

# EMPLEO DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA EN LAS CARRERAS DE INFORMÁTICA

Benítez-Díaz D., Trujillo-Pino A.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Dpto. de Informática y Sistemas  
Campus Universitario de Tafira  
35017 Las Palmas

Tfno: (928) 45 87 00

Fax: (928) 45 87 11

e-mail: domingo@fobos.ulpgc.es

## RESUMEN

*Proponemos un modelo de enseñanza para la asignatura de Electrónica que ha sido puesto en práctica en las carreras de Informática ofrecidas por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Se hace uso de un nuevo diseño de Unidad Didáctica para la impartición de la parte práctica de la materia en la que se diferencian dos fases. La Primera Fase se desarrolla en el que denominamos Laboratorio Simulado que está constituido por un computador personal, varios tipos de simuladores, y editores de textos. La Segunda Fase es desarrollada en el clásico Laboratorio de Electrónica. El método que empleamos consiste en que el alumno intente comprender el comportamiento de los circuitos desde tres enfoques: el analítico, el simulado, y el real. De los simuladores que se utilizan alguno ha sido realizado en nuestro grupo docente. Mostramos el funcionamiento de SimFrec, que es un simulador semisimbólico para la obtención de la función de transferencia y las curvas de Bode de un circuito.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El ofrecimiento a los estudiantes de carreras universitarias de un entorno de trabajo en el que se pueden utilizar computadores, en conjunción con los servicios y la enseñanza tecnológica que proporcionan los profesores y sus asistentes, crea un contexto que motiva a los alumnos a

analizar, descubrir, estudiar e innovar. Ellos se convierten en motivados aprendices capaces de explorar las tecnologías modernas y asimilar nuevos conocimientos. En tal entorno los computadores se convierten en unas herramientas indispensables para los estudiantes con el objetivo de conseguir una buena productividad, y deben ser considerados simplemente como un medio hacia un fin. La utilización del computador en las actividades docentes universitarias permite que las Nuevas Tecnologías sean aprovechadas en la enseñanza [3].

La asignatura de Electrónica que se imparte en varios currícula, tanto de ciencias como de ingeniería, es una de las que se adjetivan como clásica. Sin embargo la forma de impartir su contenido puede acomodarse a metodologías docentes modernas que promuevan la utilización del computador por parte de los estudiantes. Nuestra experiencia nos indica que comúnmente un estudiante universitario de Informática comienza el curso de Electrónica con una actitud un poco hostil, ya que piensa que la Informática y la Electrónica tienen poca relación entre sí. A esto se añade una carga matemática mayor que en otras asignaturas del mismo curso o superiores. El estado de hostilidad llega a cotas máximas cuando empieza a manejar instrumentos y componentes que para nada le encajan dentro de la profesión del ingeniero informático.

Proponemos aquí una metodología docente para impartir la asignatura de Electrónica, en la que la utilización de computadores y herramientas software de simulación y edición juegan un papel importante. Ésta ha sido utilizada desde el curso 1989-90 en la Escuela y Facultad de Informática de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Los resultados obtenidos muestran que la actitud de los estudiantes al final del curso es muy diferente a la que demostraron al comienzo del mismo.

## 2. UNIDADES DIDÁCTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA

De las definiciones de Unidad Didáctica (U.D.), la que mejor define la idea aplicada por nosotros es la de "*un Tutorial que facilita el aprendizaje de un alumno con las siguientes características : (a) el saber se presenta desmenuzado y se desarrolla aplicando un método deductivo, (b) facilitan la enseñanza individualizada, y (c) pueden evaluar el conocimiento adquirido*" [1].

Normalmente una U.D. se relaciona con un programa de ordenador que actúa como profesor en la formación de un usuario en una materia determinada [1, 2]. Es decir, que a través del computador se expone la materia con posibilidad de repetirla, realizar cuestiones y evaluar. Nos propusimos en un primer momento crear un entorno de este tipo para ayudar a impartir las prácticas de la asignatura de Electrónica en la diplomatura y licenciatura en Informática, que además sirviera como sustituto del laboratorio clásico de Electrónica. Sin embargo al poco tiempo de empezar en nuestro empeño cambiamos esta idea por la de que fuera un complemento del mismo.

