

# EL PROYECTO VISIR EN LA UNIVERSIDAD DE DEUSTO: LABORATORIO REMOTO PARA ELECTRÓNICA BÁSICA

J. García Zubía<sup>1</sup>, I. Gustavsson<sup>2</sup>, U. Hernández Jayo, P. Orduña, I. Angulo, J. Ruiz de Garibay

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto.

*zubia@eside.deusto.es, uhernand@eside.deusto.es, porduna@tecnologico.deusto.es,*

*iangulo@eside.deusto.es, joruiiz@eside.deusto.es*

<sup>2</sup>Blekinge Institute of Technology, BTH (Sweden)

*ingavr.gustavsson@bth.se*

*El laboratorio remoto VISIR permite al alumno y al profesor promocionar la experimentación real con circuitos electrónicos analógicos básicos. El entorno VISIR permite al alumno montar un circuito en todas sus partes, conectar los dispositivos de medida y alimentación y ajustar todo el conjunto para completar el experimento. El trabajo describe el potencial del VISIR, muestra algún ejemplo y estudia las opiniones de los alumnos después de su uso.*

*Palabras clave: laboratorio remoto, electrónica analógica*

## 1. Introducción

La ingeniería exige un conocimiento de la naturaleza y de sus principios. Los laboratorios reproducen esa naturaleza y la ofrecen al alumno para su observación, comprensión y modificación. No es raro pensar que los laboratorios son piedra de toque en la formación del ingeniero, y que su uso intensivo asegura buenos ingenieros y facultades.

El proceso de Bolonia hace constante hincapié en las habilidades que el alumno debe adquirir en el grado; y buena parte de ellas solo pueden ser obtenidas en el laboratorio. Es especialmente importante no relacionar exclusivamente el trabajo del alumno en el laboratorio con las prácticas regladas durante el horario escolar. Los laboratorios, y sus complementos o suplementos, deben estar siempre a disposición del alumno de ingeniería para desarrollar y contrastar sus habilidades. No olvidemos que el proceso de Bolonia promueve el aprendizaje autónomo y significativo del alumno; y parece evidente que el laboratorio puede y debe concentrar este esfuerzo.

Ahora bien, nunca ha sido una tarea fácil la creación y mantenimiento de los laboratorios, ni tampoco su integración en la docencia ordinaria. Los problemas son organizativos (espacios, horarios, monitores, profesores, etc.), económicos (equipos, mantenimiento, averías, etc.), didácticos (gestión de prácticas y proyectos, actitud de los alumnos, alumnado disperso, etc.). Los laboratorios remotos vienen a relajar algunos de los problemas anteriores, pero en ningún caso sustituyen a los laboratorios clásicos.

Un laboratorio remoto permite que el alumno y el profesor trabajen desde casa “casi” como si estuvieran en el laboratorio de la universidad. El “casi” es lo que hace que un laboratorio remoto sea útil o se convierta en el típico accesorio TIC del profesorado universitario.

La Universidad de Deusto dispone y usa desde el año 2001 de un laboratorio remoto llamado el WebLab-DEUSTO donde el alumno puede hacer prácticas con VHDL-CPLD, VHDL-FPGA, microcontroladores PIC, GPIB, microbótica y electrónica básica. Cada experimento es de un tipo y con un grado de madurez distinto. En este trabajo se va a describir el laboratorio remoto de electrónica básica implementado con el sistema VISIR del Blekinge Institute of Technology, BTH (Suecia).

El resto del trabajo se divide en varias partes. En la primera se comentan algunos aspectos esenciales de las prácticas de electrónica analógica, en el tercer apartado se describe el VISIR, mientras que los apartados cuarto y quinto se centran en el uso en aula del VISIR. El último apartado está centrado en las conclusiones y líneas futuras.

## **2. Prácticas en Electrónica Analógica básica**

En las prácticas de un primer curso de electrónica analógica, los alumnos tienen su primera toma de contacto con resistencias y condensadores, así como con el osciloscopio y el generador de señales. Aprenden a hacer los primeros montajes de resistencias, a analizar sus diferentes combinaciones (serie, paralelo) o a ver cómo funciona un divisor de tensión. También hacen sus primeros ejercicios prácticos con diodos, en su configuración de rectificador y ver circuitos un poco más complejos como son filtros o limitadores de tensión basados en diodos Zener. Pero para realizar estas prácticas también es necesario el uso de los equipos del laboratorio: osciloscopio, generador de señales, multímetro y fuente de alimentación. El tema se complica: no solo hay que entender y montar los circuitos sino que también hay que entender y ver cómo funcionan los equipos. Si a eso le sumamos las advertencias del profesor sobre el uso de los equipos, el miedo a trabajar con tensiones y que es la primera vez que los alumnos están en un laboratorio, es normal que sientan cierto temor ante las prácticas de laboratorio.

