

LABORATORIO VIRTUAL COMO CONJUNTO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS. UTILIZACIÓN COMO HERRAMIENTA DE AUTOEVALUACIÓN

P. FERNÁNDEZ^{1,2}, A. SALAVERRIA^{1,2}, A. VALDÉS² Y E.MANDADO^{2,3}

¹*Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Universitaria Politécnica de Donosti-San Sebastián. Universidad del País Vasco UPV/EHU.*

²*Instituto de Electrónica Aplicada Pedro Barrié de la Maza. Universidad de Vigo.*

³*Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Vigo.*

En este trabajo se presenta una solución original al proceso de autoevaluación del alumno, basado en la taxonomía de Bloom, mediante un laboratorio virtual. El sistema está, además, organizado para constituir un conjunto de objetos de aprendizaje que pueden ser incorporados a una plataforma informática de gestión del aprendizaje como por ejemplo Moodle.

1. Introducción

El desarrollo de las tecnologías de la información posibilita el diseño de nuevas herramientas para mejorar el rendimiento del proceso educativo, elevar la capacidad de autoaprendizaje del estudiante, facilitar la autoevaluación de sus conocimientos y finalmente evaluar el proceso enseñanza/aprendizaje en el que están inmersos tanto el alumno como el profesor. En este trabajo se utilizan las tecnologías de la información combinadas con la teoría constructivista del aprendizaje y se propone una metodología de evaluación formativa del aprendizaje para que el alumno controle de forma consciente su propio progreso en el campo de la Electrónica Básica.

Habitualmente, la autoevaluación en entornos virtuales de aprendizaje se realiza mediante cuestionarios formados por un conjunto de preguntas de opción múltiple o verdadero/falso. Si bien dicho método es válido en algunas ocasiones, en general el alumno no obtiene una visión práctica a partir de sus repuestas. Un método ideal, en el terreno de la ingeniería que nos ocupa, sería que, después de responder a cada una de las preguntas formuladas, el alumno fuese al laboratorio para realizar el montaje práctico del circuito motivo de la pregunta y comprobase la validez de su respuesta. Pero este proceso exige mucho tiempo y medios y además, si el alumno descubre en el laboratorio que su respuesta es incorrecta, tiene que buscar entre un cúmulo de papeles y apuntes la razón de su fallo. Es en este punto en el que las actuales tecnologías de la información proporcionan la posibilidad de desarrollar nuevas herramientas que ayudan a superar las dificultades indicadas.

En este trabajo se describe un sistema de autoevaluación que combina un cuestionario con un laboratorio virtual que muestra al alumno el circuito práctico bajo análisis e incluso lo genera de acuerdo con su respuesta, y le da la oportunidad de experimentar con él como si se encontrase en el laboratorio real. El alumno aprende y es consciente de sus errores ya que los experimenta con sus propias respuestas. De esta forma, tomando en consideración la reflexión del alumno sobre sus propios errores, se va más allá de una simple evaluación formativa y se obtiene una evaluación formadora [1].

El alumno al que va destinado este sistema cursa una asignatura de Electrónica Básica en los primeros cursos de ingeniería. Los dispositivos electrónicos son los elementos básicos de los sistemas electrónicos y la memorización de su comportamiento en la memoria de larga duración es muy

importante, especialmente para los ingenieros electrónicos de las diferentes especialidades. De ahí el interés de los laboratorios virtuales como herramienta de autoaprendizaje y autoevaluación de los citados dispositivos. Con este sistema, el alumno es protagonista de su propio proceso de aprendizaje porque no sólo estudia la teoría y los problemas de la asignatura en cuestión sino que, además, se autoevalúa experimentando en el laboratorio virtual y decide, mediante los resultados de la evaluación, si vuelve o no a iniciar el proceso. Finalmente el alumno acude al laboratorio real con la seguridad y la motivación que necesita.

