

Entornos de Simulación en la Educación a Distancia

J.Bravo, M.Ortega, M.Prieto
Departamento de Informática-UCLM
Escuela Universitaria de Informática
Ronda de Calatrava, 5 - 13071-Ciudad Real
Telf.-926 29 53 00 (Ext. 3713)
E.Mail: jbravo@inf-cr.uclm.es

Resumen

El presente trabajo trata de hacer un recorrido introductorio sobre el amplio campo de aplicaciones de la Simulación. El primer paso contemplará los conceptos básicos: Sistema, Modelado y Simulación (dónde, cómo y la herramienta), para continuar con los entornos de simulación propiamente dichos en los que se estudiará, siempre de manera introductoria, los diferentes tipos y tendencias para llegar a las actuales y de interés en el marco de la Educación a Distancia, es decir, aquellos que se ejecutan en el Web con la última novedad en lenguajes de programación: JAVA.

1. Introducción.

La simulación es una disciplina que, aunque nació anteriormente con los trabajos de Student sobre temas de probabilidad, su renacimiento se produce con Von Neumann y Ulan y con el disfraz de una técnica numérica (Métodos de Montecarlo), durante la segunda guerra mundial. Después de este hecho la aparición de la computadora hace que la simulación pueda apoyarse en una herramienta permitiendo la modelización y simulación de problemas complejos que pueden aplicarse a muy diversos campos de la ingeniería, ciencias, economía, estadística, sociología, etc.

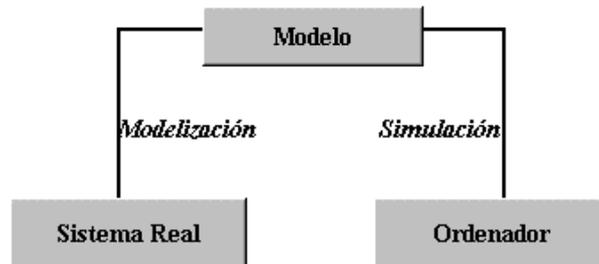
Como posibles definiciones, de manera más o menos formal, pueden incluirse las siguientes:

- *Proceso de diseño de un modelo lógico o matemático de un sistema real y realización de experimentos basados en la computadora con el modelo, al objeto de describir, explicar o predecir el comportamiento del sistema real.*
- *Imitación del modo de funcionamiento u operación de un sistema real que involucra la generación de una historia artificial del sistema, y la observación de esa historia artificial para obtener interfaces relativas a las características del funcionamiento del sistema real.*

La experimentación con el sistema real puede, en ocasiones, no ser aceptable ética o económicamente, por lo que es necesario la creación de modelos que permitan de manera simple estudiar el comportamiento del campo a estudio.

La simulación requiere tener en cuenta los sistemas, es decir el ámbito donde se aplicará, el modelo, o lo que es lo mismo la acotación del problema del mundo real para después, trasladar el resultado de esta modelización a una computadora.

Existe una relación entre el modelo y el sistema que es la modelización, de igual forma la relación entre el modelo se instrumenta en el ordenador mediante la simulación como se expresa en el siguiente esquema:



Los entornos de simulación como también se verán posteriormente, pueden ser de muy diversa índole y según las últimas investigaciones en este campo pueden llegar a ser muy complejos (meta-entornos), o pueden ser ejecutados a distancia favoreciendo así un tipo de enseñanza basado en la experimentación.

2. El proceso general de la Simulación.

La simulación, por tanto, es una metodología de análisis de sistemas reales que requiere la construcción de un modelo, implementado en la computadora, que será capaz de describir el comportamiento del sistema y por tanto será predictivo.

También es necesario diferenciar entre modelos discretos y continuos, dependiendo del espacio de estados.

Como existe gran variedad de posibilidades a tener en cuenta, es conveniente formalizar el proceso de simulación y la mayoría de ellos se atienen a los siguientes pasos (Schmeiser-1990):

- 1) Obtención de observaciones básicas de una serie de números aleatorios.
- 2) Transformación de estas observaciones en entradas al modelo según las especificaciones del mismo.
- 3) Transformación de dichas entradas, a través del modelo, en salidas.
- 4) Calcular estadísticas a partir de las salidas, para estimar las medidas de comportamiento.

En este trabajo nos centraremos en tres apartados que consideramos fundamentales: el sistema, el modelo y el entorno de simulación.