Generalmente los alumnos necesitan tiempo para familiarizarse con los equipos y vencer esos temores a tocar los botones, girar las ruletas y conectar los cables. Pero desgraciadamente, tiempo es el que falta, ya que todas las semanas hay prácticas nuevas y siempre es necesario haber asimilado lo anterior. Además, los laboratorios muchas veces están ocupados por clases y son muchos los alumnos que necesitan tiempo extra fuera de horas para terminar las prácticas. En este escenario, un laboratorio remoto puede ayudar a gestionar y solventar desde casa las tensiones propias de las prácticas.

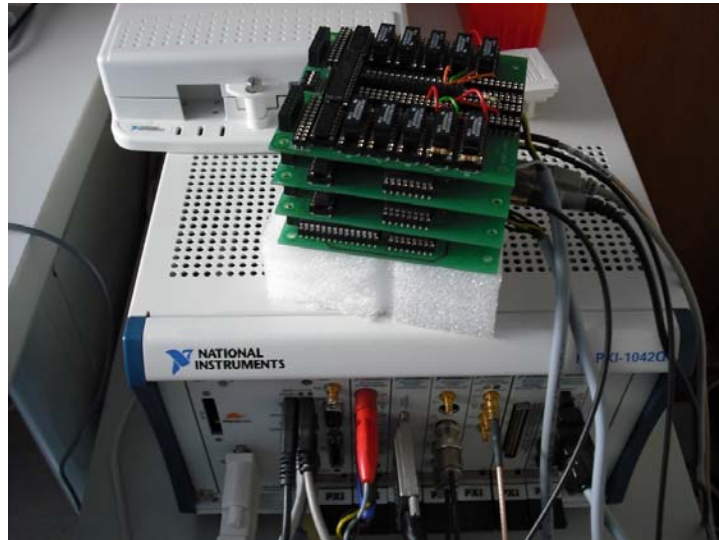
## **3. El proyecto VISIR del BTH**

El diseño e implantación de laboratorios remotos es un reto más o menos bien resuelto desde hace algunos años ya que hay varios casos de éxito, pero el problema de la electrónica analógica es bien distinto. En general un laboratorio remoto es usado por el alumno para cambiar parámetros de un regulador, “subir” a un CPLD, ajustar entradas y salidas, etc. Pero en electrónica analógica el alumno primero debe montar “manualmente” el circuito y luego medirlo, algunos laboratorios remotos prescinden de la primera parte (iLAB), y el alumno solo puede modificar los parámetros de la entrada (generador de funciones) y la salida (osciloscopio), pero esto no es hacer una práctica; esto es manipular una práctica ya hecha.

El proyecto VISIR liderado por el profesor Ingvar Gustavsson del BTH permite al alumno construir un circuito electrónico real y tomar medidas reales sobre él, utilizando equipos reales (osciloscopio, generador, multímetro y fuente de alimentación), y todo ello a través de una aplicación web. Con VISIR el alumno hace realmente las prácticas; otra cosa es la sensación que él tenga.

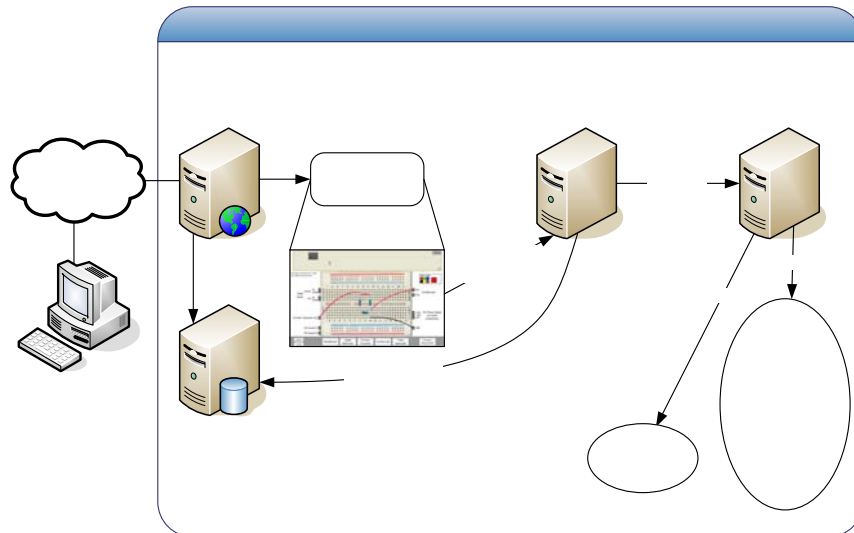
### **3.1 Descripción del proyecto VISIR**

La arquitectura hardware del proyecto VISIR consta básicamente de una matriz de conmutación y un chasis PXI de National Instruments (ver Fig. 1), en el cual se encuentran integrados todos los instrumentos necesarios para las prácticas. La función de la matriz de conmutación es hacer posible la interconexión de los diferentes componentes electrónicos entre sí, así como poder conectar los equipos de laboratorio al circuito, bien para introducir señales (generador de funciones y fuente de alimentación) o bien para tomar medidas (osciloscopio y multímetro).



**Figura 1.** Plataforma hardware del VISIR

La arquitectura software es posiblemente la parte más compleja, ya que se encuentra dividida en varios servidores virtuales, teniendo cada uno de ellos unas funciones específicas, tal y como muestra la figura 2.