Cada Unidad Didáctica que hemos diseñado es un compendio entre la práctica tradicional en el laboratorio, la práctica de simulación en el ordenador, y los cálculos analíticos que el alumno debe realizar sobre el papel. Mediante la fusión de las tres el estudiante podrá adquirir un conocimiento más claro del comportamiento de un circuito, ya que las fuentes de información

son tres distintas. Además va a incentivar su curiosidad por conocer la explicación del funcionamiento de otros circuitos.

El modelo de enseñanza que proponemos utiliza Unidades Didácticas en las que en cada una se diferencian dos fases de desarrollo. La Primera Fase se ejecuta en el que denominamos Laboratorio Simulado, y la Segunda Fase se realiza en el Laboratorio de Electrónica (ver figura 1).

## UNIDAD DIDÁCTICA



Figura 1. Esquema en el que se muestran las fases de desarrollo de cada Unidad Didáctica en el modelo de enseñanza de la asignatura de Electrónica.

El Laboratorio Simulado es el lugar donde se encuentra al menos un computador personal tipo PC, que soporta las herramientas software necesarias para el desarrollo de la primera fase de la U.D. Éste puede hallarse en un edificio universitario o en el domicilio del usuario. El software consiste en varios simuladores de circuitos electrónicos además de editores de texto. Al comienzo del curso se expondrá el funcionamiento de los programas a utilizar en las U.D., cuyos manuales de instrucciones se encuentran a disposición de los alumnos en cualquier momento. El material de esta fase se completa con el guión de prácticas y un formulario que deberá rellenar el estudiante para su posterior evaluación. Todo puede ser visualizado en la pantalla del computador dentro del entorno WINDOWS, como se puede observar en la figura 2.

Cada guión de prácticas en esta primera fase tiene tres partes bien diferenciadas:

- Definición de la arquitectura de uno o varios circuitos a estudiar, y petición de resultados;
- Método de trabajo;
- Especificación de un diseño propuesto.

En la primera parte se definen los circuitos enseñando los esquemas de los mismos. Se proporcionan también los valores de los parámetros que caracterizan a los componentes electrónicos a través de los modelos escogidos. Sobre estos circuitos se le indica al usuario qué análisis debe realizar y qué datos debe extraer. En la segunda parte el alumno es orientado primero a tomar los datos proporcionados por el simulador, por ejemplo la tensión de un determinado nodo o la respuesta temporal de un circuito dado. Luego, empleando un método deductivo, el alumno contrasta los resultados obtenidos a través del ordenador con los analíticos. Y por último, en la tercera parte del guión se le pide que diseñe un circuito parecido a alguno de los estudiados a lo largo de la U.D., el cual debe cumplir con ciertas propiedades que denominamos "condiciones de diseño".