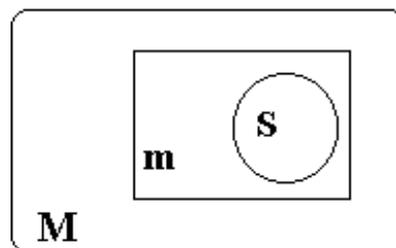
3. Sistema.

Aunque el concepto de sistema está suficientemente claro para las personas que tienen interés en la Simulación, creemos conveniente detenernos a considerar una serie de ideas básicas que son de gran interés.

Las relaciones entre los variables del sistema (atributos de las entidades), son las que gobiernan el comportamiento del mismo, es decir, cada sistema tendrá una serie de reglas que especificarán las interrelaciones entre dichas variables y definirán los cambios en las mismas a través del tiempo. Nuestro propósito a la hora de crear un programa de computadora que simule el comportamiento del sistema será pues, conocer y poder plasmar ese conjunto de reglas como parte central de nuestro programa.

La elección del subconjunto relevante de variables cuyos valores permitan predecir el comportamiento del sistema es otra de las tareas importantes, a la hora de enfrentarse al modelado del mismo. Si este subconjunto predice con seguridad el comportamiento del sistema nos encontramos frente a un sistema determinista en contraposición a los sistemas estocásticos.

Respecto de la clasificación de los sistemas en abiertos y cerrados, debemos considerar el importante aspecto de las fronteras del sistema, encerrando las entidades y las relaciones entre ellas. Podemos representarlo de la siguiente manera:



Donde M es el medio global y m el medio del sistema que será vacío si el sistema es cerrado, es decir, no se puede interactuar con el exterior. En la práctica la mayoría de los sistemas son abiertos.

La búsqueda de los rasgos que presenta la interacción del sistema con el mundo exterior, no es tarea fácil y requiere de un estudio concienzudo para determinar los aspectos más relevantes del mismo tratando al mismo tiempo de conseguir simplicidad.

4. El modelado.

Ninguna parte sustancial de universo es lo suficientemente simple como para que pueda ser comprendida y controlada sin abstracción. La abstracción consiste en reemplazar la parte del universo bajo consideración por un modelo de estructura similar pero más simple. Los modelos constituyen un elemento central del proceso científico. (Rosenbluth y Wiener - 1945).

Un modelo es por tanto una representación simplificada de un sistema real, de tal manera que nos permita saber lo suficiente sobre el sistema para poder predecir su comportamiento y control.

Generalmente podemos considerar tres clases de modelos: físicos, mentales y simbólicos. Los primeros se ocupan de la representación de los sistemas físicos y de las variables susceptibles de medirse. Los modelos mentales son más complejos y a la vez imprecisos y difusos. Los modelos simbólicos son los que se apoyan en operaciones matemáticas para poder encontrar la solución.

La modelización requiere de una metodología que comienza con la definición clara y concisa del problema delimitando sus fronteras. Esto significará la elección del subconjunto de características importantes del sistema. Esta habilidad para elegir el subconjunto óptimo de variables e interrelaciones que definan adecuadamente el sistema es una cualidad que definirán la intuición y experiencia del modelizador. Así se irá construyendo de manera interactiva, acumulando capas que pasan de un modelo básico a un modelo cada vez más complejo.

Como ventajas de la modelización se pueden apuntar las siguientes:

- Organización del conocimiento
- Marco para contrastar el sistema
- Visión de los detalles relevantes.
- Facilita el análisis
- Menor coste que la experimentación con el sistema.

La representación de los modelos suele ser gráfica ya que es más fácil representar las entidades y sus interrelaciones. De igual manera la evolución de los sistemas de manera discreta se representa mediante diagramas temporales, bien de forma síncrona o asíncrona

5. El entorno de Simulación.

Se trata de un punto fundamental en el proceso de simulación que con ayuda de la computadora hace posible poner de manifiesto el modelado sobre el caso de estudio. Podemos hablar de diferentes objetivos de los entornos de simulación como son los siguientes:

- Predicción
- Entrenamiento
- Resolución
- Aprendizaje
- etc.

Pero ante todo creemos que el objetivo común de la simulación es fundamentalmente didáctico, siempre se aprende cuando disponemos de un entorno de simulación interactuando con él. Nos vamos a centrar en los entornos de simulación con objetivos claramente docentes para desembocar en una de las claves de este curso, la educación a distancia.