**Figura 2.** Arquitectura software del VISIR

*Web Server:* es el servidor encargado del interfaz de usuario y de recibir los datos de configuración que el usuario ha elegido. Posteriormente, es el encargado de mostrar los resultados en pantalla. También se encarga de la gestión de los usuarios mediante una base de datos MySQL. La lógica del servidor está desarrollada en php y todo el interfaz gráfico está implementado en Flash.

*Measurement Server:* desarrollado en C++, se encarga de recoger las peticiones que llegan del usuario en formato de archivo XML y “traducirlo” a un lenguaje que pueda ser interpretado por el siguiente servidor. Esta transformación de datos se hace basándose en el estándar IVI (Interchangeable Virtual Instruments), el cual especifica una serie de comandos que cada tipo de instrumento (osciloscopio,

generador de funciones, analizador de espectro, etc) debe implementar. Por otra parte, este servidor chequea que el circuito que se quiere implementar es viable y se encuentra dentro de los posibles circuitos. Esto es, solamente se pueden implementar aquellos circuitos que el profesor implementa sobre la matriz de conmutación. En base a las conexiones que se pueden realizar, el profesor de la asignatura escribe un fichero de configuración y sobre este fichero se hace la comprobación; por ejemplo, este sistema evita montajes con cortocircuitos.

*Equipment Server:* este servidor está desarrollado en LabView y se encarga de enviar los datos de configuración, tanto a los instrumentos como a la matriz de conmutación. También se encarga de recoger las medidas de los instrumentos y enviarlas de vuelta al interfaz de usuario para que ése las visualice.

### 3.2 Elementos principales del proyecto VISIR

La página a través de la cual se accede al laboratorio (ver Fig. 3) es <http://weblab-visir.deusto.es/electronics>. El interface esta ordenada por cursos y estos a su vez por prácticas. Por ejemplo, la asignatura de Electrónica Digital y Tecnología de Computadores (TECO) tiene su propio curso al cual pueden acceder los alumnos matriculados, y dentro, hay diferentes prácticas preparadas que ellos pueden implementar, como por ejemplo la medida de resistencia equivalente de circuitos serie y paralelo.

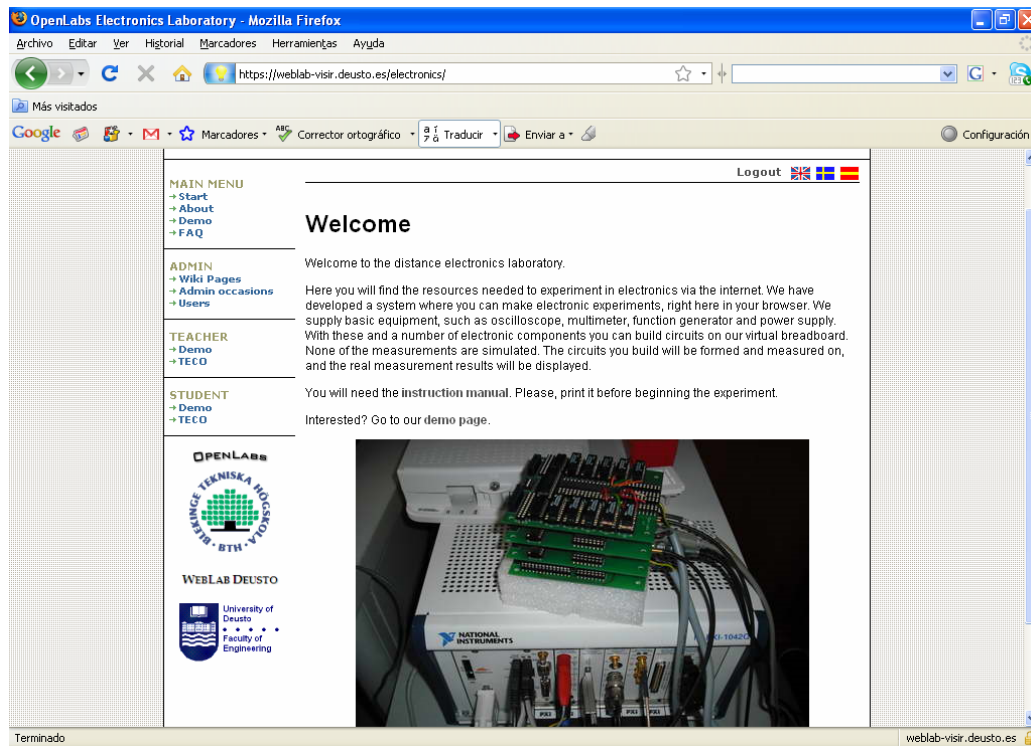
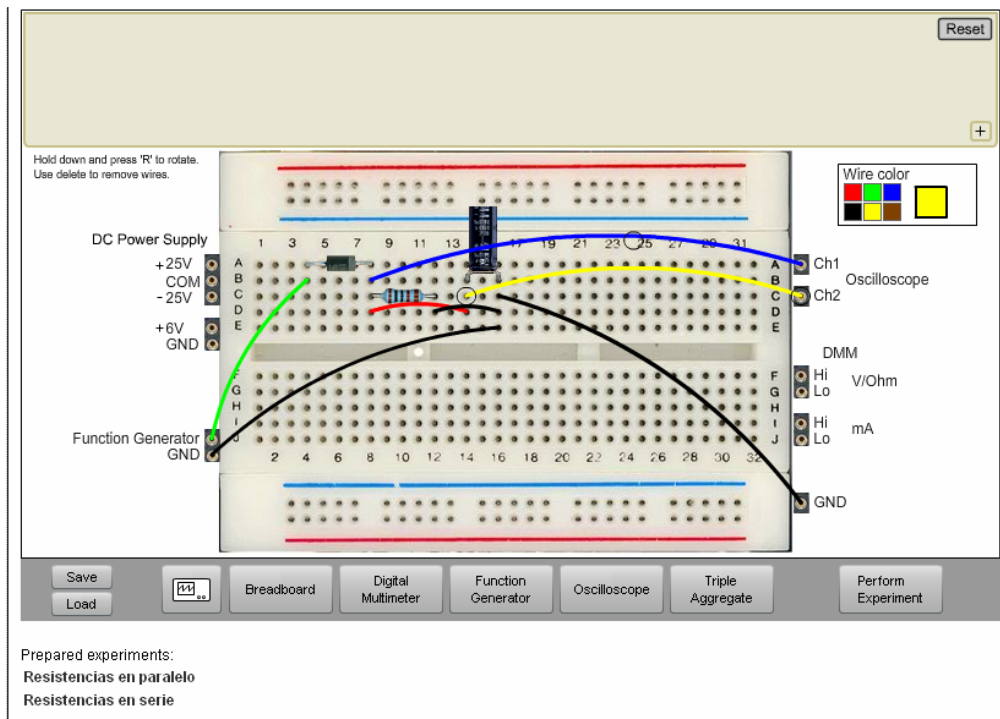