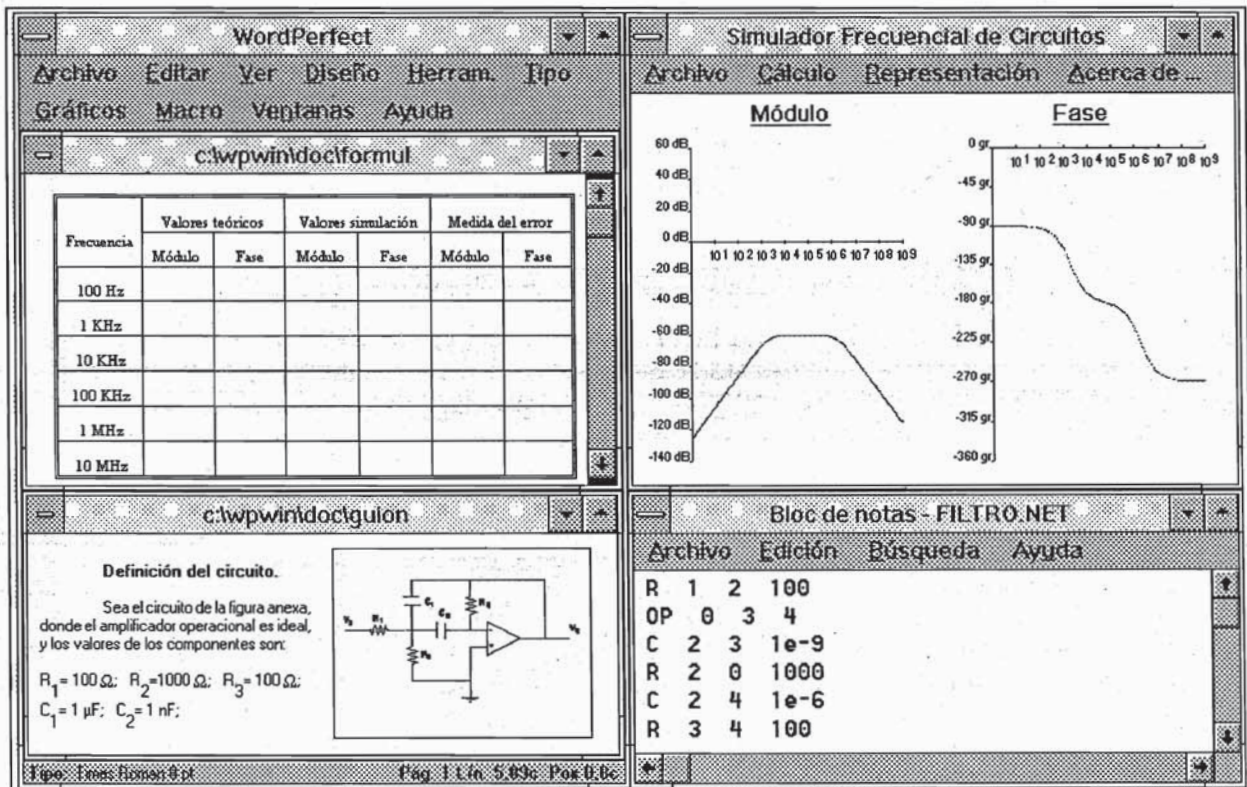


FIGURA 2. Ejemplo del entorno de trabajo que se utiliza en la primera fase de las Unidades Didácticas. En la parte izquierda aparece un editor de textos con el guión y el formulario de la U.D. A la derecha se encuentra una herramienta de simulación donde puede verse su resultado gráfico junto a la descripción del circuito. Todas ellas son aplicaciones que se ejecutan en el entorno WINDOWS.

Los resultados que el alumno ha ido obteniendo los irá introduciendo en el formulario de la Primera Fase de la U.D. Éste consiste en unas hojas con numerosas tablas y espacios en blanco en los que el alumno va rellenando a medida que se desarrolla la U.D. En él aparecerán los desarrollos y cálculos matemáticos que han sido necesitados, los datos obtenidos del simulador, el error entre ambos tipos de datos, respuestas a cuestiones que aparezcan en el guión de la U.D., el circuito diseñado, y las medidas que verifican el funcionamiento de éste

último. Cada grupo de trabajo tiene un plazo de entrega de una o dos semanas después de agotado el tiempo de estancia en el Laboratorio Simulado para entregar los formularios. La experiencia nos ha demostrado que la utilización del formulario enseña al estudiante la idea de síntesis en la exposición del trabajo realizado.

La Segunda Fase de la U.D. se desarrolla en el Laboratorio de Electrónica, cuyo material de trabajo consiste en: instrumental electrónico, componentes, guiones y formularios. La estructura del guión es idéntica a la de la Primera Fase, así como las peticiones incluidas, aunque ahora la toma de datos se realiza con lecturas en los aparatos de medida sobre circuitos construidos con componentes electrónicos. La última petición consiste en que se conecte el circuito diseñado en la Primera Fase, y que se verifique su funcionamiento. Al igual que en la fase anterior, cada grupo de prácticas debe entregar el formulario dentro de un tiempo determinado. En la figura 3 se muestra esquemáticamente los pasos que se siguen en el desarrollo de cada fase de la U.D.