Es importante tener en cuenta algunas características positivas de los entornos de simulación que beneficiarán la consecución del objetivo didáctico para el que han sido desarrollados. Podemos pues hablar de:

- Representación de mundos hipotéticos.
- Uso de escalas de tiempo.
- Modelos abstractos.
- Reducción de la carga matemática.
- Representación paramétrica.
- Animación gráfica.
- Realidad Virtual.
- Bajo coste.
- Comodidad del lugar de trabajo.
- Mínimos requerimientos hardware.
- Aprendizaje por descubrimiento.

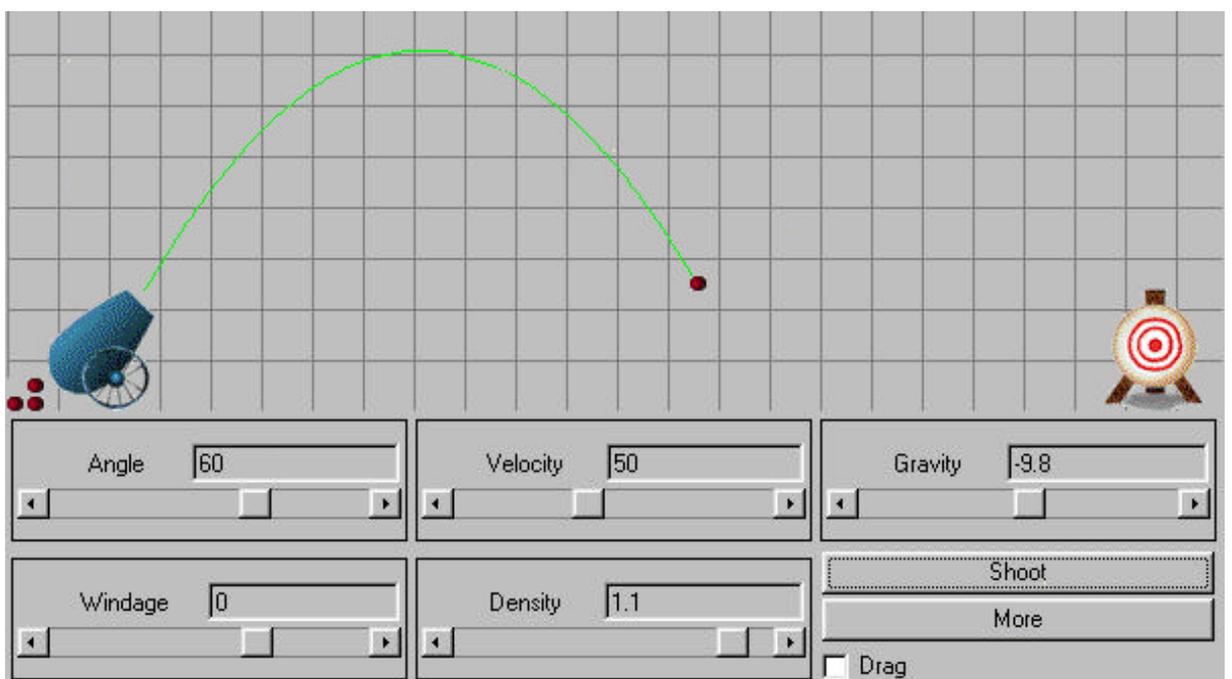
Por el contrario la desventajas del sistema pueden ser:

- La complicada interacción del alumno, y la
- Dificil adaptación del entorno al problema del profesor.

Con el cumplimiento de estas características podemos hablar de tres tipos de entornos de simulación:

a) Entornos de simulación simple:

Este tipo de entornos se caracteriza por tener un objetivo fijo, es decir, el alumno solo podrá interactuar con el entorno de simulación, modificando las variables del sistema, y nunca variando los aspectos del mismo. Por ejemplo un caso concreto



sería el estudio del lanzamiento de un

Fig. 1. - Movimiento de un proyectil (Laboratorio Virtual, U.Oregón)

proyectil con un cañón. En este caso, el alumno podrá variar el ángulo de tiro, la velocidad del proyectil, etc.

b) Entornos en los que se diseña el escenario para el caso de estudio.

Este tipo de entornos es más complicado que el anterior ya que, además de realizar sus funciones, permite al alumno diseñar el marco donde se realizará la simulación, esto es, el escenario.