Figura 3. Página web de acceso al VISIR

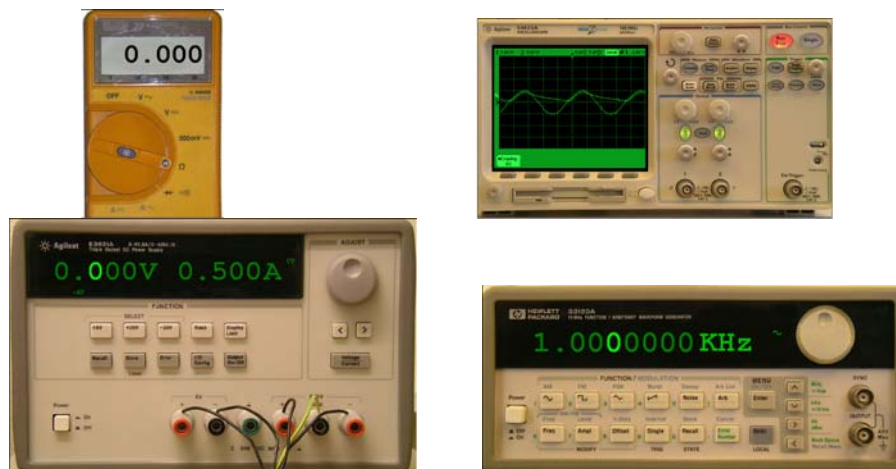
Pero lo que realmente asombra de este proyecto es el interfaz de usuario mediante el cual se realizan las prácticas. En él, *el alumno tiene la sensación de situarse en un laboratorio real* de electrónica, ya que dispone de los mismos materiales: una placa protoboard, una caja con los componentes, cables para las conexiones y los mismos instrumentos que se encuentra en el laboratorio. La Fig. 4 muestra la pantalla en la cual aparece la placa protoboard sobre la que el alumno ha implementado, por ejemplo, un rectificador de media onda basado en un diodo y un filtro a la salida mediante un condensador electrolítico y una resistencia.



**Figura 4.** Interface de montaje de circuitos en VISIR

Una vez que el usuario ha construido su circuito, esta configuración se envía al Measurement server, donde se comprueba que la configuración es correcta. Si la verificación es satisfactoria, se construye el circuito en la matriz de conmutación y después de pueden tomar medidas reales sobre el circuito.

Otra de las virtudes del proyecto es la calidad de los paneles frontales de los instrumentos, ya que son imágenes reales en las que a los botones y ruletas se les ha asignado movimiento. En la Fig. 5 se pueden ver los paneles frontales de los instrumentos que se pueden utilizar en el laboratorio VISIR



**Figura 5.** Interfaces del tester, osciloscopio, fuente de alimentación y generador de funciones del VISIR

### 3.3 Simulación frente a laboratorios reales o remotos

Los cálculos manuales (en papel) y las simulaciones son las mejores herramientas para aprender las teorías y los modelos matemáticos porque no existen ruidos ni otros problemas que enmascaren los resultados reales en un experimento. Sin embargo, los experimentos reales son indispensables ya que ofrecen la posibilidad de contrastar los resultados calculados (matemáticamente) con la observación de la naturaleza. De hecho, calcular no es más que predecir el futuro: decir cuál será la tensión de salida si el circuito es el planteado. Pero frente a la predicción el alumno debe establecer sus dudas y la forma de experimentar para saber si lo calculado es correcto.