2. Laboratorio virtual de dispositivos electrónicos.

El concepto de laboratorio virtual no está normalizado en la práctica, y reciben dicha denominación sistemas con prestaciones muy diferentes. El laboratorio virtual utilizado como herramienta de autoevaluación en esta comunicación está formado por un conjunto adecuadamente seleccionado de experimentos con los que interacciona el alumno y posee las siguientes características [2]:

- Tiene una interfaz de usuario amigable, con componentes de aspecto físico parecido a los que el alumno utiliza en el laboratorio.
- Incluye instrumentos simulados cuya funcionalidad es similar a la de los instrumentos reales.
- Cada experimento es una simulación pedagógica interactiva que relaciona los conceptos teóricos con los prácticos.
- Contiene experimentos destructivos que no se pueden llevar a cabo en el laboratorio y muestran al alumno las consecuencias negativas de la mala utilización de los elementos reales.
- Utiliza muy pocos recursos del ordenador y puede ser incluido en cualquier otro programa.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de experimento de este laboratorio virtual.

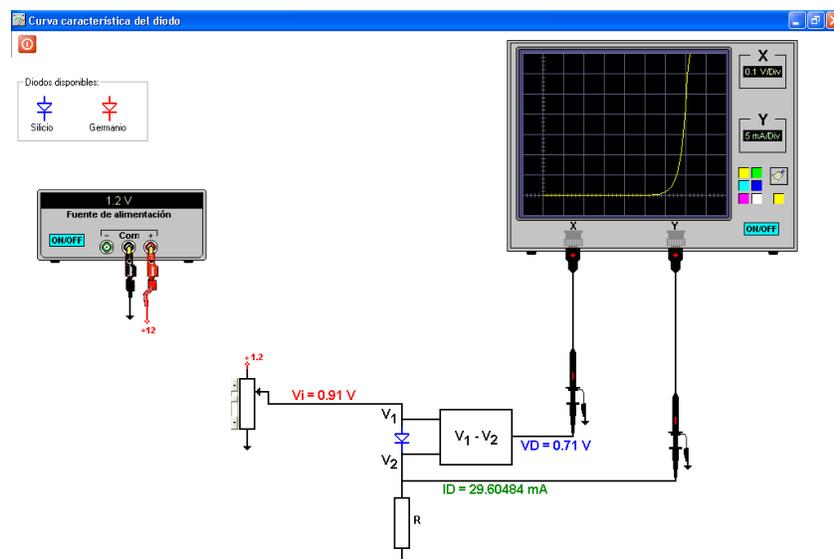


Figura 1. Ejemplo de experimento del laboratorio virtual utilizado.

Mediante las interfaces oportunas, cualquier profesor puede elaborar sus materiales didácticos y combinarlos con los experimentos del laboratorio.

3. Utilización del laboratorio virtual como herramienta de autoevaluación y conjunto de objetos de aprendizaje

En ocasiones, el alumno de ingeniería está desorientado y es incapaz de iniciar el trabajo práctico cuando accede al laboratorio real. Debido a ello puede frustrarse con algo que debería ser divertido y gratificante. La utilización de este sistema, no solamente le puede servir de conexión entre la teoría y la práctica, sino que le facilita la autoevaluación de su nivel de aprendizaje y le ayuda a asimilar ciertos conocimientos que le hacen falta tanto para su propia seguridad como la de los elementos que utiliza en el laboratorio. Además el alumno matriculado en la asignatura tiene la posibilidad de utilizarlo desde casa con la plataforma Moodle, como una modalidad docente no presencial.

Cada experimento del laboratorio virtual es un pequeño programa ejecutable. Los valores de los componentes mostrados los puede modificar fácilmente el alumno o se le pueden mostrar unos valores iniciales en consonancia con unas respuestas dadas en un cuestionario. El alumno responde a las preguntas propuestas por el sistema y este le informa del grado de error, le da la posibilidad de experimentarlo en el laboratorio virtual y lo evalúa. El alumno interacciona así con el laboratorio virtual sin miedo a estropear nada.