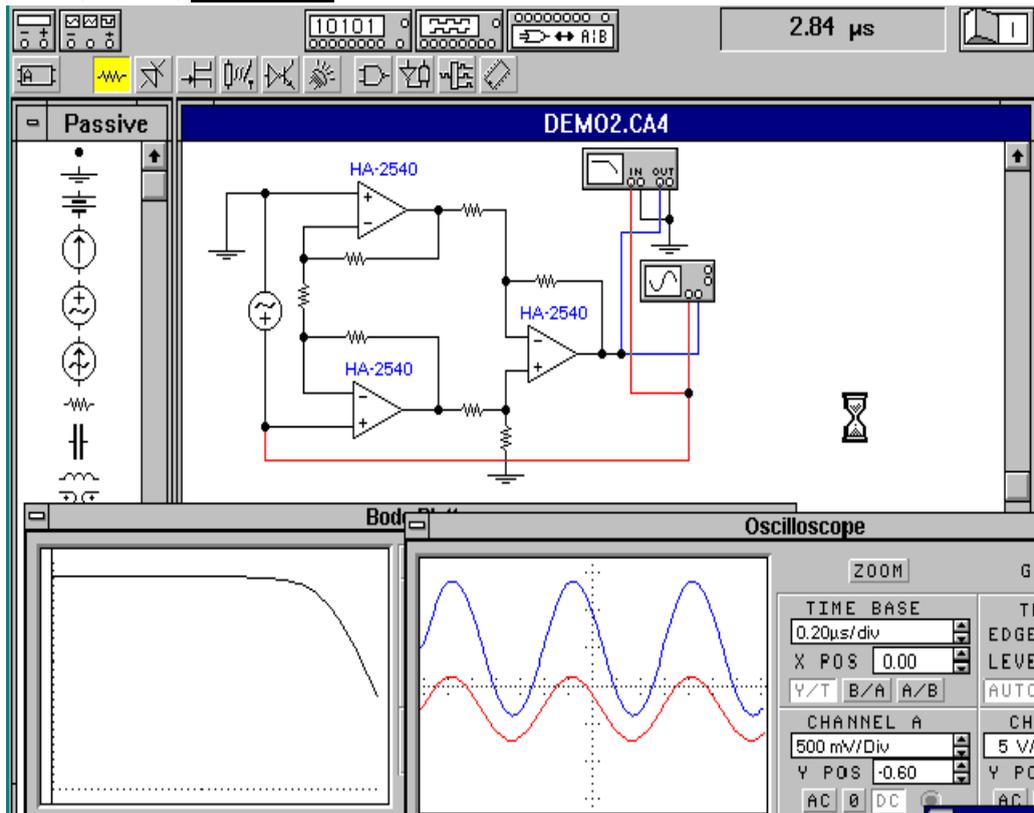


Fig. 2. - Autodemo de Workbench, entorno de simulación para el estudio del montaje de circuitos electrónicos.

En este tipo de entorno el alumno deberá recorrer tres pasos hasta completar el aprendizaje por simulación del dominio a estudio. El cambio de un paso a otro se realizará mediante algún mecanismo (botón) y el alumno podrá ir sin dificultad de un paso a otro y en ambas direcciones. Los tres pasos son los siguientes:

Paso 1: La edición

En este punto el alumno dispone generalmente de una barra de herramientas donde podemos elegir cada uno de los objetos que podrá colocar en el escenario (fondo en blanco u otro elegido previamente). Cada objeto (resistencia, condensador, diodo, etc.), como se aprecia en la figura 2, dispone de un icono para identificarlo del resto que será lo más simple posible. Además dispone de una serie de parámetros (resistencia, nombre, etc.), que habrá que dimensionar, bien al comienzo de la edición o después de cualquier paso de simulación.

En este punto se realizan varias acciones como es la inserción de los objetos en el escenario, el borrado de los mismos, el movimiento (drag&drop), y la parametrización (valores que se adjudicarán a cada una de las variables del objeto, resistencia, nombre, etc.).

Cada uno de las acciones deberán ser registradas en los correspondientes ficheros que contendrán información sobre:

- Coordenadas de los objetos.
- Valores iniciales de las variables de los objetos.
- Nombre del proyecto a simular.
- Nombre del fondo, si existe.
- Nombre de los ficheros que compondrá el proyecto.
- Las acciones del alumno (edición, movimiento, borrado, etc.).

Paso 2: El enlace

Será la forma de relacionar cada uno de los objetos editados previamente. El enlace ha de ser simple para el alumno, un simple clic de ratón en el icono, o en algún punto del mismo reservado al efecto. Bastará una simple asociación para enlazar dos elementos, apareciendo una línea entre ambos (no siempre recta), que significará que el sistema funcionará regido por esas uniones. La unión podrá tener dirección, si el sistema lo requiere, y se podrá manifestar mediante una flecha lo que indicará que uno de los elementos del par recibirá la activación del otro.