Para que el experimento/simulación sea válido y formativo debe contar con varias características:

1. El alumno debe montar el experimento por sí mismo, sobre todo si este es relativamente sencillo. En el caso de un circuito analógico básico, esto significa colocar los dispositivos (resistencias, diodos, condensadores, etc.) y conectarlos.
2. El alumno debe seleccionar por sí mismo los dispositivos de entrada y de salida a utilizar para excitar y visualizar los resultados del experimento.
3. El alumno debe decidir dónde conectar las entradas y salidas y cómo ajustar sus parámetros.
4. El alumno debe diagnosticar por sí mismo, sin ayudas, los problemas del circuito implementado, en el caso de que no funcione como se esperaba o se había calculado.
5. El alumno debe poder recolectar información para un posterior análisis sin estar delante del experimento.
6. Posibilidades de modificación rápida del circuito para realizar nuevos experimentos o para hacerlos más complicados.
7. El alumno debe sentirse inmerso en el experimento; debe sentir su realidad, aunque sea por medios virtuales. Esta característica es subjetiva, pero quizá es la más importante.

¿Cuántos puntos de los anteriores son cubiertos aceptablemente por un simulador y con qué inmersión? Quizá la respuesta para los simuladores sea sencilla: es una herramienta tan potente como poco inmersiva y real para el alumno. Es más interesante preguntarse por cómo los laboratorios remotos cubren los anteriores puntos. La Fig. 6 muestra el interface del laboratorio remoto iLAB del MIT (EE.UU.): ¿permite al alumno construir el circuito? ¿permite elegir las entradas? ¿siente el alumno que el experimento es real? Por último, ¿qué diferencia hay entre este laboratorio remoto y un simulador tipo PSPICE?

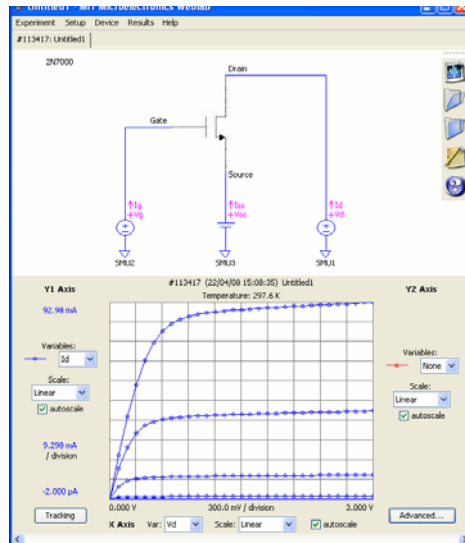


Figura 6. Interface de usuario del iLAB del MIT (EE.UU.) para caracterización

Lo mismo para el interface del laboratorio remoto RemotElecLab de ISEP (Porto, Portugal). En este caso, por ejemplo el alumno puede seleccionar distintas resistencias en algunos puntos del circuito y con ellas modificar el comportamiento del circuito (ver Fig. 7). ¿Es realmente como el laboratorio de la facultad? y si no lo es, ¿qué ventajas claras ofrece al alumno?

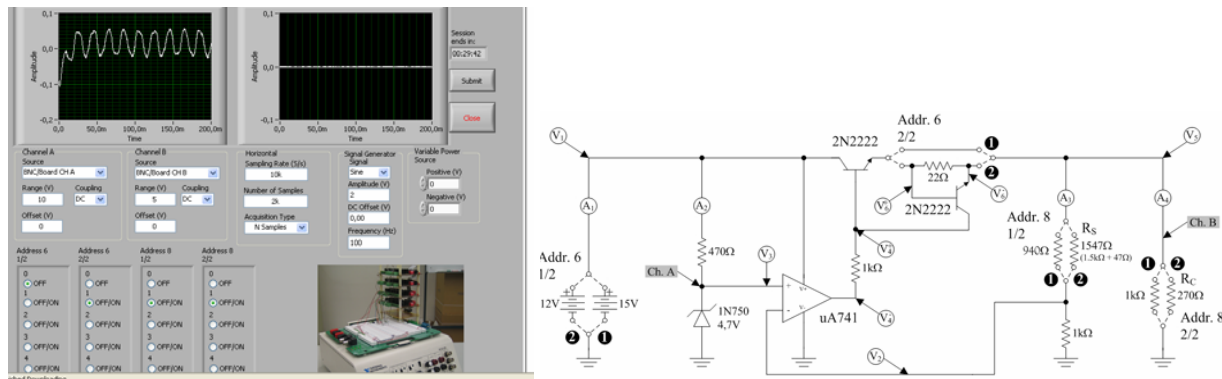


Figura 7. Interface de usuario del RemotElecLab de ISEP (Portugal)

Por último, la Fig. 8 muestra el isiLAB de la U. Genova (Italia). En este caso la página web ofrece distintos circuitos ya montados donde el alumno solo puede modificar las entradas y observar las salidas. Las preguntas son las mismas que las anteriores.