Después de cada contestación al cuestionario, se ejecuta el experimento correspondiente con los valores calculados por el alumno para que se encuentre ante el mismo circuito que haría en el laboratorio pero sin necesitar el tiempo y los medios que la práctica requiere. Por otro lado, y en combinación con el laboratorio virtual, mediante los enlaces necesarios, un texto explicativo muestra dónde está el error que ha cometido.

Cada unidad de aprendizaje se ha normalizado según un “Objeto de Aprendizaje” para que pueda formar parte de un almacén (*Repository*) de elementos didácticos colocado en una plataforma informática de gestión del aprendizaje como por ejemplo Moodle [3]. Por su compatibilidad con Moodle se ha elegido la norma IMS elaborada por el *Global Learning Consortium* [4].

Existe una gran variedad de soluciones utilizables para formular las tareas de evaluación:

- 1) La especificación de interoperabilidad para preguntas y pruebas conocida como QTI (*Question & Test Interoperability Specification*) [5] del IMS [4].
- 2) El Programa Hot Potatoes [6] y el empaquetamiento a continuación en el formato SCORM, (*Sharable Content Object Reference Model*), que, en el caso particular de la norma IMS [4], constituye un modelo de referencia para contenidos de aprendizaje reutilizables [7], seguido de la incorporación del paquete a la plataforma Moodle.
- 3) El propio editor de cuestiones de la plataforma informática Moodle [8].
- 4) La programación de una interfaz a medida.

La primera opción no se ha considerado ya que todavía presenta algunas incompatibilidades. Se han utilizado la segunda y la tercera opciones pero se han encontrado problemas de gestión y navegación a través del sistema. Se ha optado por la cuarta solución junto con la posibilidad de añadirlo como objeto de aprendizaje a la plataforma Moodle. Para ello basta con empaquetarlo con IMS/SCORM, utilizando “*Reload Editor*” [9].

Mediante las oportunas interfaces, cualquier profesor puede elaborar sus materiales didácticos y combinarlos con los experimentos del laboratorio.

4. Metodología de evaluación. Cuestionarios

Utilizando este sistema, con las pautas que le da el profesor, el alumno construye su propio aprendizaje y autoevaluación [10]. Se logra así que deje de ser un receptor pasivo de información y que se convierta en un participante activo del proceso educativo, que relaciona la información disponible en el sistema con sus experiencias y conocimientos previos [11].

Se trata de una evaluación continua y formativa que se realiza durante el proceso de enseñanza y aprendizaje y cuyo objetivo fundamental no solo es regularlo de manera interactiva [12] sino que incluso llega a ser formadora porque ayuda a que los alumnos controlen por sí mismos sus propios procesos y estrategias de pensamiento y aprendizaje [12].

Se trata de conseguir, de esta forma, una auténtica evaluación centrada en situaciones de aprendizaje de la vida real y en problemas significativos y relevantes de naturaleza compleja que muestren al alumno la utilización de un conjunto de conocimientos, habilidades, y actitudes [13] [14] [15] y [16].

Un entorno constructivista demanda recursos que incluyan la motivación como un factor importante del procedimiento de evaluación. Mediante esta metodología, se impulsa y mejora dicho proceso, se ayuda al cambio conceptual, metodológico de los alumnos y profesores y se modifica positivamente su actitud. Mediante sus resultados, además de evaluar al alumno, también se evalúa el método y el proceso con el objetivo de mejorarlos. El laboratorio virtual, junto con las adecuadas cuestiones de evaluación, proporciona al alumno todos estos recursos.

El alumno es, en todo momento, consciente de su evaluación, del nivel de aprendizaje según el lugar de la tabla en el que se encuentra (evaluación cualitativa) y al final de cada cuestionario mediante una calificación numérica (evaluación cuantitativa).

La modalidad docente propuesta para la autoevaluación proporciona al alumno diversas competencias generales y específicas situadas entre la clase magistral y el laboratorio. Entre las generales cabe citar:

- Organizar y planificar el trabajo de forma autónoma y a su propio ritmo.
- Metacognitivas, ya que en todo momento el alumno es consciente de su propio proceso de aprendizaje.