En este punto hay que tener en cuenta las compatibilidades entre los elementos de que disponga el dominio. Este tipo de hecho se puede manifestar mediante una tabla que en la que se registran los pares de códigos asignados cada uno de los elementos existentes. Esta compatibilidad no siempre puede estar controlada mediante este método, en estos casos se resolverá en tiempo de simulación originando el mensaje correspondiente.

Unas veces hay esperas y otras no. Al igual que el paso anterior, la información de este paso se registrará en las tablas o ficheros dispuestos a tal efecto que indicará cada par de elementos que hayan sido enlazados.

Una ampliación a este tipo de entornos es la de poder contemplar la creación de nuevos objetos por parte del profesor o del alumno. El proceso a seguir será la elección del icono que identificará al nuevo objeto, las variables que manejará y el comportamiento que tendrá respecto de la activación de cualquiera de los existentes. Por otro lado habrá que definir las compatibilidades con el resto de los objetos. Modellus presenta esta posibilidad, permitiendo la creación de nuevos modelos para lo cual hay que editar la componente matemática del mismo, así como las gráficas del sistema (fig.2).

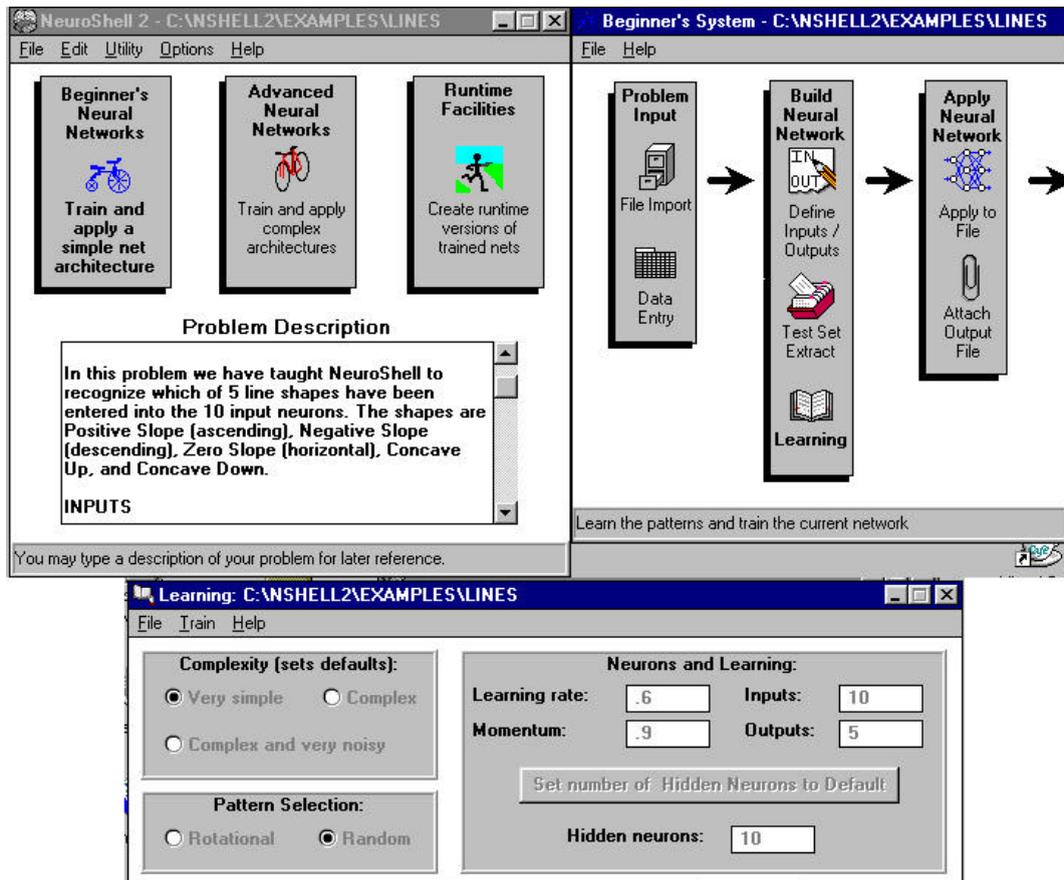
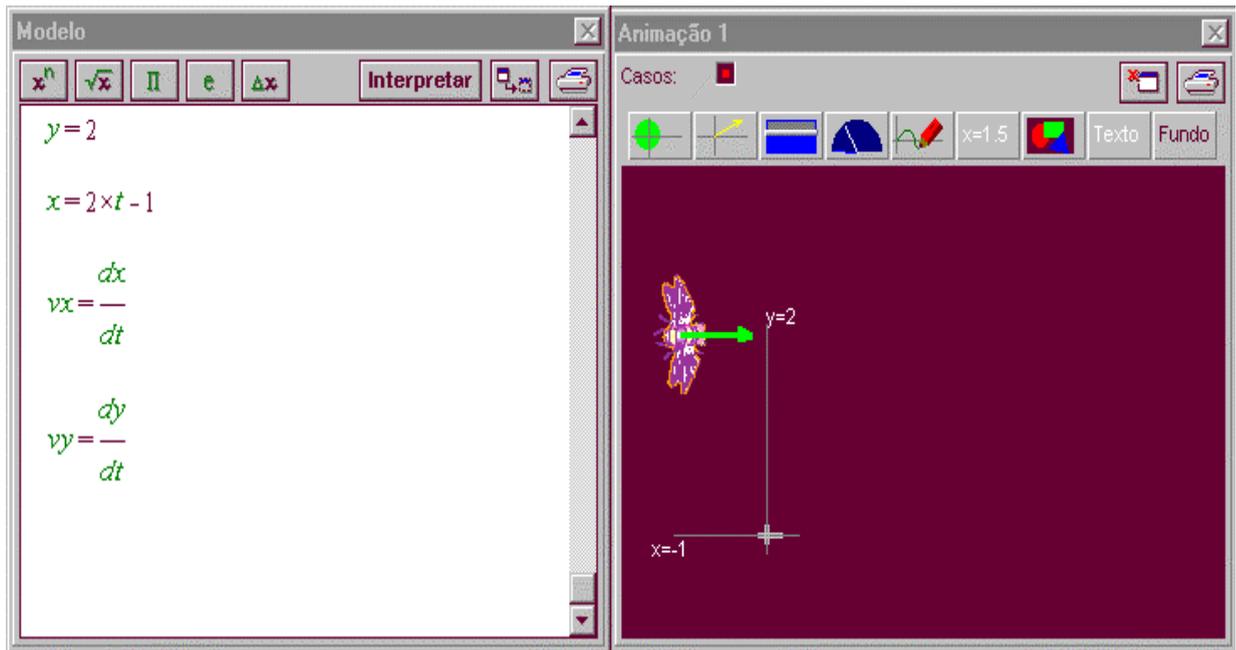


