flexibilidad para implementar circuitos aumentando los equipos de medida y utilizando matrices de conmutación programables que permitan la modificación del conexionado del circuito.

8. AGRADECIMIENTOS

Los equipos de medida utilizados para la realización de estas prácticas pertenecen al Laboratorio de Microelectrónica de la UAM. En parte, las prácticas desarrolladas están inspiradas en la docencia de prácticas experimentales que tradicionalmente ha sido impartida por los miembros de este laboratorio. Particularmente, ha sido de especial ayuda el apoyo de su director Dr. Juan Piqueras y la disposición de los profesores de electrónica de la asignatura de segundo curso en Ingeniería Informática: Dr. Basilio J. García Carretero, Dr. Manuel Cervera y Dra. María Jesús Hernández.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto europeo número: **100671-CP-1-2002-1-FR-MINERVA-M** y por el proyecto **07T/0052/2003 3** de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid

9. BIBLIOGRAFÍA

[1] <http://www.retwine.net>

[2] F. Gómez, M. Cervera, J. Martínez, J. “Enseñanza de instrumentación electrónica con equipos compartidos a través de Internet. Actas del IV Congreso TAEE2000, Vol I, 215-218 Barcelona 2000

[3] F.J. Gómez, M. Cervera, J. Martínez, J. “A World Wide Web Based Architecture for the implementation of a Virtual Laboratory”. Proc. Euromicro’2000, Maastricht, Vol 2 pp. 56-62, 2000.

[4] <http://www.ii.uam.es/~laboweb>

[5] <http://www.ii.uam.es/~labweb/labelectr/indexLabE.html>

[6] R. Cabello, I. Gonzalez, F. Gómez, J. Martínez, “Laboratorio Web de electrónica básica utilizando equipos de medidas reales “. Actas del V Congreso TAEE2002, Vol I, 115-118 Las Palmas de Gran Canaria 2002

[7] R. Cabello, I. Gonzalez, F.J Gomez, y J. Martinez, “ A Web Laboratory for a Basic Electronics Course”, *Proceedings of the World conference of the WWW and Internet*. WebNet, Vol 1, pp. 816- 821, Orlando, 2001.