Y otras específicas como son:

- Describir el funcionamiento de dispositivos electrónicos para su utilización en circuitos básicos
- Comprender el funcionamiento de los dispositivos para su utilización en circuitos básicos.
- Analizar y diseñar circuitos básicos electrónicos a fin de utilizarlos en sistemas electrónicos
- Utilizar instrumentos de medida para después en el laboratorio poder construir, analizar y reparar circuitos básicos
- Manejar las fuentes bibliográficas especializadas a fin de poder realizar montajes prácticos en el laboratorio

Para saber lo que se debe preguntar al alumno, es decir el contenido de las preguntas, se han clasificado las competencias en orden creciente de dificultad atendiendo, por un lado, a la taxonomía de

Bloom, y por otro a la consideración del modelo del dispositivo a estudiar (modelo ideal, aproximado y real). Ver tabla 1.

| Taxonomía de Bloom | Modelo ideal | Aproximación | Modelo real | Competencias |
|-----------------------------------|---|---|--|--|
| CONOCIMIENTO | Principios de funcionamiento del componente | Estructura del dispositivo con nociones del componente real | Estructura del dispositivo real | <i>Describir el funcionamiento de dispositivos electrónicos</i> |
| CONOCIMIENTO y COMPRENSIÓN | Funcionamiento grafico | Funcionamiento grafico | Funcionamiento grafico | <i>Comprender el funcionamiento de los dispositivos electrónicos</i> |
| CONOCIMIENTO y COMPRENSIÓN | Leyes de funcionamiento Ecuaciones | Leyes de funcionamiento Ecuaciones | Leyes de funcionamiento Ecuaciones | <i>Comprender el funcionamiento de los dispositivos electrónicos</i> |
| ANALIZAR APLICACIÓN | Estudio de circuitos básicos de aplicación | Estudio de circuitos básicos de aplicación | Estudio de circuitos básicos de aplicación | <i>Comprender el funcionamiento de los dispositivos para su utilización en circuitos básicos</i> <i>Analizar circuitos básicos electrónicos</i> |
| APLICACIÓN SÍNTESIS | Resolución de problemas | Resolución de problemas | Resolución de problemas | <i>Construir, analizar y reparar circuitos básicos</i> |
| SÍNTESIS y EVALUACIÓN | Diseño de circuitos | Diseño de circuitos | Diseño de circuitos | <i>Diseñar circuitos básicos electrónicos</i> |

Tabla 1. Metodología para la elaboración de los cuestionarios.

Aunque son muchos los esquemas propuestos en la literatura para clasificar los objetivos formativos, sin duda el más influyente es la taxonomía de Bloom [17], que propone 6 niveles. La columna izquierda de la tabla 1 muestra dichos niveles en orden creciente de dificultad, aunque algunos de ellos están solapados. En la taxonomía de Bloom cada nivel incluye los anteriores, es decir, para adquirir la competencia de aplicación es necesario haber adquirido la de comprensión y, previamente, la de conocimiento. Por otra parte, la taxonomía hace referencia exclusivamente al ámbito de los conocimientos.

Estas competencias específicas, distribuidas en orden de dificultad y asociadas a la taxonomía de Bloom, se indican en la columna de la derecha de la tabla 1. La taxonomía de Bloom, ordenada en la primera columna de la tabla, se corresponde con el nivel de competencias, por ello algunos niveles están solapados. En la parte superior de la tabla se ha ordenado también por modelo de componente, ideal, aproximado y real. De esta manera el contenido de las preguntas queda situado en las celdas centrales de la tabla 1 y de forma explícita.

Queda decir que la navegación por la tabla, es decir el orden de las cuestionarios es de solamente una celda hacia la derecha o hacia abajo.