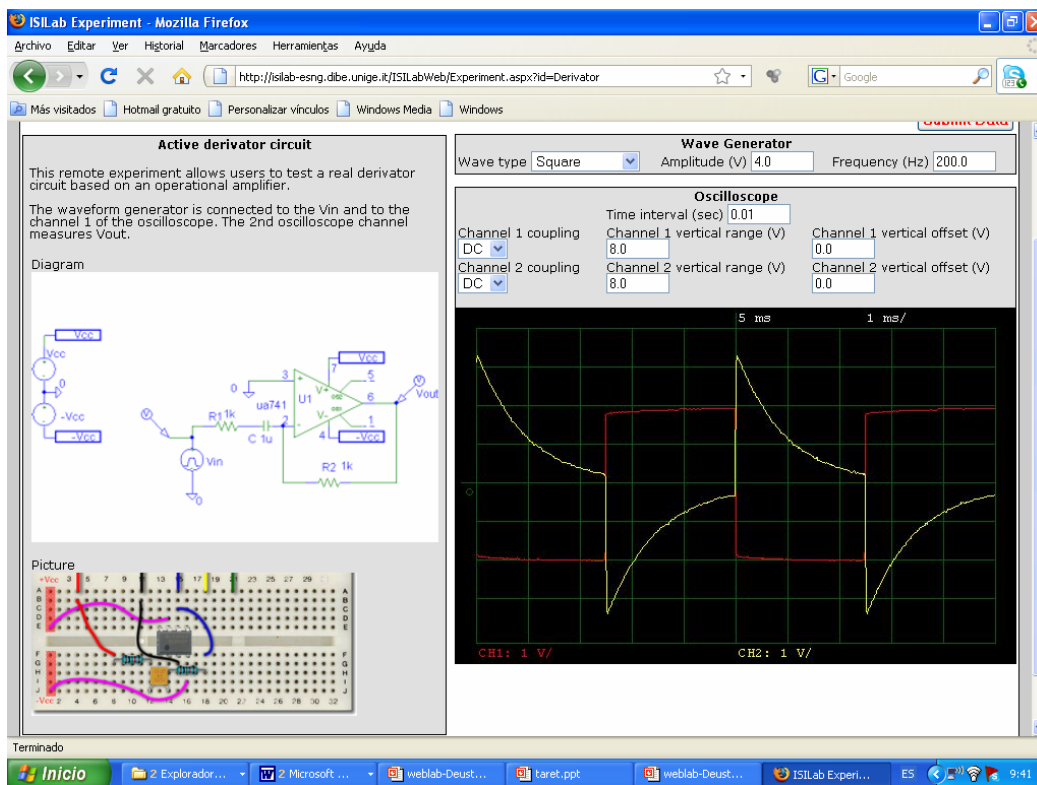
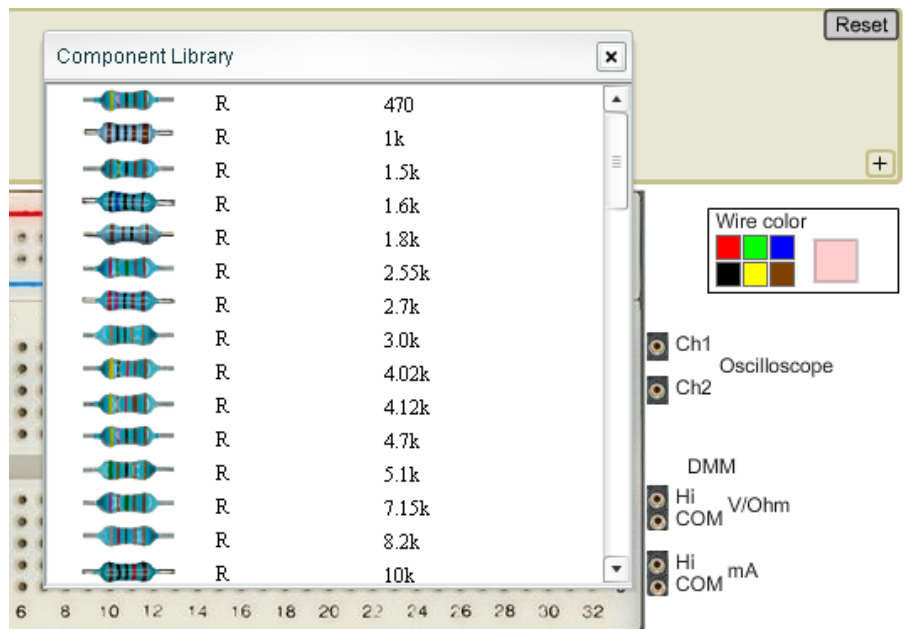


Figura 8. Interface de usuario del isiLAB de U. Genova (Italia)

#### 4. Una práctica con el WebLabDeusto-VISIR

Los objetivos de esta práctica son a) estudiar el comportamiento de un diodo convencional, b) realizar las medidas oportunas sobre el circuito, c) utilizar opcionalmente el generador de funciones y osciloscopio. Una vez que estamos en la pantalla en la cual aparece la placa protoboard, podemos comenzar a poner componentes y construir nuestro circuito. Para ello hacemos clic en el + de la esquina superior derecha y aparecerá una lista de dispositivos, tal y como se muestra en la Fig. 8. Para esta práctica, escogemos las resistencias de 470, 1K y 10K y el diodo 1N4007



**Figura 8.** Interface de usuario del VISIR para elegir los elementos del circuito

La práctica que se describe a continuación en la Fig. 9 es la correspondiente a un rectificador de media onda con un diodo. Seguidamente se añade al rectificador un condensador para implementar un filtro básico.