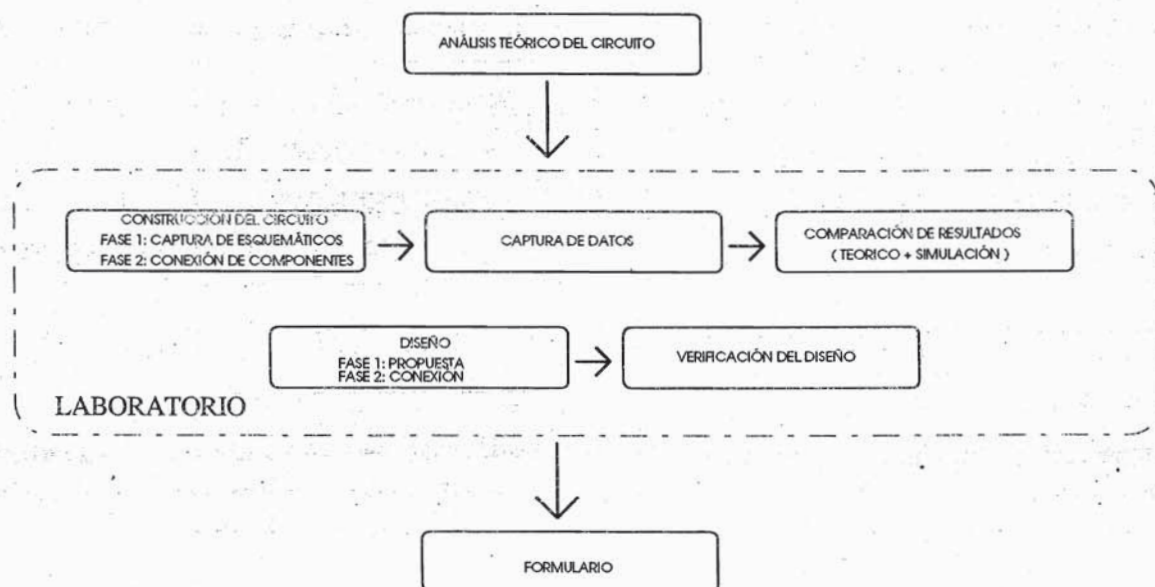


Figura 3. Pasos seguidos por los usuarios de las Unidades Didácticas en cada una de sus fases de desarrollo.

En el diseño de cada U.D. se ha tenido en cuenta que el tiempo medio estimado en realizar la Primera Fase es de tres horas, y la Segunda Fase de cuatro horas. Las U.D. que hemos puesto en práctica hasta el momento son las siguientes:

- 1) Análisis de la respuesta transitoria de los circuitos RLC;
- 2) Análisis de un circuito rectificador con puente de diodos;
- 3) Análisis en alterna de circuitos con transistores bipolares;
- 4) Circuitos digitales con transistores bipolares;
- 5) Análisis de un inversor NMOS;
- 6) Análisis en frecuencia de circuitos con amplificadores operacionales.

### 3. OBJETIVOS PEDAGÓGICOS Y METODOLOGÍA DOCENTE

Los objetivos pedagógicos que nos hemos propuesto con el uso de las U.D. coinciden en parte con los de algunos proyectos docentes en otras universidades [4, 7], cuyos métodos de trabajo difieren del nuestro. Estos se describen de la siguiente forma:

- Asimilar la idea de que una herramienta de simulación permite la obtención de la respuesta del comportamiento de un circuito sin tener que construirlo en el Laboratorio de Electrónica, y además de una forma más fácil y rápida.
- Aproximar a los estudiantes de Informática a materias relacionadas con el diseño de circuitos electrónicos, experimentando con cada una de las fases del diseño: creación de la arquitectura, simulación, implementación y test.
- Utilizar el computador como medio para desarrollar la productividad mental y profesional del estudiante en la resolución de problemas prácticos.
- Conocimiento y manejo de un rango de productos software de diseño, simulación y test de circuitos electrónicos.
- Asimilar la idea de modelo de funcionamiento de un componente electrónico, y contrastar sus resultados con los reales.
- Hacer participar al alumno en el proceso de aprendizaje, y permitir que pueda autoevaluarse.

Una de las formas de dividir la asignatura de Electrónica es en módulos, haciendo alusión cada uno de ellos a un conjunto de materias muy relacionadas (componentes semiconductores, tecnología bipolar, tecnología MOS, amplificadores operacionales, etc.). La metodología docente que utilizamos dentro de nuestro modelo de enseñanza hace referencia a la impartición de cada módulo, y se diferencian en ella tres partes. La primera consiste en la exposición oral en el aula de los conocimientos que el alumno debe adquirir, además de la realización de un conjunto de ejercicios teóricos. Se hará hincapié en los modelos matemáticos que describen el comportamiento de los circuitos, los cuales se intentará que sean los mismos que los utilizados por los simuladores.

En la segunda parte es donde se utilizan las Unidades Didácticas descritas en el apartado anterior. El profesor entrega a cada grupo de alumnos (normalmente dos personas) el material de cada U.D., los cuales tendrán un tiempo determinado para cumplimentarla y devolver al profesor el formulario. A su disposición se encuentran un Laboratorio Simulado por cada grupo de prácticas y un puesto en el Laboratorio de Electrónica. La gestión de los recursos de los laboratorios es llevada por el personal laboral encargado. Los alumnos disponen a su vez del asesoramiento de los profesores responsables de la asignatura tanto en el momento en que realizan la U.D. como en las denominadas horas de tutorías.