Existe cierta polémica sobre si es o no posible cubrir los niveles más avanzados de la taxonomía, mediante pruebas objetivas, en las carreras de ingeniería. Se han encontrado algunas referencias vinculadas al tema, específicamente para las carreras de Ingeniería. Leuba [18] y [19] presenta algunos ejemplos de preguntas calificables en un ordenador, de las cuales forman parte las de opción múltiple y sostiene que en este tipo de evaluaciones se pueden diseñar preguntas que midan actividades intelectuales de orden superior, como por ejemplo, resolución de problemas, creatividad y capacidad de síntesis. Otros autores de la época son de la misma opinión [20] y llegan incluso a realizar comprobaciones con alumnos de ingeniería química [21].

Se plantea al alumno una pregunta o un problema, denominado reactivo que consta de un enunciado, una figura o esquema electrónico y un conjunto de respuestas llamadas opciones de las cuales una es correcta y las demás son incorrectas (elementos de distracción). A partir de las celdas centrales de la tabla se elaboran 18 cuestionarios diferentes, cada uno de los cuales tiene cinco reactivos que a su vez constan de cinco elementos de distracción y una respuesta correcta.

5. Gestión del sistema

En el gráfico de la figura 2 se muestra, de forma resumida, la metodología desarrollada para el proceso de autoevaluación.

Se parte de un texto explicativo que, para este caso, se ha desarrollado en formato hipermedia. Una vez estudiado dicho texto, el alumno accede al proceso de autoevaluación, que consiste en un conjunto de preguntas respuesta múltiple, entre las cuales el alumno debe seleccionar la correcta. Una vez seleccionada, el sistema presenta al alumno el laboratorio virtual con el circuito bajo análisis o con el circuito que él mismo ha diseñado para que experimente con él y deduzca si su respuesta es o no correcta.

Una vez que ha realizado los experimentos, se le pregunta si ha acertado o no. Nótese que todavía no se le dice al alumno, directamente, si su contestación es o no correcta. Este método obliga al alumno a descubrir por sí mismo, de acuerdo con los experimentos realizados, si la respuesta es correcta. Se trata de una doble evaluación, la primera por la pregunta que se le plantea y la segunda por los experimentos que realiza.

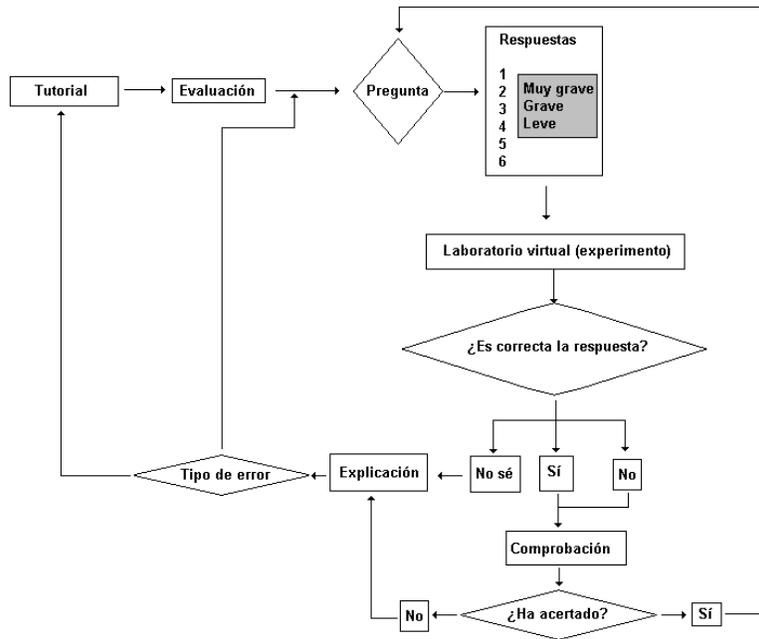


Figura 2. Interfaz gráfica de usuario en la modalidad de preguntas

4. Ejemplo del sistema desarrollado

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de la evaluación del comportamiento de los diodos.