El diseño del VISIR permite que varios alumnos puedan acceder a la vez al laboratorio remoto, y tener la sensación de que hay varios laboratorios en marcha. En realidad el VISIR multiplexa su servicio hasta un máximo de unos 25 alumnos. Es decir, el VISIR no cede el control de sus equipos al alumno conectado, sino que los comparte gracias a este multiplexado hardware, lo que potencia enormemente el uso y disponibilidad del VISIR.

Una pregunta queda en el aire: ¿es el VISIR un experimento real o simulado? ¿por qué? La otra pregunta es, ¿se pueden usar todos los dispositivos ofrecidos por VISIR para montar circuitos? La respuesta es no. El responsable del VISIR debe montar varios dispositivos (resistencias, condensadores, diodos, etc.) en las tarjetas de conexionado, y solo esos dispositivos podrán ser usados para la práctica de la semana, cada semana el responsable cambiará los dispositivos en función de las prácticas. Por supuesto que lo mejor sería poder combinar todos con todos, pero no hay que olvidar que esta situación dispararía exponencialmente el problema de conexionado (el alumno no tiene restricciones de conexión); harían falta muchas más tarjetas y un número muy elevado de relés. VISIR está pensado para montar circuitos básicos,



no muy complicados, con un número reducido de dispositivos, pero con una disponibilidad total para el alumno.

<p>1. Montar el circuito de partida. Añadimos un diodo en polarización directa y alimentamos el circuito. En estas condiciones el diodo conduce si la tensión de alimentación supera los 0,7V.</p>	<p>2. Ajustamos la fuente de alimentación a senoidal a 1Khz y 10Vpp. Para ello debes: Pulsar en senoidal, Pulsar en Freq y poner 1 KHz Pulsar en Ampl y poner 10 Vpp</p>
<p>3. Ahora vamos a ver dos señales, dos canales, a la vez: la entrada (<math>V_i</math>: azul, Canal 1) y la salida en la resistencia (<math>V_o</math>: verde, Canal 2).</p>	<p>4. Ajustando los parámetros del osciloscopio.</p>
<p>5. Ahora añadimos un condensador de 1 uF y conectamos los canales del osciloscopio para ver la entrada y la salida.</p>	<p>6. Ajustando los parámetros del osciloscopio.</p>

**Figura 9.** Desarrollo de una práctica de rectificado y filtrado en VISIR

Una pregunta queda en el aire: ¿es el VISIR un experimento real o simulado? ¿por qué? La otra pregunta es, ¿se pueden usar todos los dispositivos ofrecidos por VISIR para montar circuitos? La respuesta es no. El responsable del VISIR debe montar varios dispositivos (resistencias, condensadores, diodos, etc.) en las tarjetas de conexionado, y solo esos dispositivos podrán ser usados para la práctica de la semana, cada semana el responsable cambiará los dispositivos en función de las prácticas. Por supuesto que lo mejor sería poder combinar todos con todos, pero no hay que olvidar que esta situación dispararía exponencialmente el problema de conexionado (el alumno no tiene restricciones de conexión); harían falta muchas más tarjetas y un número muy elevado de relés. VISIR está pensado para montar circuitos básicos, no muy complicados, con un número reducido de dispositivos, pero con una disponibilidad total para el alumno.

## 5. Resultados de WebLabDeusto-VISIR en la Universidad de Deusto

Los alumnos que utilizan los laboratorios remotos que tenemos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto, una vez que finalizan las prácticas, tienen que rellenar una encuesta que sirve al grupo de investigación WebLab-Deusto para conocer su grado de satisfacción. De esta forma podemos mejorar y proporcionar a los alumnos una herramienta de aprendizaje más a las que normalmente tienen acceso los estudiantes.

La siguiente tabla muestra los resultados de la encuestas obtenidas después de utilizar el VISIR en las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial Especialidad en Electrónica Industrial (ITIEEI) e Ingeniería Informática (II), ambas en la asignatura Electrónica Digital.