La tercera parte corresponde a la evaluación de los conocimientos adquiridos. La calificación que cada grupo obtiene en una U.D. está relacionada con el tanto por ciento medio de acercamiento de la predicción de resultados teóricos tanto con los obtenidos de la simulación, como con los obtenidos a través de las medidas con el instrumental electrónico. Por lo tanto el alumno tiene la capacidad de autoevaluarse con esta metodología, y saber su nota sin tener que esperar a que los profesores revisen los formularios.

#### 4. HERRAMIENTAS SOFTWARE DE SIMULACIÓN

El hecho de poder simular el comportamiento de un circuito electrónico en la pantalla de un ordenador tiene numerosas ventajas para el estudiante. El circuito es fácil de construir y alterar. La modificación de los parámetros de los componentes o la sustitución de éstos por otros diferentes se hace de una manera sencilla y rápida, sin los clásicos problemas de la implementación real debidos a fallos de dichos componentes o, simplemente, a que no dispongamos en el laboratorio de ciertos valores. Una vez capturado el circuito podemos realizar todos los análisis que queramos de una forma cómoda.

Existen numerosas herramientas actualmente en el mercado entre las que elegir, dependiendo de su potencia, grado de dificultad, rapidez, coste económico, etc. Además, no tenemos por qué ceñirnos a una única, ya que en función del tipo de análisis que vayamos a realizar en cada momento podremos escoger una u otra. Actualmente estamos usando varias como MicroCap, SPICE.AGE y PSPICE. Sin embargo, aparte de estos programas comerciales, estamos también interesados en construir nuestros propios simuladores. A continuación describimos el funcionamiento de uno de ellos.

##### **Simulador semisimbólico de circuitos electrónicos para la obtención de curvas de Bode (SimFrec)**

Este simulador consiste en un conjunto de programas que han sido diseñados en Borland C++ bajo entorno WINDOWS para ejecutarse sobre un PC. La elección de este entorno de ventanas se debió a que con él se consigue construir una herramienta cuyo uso es muy cómodo para el usuario, y la de la máquina fue debida a que éste es el tipo que disponemos en nuestros centros. El objetivo es calcular la respuesta en frecuencia de un circuito a través de sus curvas de Bode.

Utilizando el Método Nodal Modificado [6] SimFrec determina la relación entre la tensión de un nodo del circuito al que denominamos de "salida", respecto a otro llamado de "entrada". Obtiene una expresión que consiste en un cociente de polinomios cuyos coeficientes se calculan numéricamente. Ésta es la razón por la que se adjetiva "semisimbólico".

El programa necesita de un fichero de descripción del circuito, donde se encuentran los componentes que lo forman, la conexión existente entre ellos, y sus valores característicos (ver figura 2). Los elementos que pueden aparecer son: resistencias, condensadores, bobinas, fuentes de tensión y corrientes independientes y dependientes controladas por tensión o corriente, además de transistores bipolares y amplificadores operacionales.

El resultado final del programa es la expresión matemática que representa la respuesta del circuito en función de la frecuencia, así como su representación gráfica por medio de los diagramas de Bode, tanto el módulo como la fase de la función de transferencia. Un ejemplo de estas gráficas puede verse en las figuras 2 y 4. Las estimaciones de las curvas de Bode a través del simulador semisimbólico han sido medidas estadísticamente sobre un conjunto de diez circuitos distintos. Se han comparado con los cálculos analíticos resultando que el error encontrado es en todos los casos inferior al 1% [5].