El alumno debe escoger una de las respuestas que se proponen de las cuales una es, en este caso, correcta y las cinco restantes son incorrectas. En esta cuestión el alumno demuestra si sabe cuál es la tensión en los terminales del diodo y la corriente que circula a través de él.

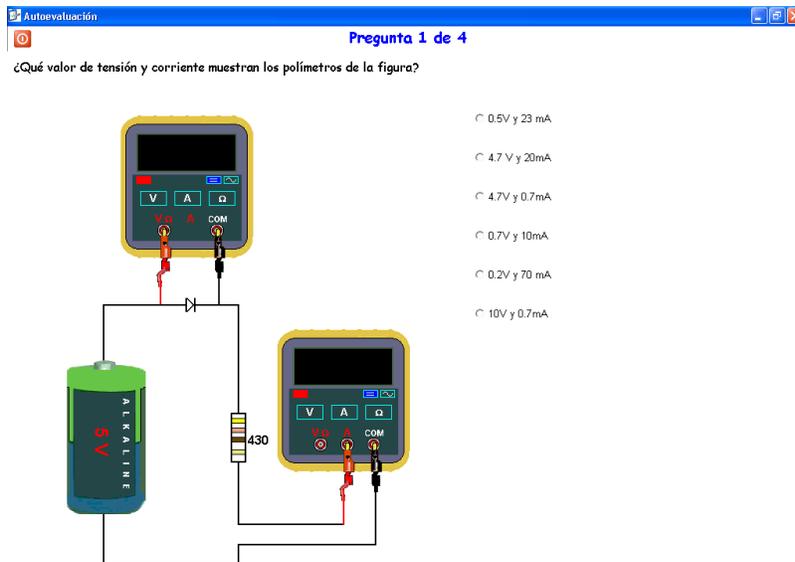


Figura 3. Interfaz gráfica de usuario en la modalidad de preguntas.

Una vez escogida la respuesta, el programa lanza el laboratorio virtual con el circuito bajo análisis (Figura 4), pero no le indica, todavía, si su respuesta es correcta o no.

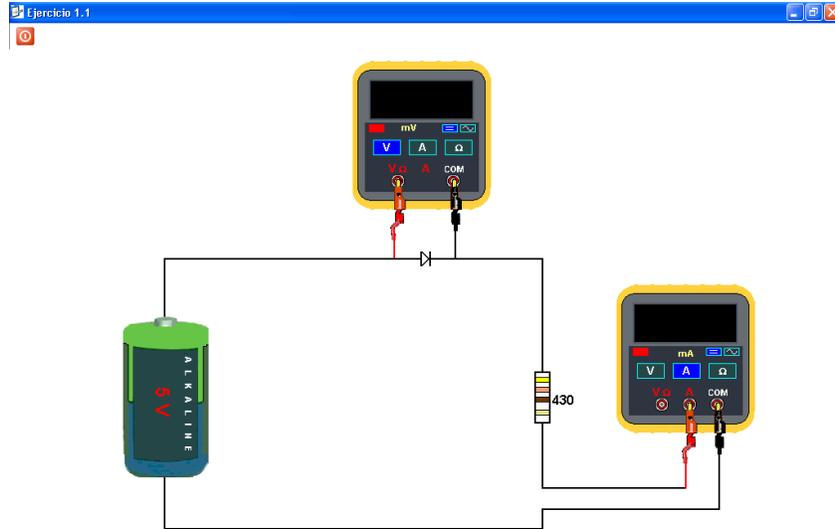


Figura 4. Circuito práctico.

El alumno puede actuar sobre el interruptor de puesta en marcha, poner en funcionamiento los polímetros y comprobar si la respuesta que ha dado es correcta o no, tal como lo haría en el laboratorio real. La Figura 5 muestra el mismo resultado que obtendría en laboratorio real.