**Tabla 1.** Resultados de la encuesta a los alumnos sobre el VISIR

	ITIEEI	II
Número de estudiantes	40	44
Número de encuestas	38	40
Número de accesos	125	212

### B1. Utilidad

Q1. El WebLab me ayuda en la asignatura: conceptos, prácticas, proyecto, etc.	3,9	4,1
Q3. Es una buena idea extender el WebLab a otros alumnos	4,4	4,5
Q11. Me gustaría usar un WebLab en otras asignaturas	3,9	4,1
Q12. Estoy satisfecho con el WebLab	4,1	4,2
Q17. El WebLab me ha motivado a aprender más sobre la asignatura	3,8	3,9
Media	4,0	4,1

### B2. Sentido de la realidad e inmersión

Q2. Al usar el WebLab tengo sensación de realidad y de estar inmerso en ella. Siento que no es una simulación.	3,4	4,0
Q6. Te gustaría disponer de una WebCam para ver "algo" del WebLab: equipo, un reloj, gente, etc.	3,1	3,4
Q10. Aun estando alejado del WebLab, he tenido sensación de control sobre él.	3,3	3,9
Media	3,3	3,8

### B3. Usabilidad

Q4. He disfrutado con el WebLab	3,8	3,7
Q5. El WebLab es fácil de usar	3,8	4,0
Q7. Los instrumentos de medida, alimentación y montaje se usan con facilidad	3,8	4,2
Q8. No tengo problemas con el tiempo asignado	3,8	4,2
Q9. Los instrumentos de medida, alimentación y montaje están bien elegidos	4,0	4,4
Media	3,8	4,1

#### B4. Calidad del servicio

Q13. ¿Cuántas veces has tenido que esperar para usarlo?	2,8	1,8
Q14. ¿Cuántas veces lo has encontrado caído?	2,4	1,8
Q16. Las indicaciones/manuales/formación para usar el WebLab son claras	3,8	3,9
Q18. El WebLab-DEUSTO es un servicio sw de calidad (acceso, gestión, disponibilidad, etc.)	4,1	4,3
Media (solo Q16 y Q18)	4,0	4,1

(1) Encuesta de Electrónica Digital en el primer semestre del curso 2008-2009

(2) Encuesta de Electrónica Digital en el segundo semestre del curso 2008-2009

De la encuesta podemos extraer que a los alumnos les parece una buena idea utilizar el WebLab y que además les ha servido de ayuda para asimilar conceptos. Debemos recordar, que siempre consideramos el WebLab como una herramienta de apoyo al aprendizaje y nunca como un sustituto de los laboratorios reales/tradicionales. Es por eso que los alumnos, al *jugar* primero con los instrumentos del laboratorio a través del WebLab, después, cuando han ido la laboratorio de la universidad, hemos visto que se sentían más confiados que si se pusieran por primera vez ante el equipo, aunque su primera vez hay sido a través de una aplicación web.

Actualmente estamos trabajando en ampliar la oferta de circuitos a implementar, así como su tipología, haciendo posible que los alumnos puedan diseñar circuitos digitales y testear su funcionamiento utilizando, por ejemplo, diferentes dispositivos de entrada y salida.

1. Algunas conclusiones pueden ser establecidas:
2. En términos generales, VISIR es aceptado por los alumnos como una buena herramienta de aprendizaje. Los resultados son coherentes entre los dos semestres.
3. Los alumnos indican que el VISIR les parece una herramienta útil (B1).
4. Las respuestas de los alumnos en B2 y B3 son claramente mejores en el segundo semestre. La razón puede deberse a que por indicación de los alumnos del primer semestre se mejoraron el manual de usuario (se rehizo entero) y la documentación disponible del VISIR.
5. En los dos semestres los alumnos ordenan los bloques en el mismo orden B1-B4-B3-B2.
6. Siguiendo las recomendaciones de Corter [1] es muy importante que el entorno favorezca la inmersión del alumno en él. Se puede ver que las opiniones de los alumnos para Q2 y Q10 del B2 muestran una clara mejoría, fundamentada en la mayor y mejor información que los alumnos tienen del VISIR: si lo conocen, creen en él.

#### 6. Conclusiones y líneas futuras

El laboratorio remoto VISIR es un entorno adecuado para la experimentación con circuitos electrónicos analógicos básicos. Sus características más importantes son:

- interface web similar al puesto de trabajo en el laboratorio,
- modo de experimentación similar al del laboratorio,
- uso de dispositivos reales,
- experiencia de otros centros y
- gratuidad del entorno software junto a ayudas para su despliegue del VISIR en otras universidades.

Las desventajas más claras son que el VISIR no puede soportar el montaje de circuitos muy complejos ya que se produce una explosión combinatoria, que la parte hardware necesita de un PXI de NI

lo que encarece el coste del sistema y que la interface aun siendo realista puede que no suponga la inmersión del alumno, es decir, puede que el alumno vea el VISIR como un entorno de simulación.

Las líneas futuras se enmarcan en la superación de algunas de las desventajas anteriores, y sobre todo en el uso de dispositivos LXI (generadores, fuentes de alimentación, tester, osciloscopio, etc.). El uso de LXI relaja las condiciones hardware del VISIR y simplifica el sistema en su conjunto. Además el uso de LXI conlleva una estandarización del sistema mayor que la original en LabVIEW.

## **Referencias**

- [1] Corter, E. et al (2007). “Constructing Reality: A Study of Remote, Hands-On, and Simulated Laboratories”. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 14, No. 2.