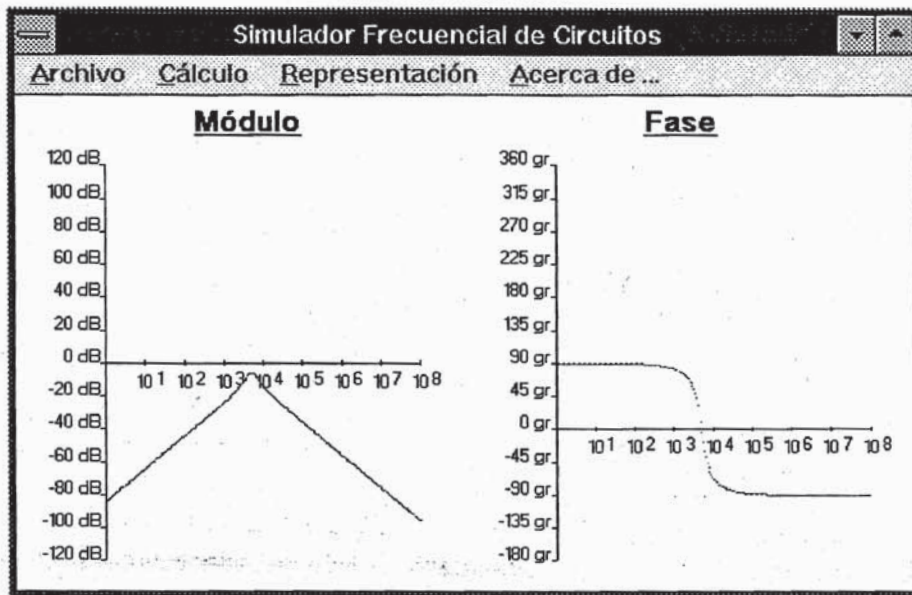


Figura 4. Salida por pantalla de la respuesta en frecuencia de un circuito proporcionada por SimFrec. Se observan dos gráficas correspondientes al módulo y la fase de la función de transferencia. La unidad de medida en los ejes de abscisas es en Hertzios.

## 5. CONCLUSIONES

Las Unidades Didácticas han sido utilizadas desde el curso 1989-1990 hasta el actual, siendo la media del número de usuarios por año de 110. Los resultados que hemos obtenido a partir de las encuestas que realizamos al finalizar cada curso académico nos permiten concluir que en promedio más del 75% de los encuestados afirman que "las U.D. les han permitido entender los contenidos de la asignatura mejor que el estudio a través solamente de libros y apuntes". Es aproximadamente el mismo porcentaje el que opina que el tiempo que le dedicó a la realización de dichas unidades se lo ahorraron a la hora de estudiar para los exámenes parciales o finales. Un análisis más detallado de dichas encuestas nos indica que el grado de aprovechamiento de las U.D. ha sido alto, y que los objetivos pedagógicos propuestos fueron alcanzados por un gran porcentaje de alumnos.

Un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta es el papel que desempeñan los profesores responsables de la asignatura en la integración de las nuevas tecnologías en la docencia. Creemos que su labor debe ser reconocida e incentivada a nivel estamental, con el objetivo de mejorar la calidad docente de la Universidad.

## 6. AGRADECIMIENTO

Los autores de este trabajo quieren agradecer a D. Jesús Alberto Martín Bautista el trabajo realizado en el diseño de los programas que forman el simulador semisimbólico SimFrec.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. T. Alañón Rica, D. Grande Fernández, M. Sánchez Cabezudo y E. Sánchez Menéndez. "Un Proyecto de E.A.O. en la Universidad Politécnica de Madrid: Nomenclatura y Formulación de Química Inorgánica". *INFODIDAC*. No. 14 - 15, pp. 72 - 74. 1991.
- [2] A. Fidalgo Blanco. "Desarrollo y prueba de unidades didácticas basadas en enseñanza asistida por ordenador". *INFODIDAC*. No. 12, pp. 39 - 42. 1991.
- [3] A. Fidalgo Blanco. "Justificación y Necesidades de las Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Formación". *INFODIDAC*. No. 14 - 15, pp. 65 - 71. 1991.
- [4] D.A. Lowther y E.M. Freeman. "A New Approach to Using Simulation Software in the Electromagnetics Curriculum". *IEEE Transactions on Education*. Vol.36, No.2, pp.219 - 222. May, 1993.
- [5] J.A. Martín Bautista. "Simulador Semisimbólico de Circuitos Electrónicos para la Obtención de las Curvas de Bode" (Proyecto Fin de Carrera, Escuela Universitaria de Informática, Univ. de Las Palmas de G.C.). Febrero, 1994.
- [6] J.M. Miró, A. Puerta, J.M. Miguel, y M. Sanz. "Análisis y diseño de circuitos con PC". Ed. Marcombo. 1989.
- [7] K. Scoles, M. Tanyel y B. Onaral. "Computing in Electrical Engineering Education at Drexel University". *IEEE Transactions on Education*. Vol.36, No. 1, pp. 198 - 203. February, 1993.