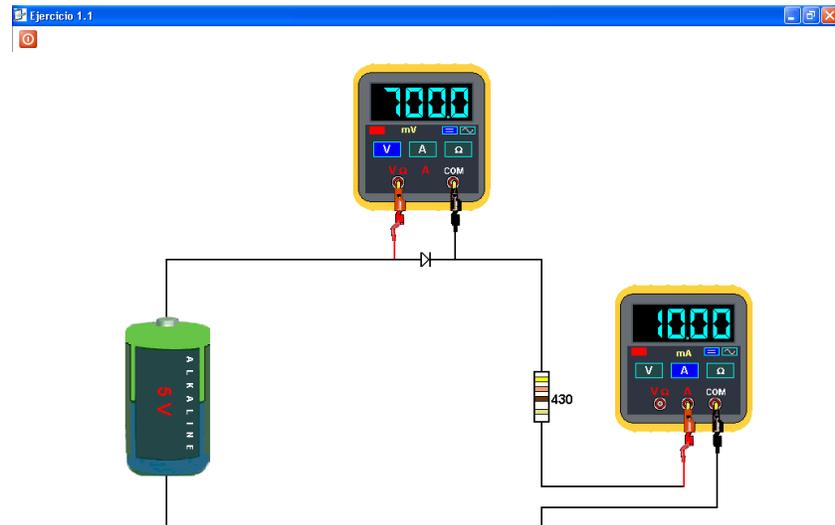


Figura 5. Tensión en bornes del diodo y corriente que circula por el circuito.

Cuando el alumno sale del laboratorio virtual, se le muestra una nueva pregunta y debe deducir, por los resultados de su experimentación, si su respuesta es o no correcta.

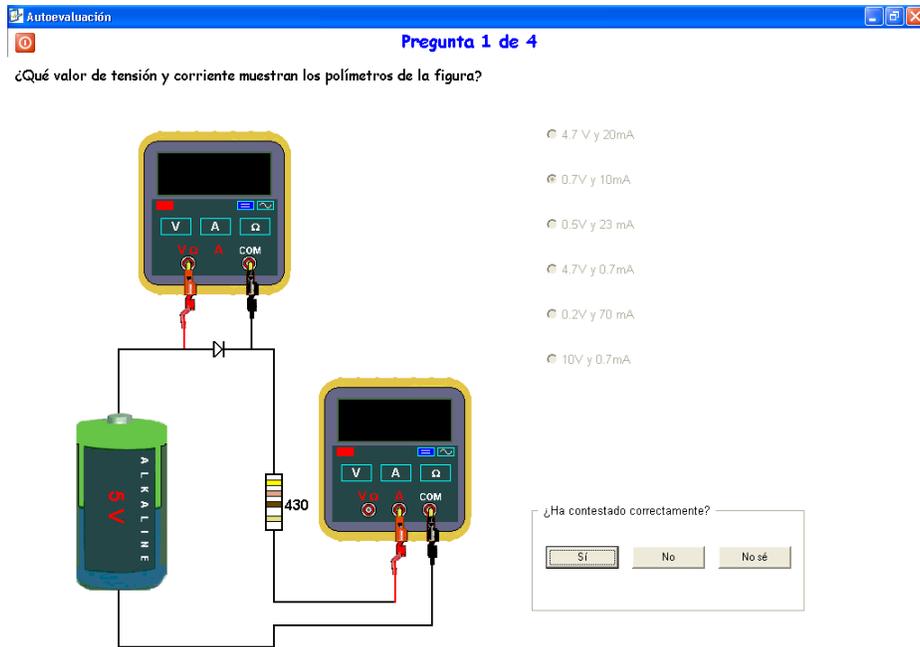


Figura 6. Nueva evaluación del alumno. Debe deducir si la respuesta dada es acertada o no.

4. Conclusiones

Se ha elaborado un sistema de autoevaluación por competencias basado en la taxonomía de Bloom que, mediante un laboratorio virtual, permite al alumno evaluar sus conocimientos de un modo original que no se limita a la simple respuesta de “acertado” o “incorrecto” sino que le hace trabajar de un modo práctico para autoevaluarse de la misma forma que lo haría en un laboratorio en el que tuviese que montar el circuito.

El sistema de autoevaluación desarrollado es, además, un conjunto de objetos de aprendizaje que pueden incorporarse al almacén de una plataforma informática de gestión del aprendizaje como por ejemplo Moodle.

5. Referencias

- [1] Przesmycki, H. (1991). *Pédagogie Différenciée*. Paris: Hachette
- [2] A. Salaverría, L. F. Ferreira, J. Martínez y E. Mandado. *Laboratorio virtual para el autoaprendizaje de la Electrónica Aplicada*. Congreso TAEE 2006.
- [3] Plataforma informática Moodle <http://moodle.org/>
- [4] IMS Global Learning Consortium, <http://www.imsglobal.org/aboutims.html> (acceso 21-4-08)
- [5] IMS Question & Test Interoperability Specification. <http://www.imsglobal.org/question/>

(acceso 21-4-08).

- [7] SCORM Sharable Content Object Reference Model . Siendo ADL (Advanced Distributed Learning) la organización a cargo de este estándar. <http://www.adlnet.gov/scorm/index.aspx> (acceso 21-4-08)
- [8] Moodle Docs. *Using Moodle*. Moodle, February 2006.
http://download.moodle.org/docs/using_moodle/ch5_quizzes.pdf
[acceso 2006-06-30]
- [9] El software necesario se puede descargar en las siguientes direcciones:
- Reload Editor: <http://www.reload.ac.uk/editor.html>
- Reload Player: <http://www.reload.ac.uk/scormplayer.html>
- [10] Neimeyer Greg, J. (Comp.). *Evaluación Constructivista*. [Tr: Angela Aparicio]. Paidós, Buenos Aires, Argentina, 1996
- [11] Grabowski, B. (1996). *Generative Learning: Past, present & future*. In D.H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. New York: Simon Schuster, McMillan.
- [12] Coll, C. y Onrubia, J. (1999). *Evaluación de los aprendizajes y atención a la diversidad*. En Coll, C. (coord.): *Psicología de la instrucción. La enseñanza y el aprendizaje en la Educación Secundaria*. Pp. 144 y 145. Barcelona. ICE/Horsori.
- [13] Ahumada, P. (2005). La evaluación auténtica: un sistema para la obtención de vivencias de los aprendizajes. *Perspectiva Educacional*, 45, 11-24
- [14] Biggs, John (2006): Calidad del aprendizaje universitario, Narcea, Madrid
- [15] Birembaum, M., Breuer, K., Cascallar, E., Dochy, F., Dori, Y., Ridway, J., Wiesemes, R. y Nickmans, G. (2006): A learning Integrated Assessment System. *Educational Research Review*, 1, 61-67.
- [16] Diaz Barriga, F. (2006). La evaluación auténtica centrada en el desempeño: una alternativa para evaluar el aprendizaje y la enseñanza. En F. Díaz Barriga (Coord.), *Enseñanza vinculada: vínculo entre la escuela y la vida* (pp 125-163). México: McGraw-Hill.
- [17] Bloom B.: *Taxonomía de los objetivos de la educación. Clasificación de las metas educativas. Ambito del conocimiento*. Ed. Marfil. España. 1975
- [18] Richard J Leuba. *Machine-Scored Testing, Part I: Purposes, Principles, and Practices*. Engineering Education. Vol. 77, No. 2, November 1986 ,pp 89-95
- [19] Richard J Leuba. *Machine-Scored Testing, Part II: Creativity and Analysis*. Engineering Education. Vol. 77, No. 3, December 1986 ,pp 181-186
- [20] Robert L. Ebel. *Essentials of Educational Measurement*. 3er edit., Prentice Hall, 116pp. 1980
- [21] David P. Kessler. *Machine-Scored versus Grader-Scored Quizzes-An Experiment*. Engineering Education, v78 n7 p705-09 Apr 1988