Fig. 4. - Modellus, modelo y gráfica del sistema

Fig. 4.- Neurosimulador (Neuroshell)

Paso 3: La simulación

El último punto será la simulación, en la cual el alumno puede ver el escenario que ha montado previamente, puede dar marcha atrás para modificar algún aspecto en la edición de los objetos, en sus parámetros, o en el proceso de enlazado para volver a repetir la simulación y poder aprender de las variaciones efectuadas.

La forma de interactuar con el entorno puede ser de muy diversas formas. Podemos mencionar la puesta en marcha de la simulación en un circuito cerrado, como se vio anteriormente en la fig. 2, con un simple clic del ratón en el interruptor que indica el comienzo de la misma. Por otra parte esta interacción puede ser en uno o varios objetos y no implicar al resto de los editados en el escenario. Por último cabe hablar de los ficheros de datos que se pueden filtrar en un entorno editado y cuyas salidas se podrán apreciar a medida que el sistema recoge dichos datos.

En este punto es interesante poder contar con mecanismos que puedan conservar los datos y gráficos de las distintas simulaciones realizadas. De esta manera el alumno podrá reforzar el aprendizaje. Completando esta posibilidad se podrán encontrar mecanismos de comparación que faciliten al alumno el paralelismo entre las diferentes actuaciones respecto de un mismo objetivo.

En este tipo de entorno es importante mencionar los entornos del área de la Inteligencia Artificial, concretamente el de las Redes Neuronales, es decir, los Neurosimuladores.

Los Neurosimuladores permiten de manera simple elegir la red entre los diferentes tipos de que disponga, el número de capas y nodos, es decir, el dimensionamiento de la misma y la parametrización inicial de los pesos.

c) Metaentornos de simulación

Este tipo de entornos es el más complejo de todos, ya que engloba a los anteriores y, además permite al profesor crear el caso de estudio. Nos enfrentamos pues al caso más general en el que el caso de estudio puede ser de muy diversa índole.

Por naturaleza, más abstracta que los anteriores, requiere un grado de especialización mayor. El profesor ha de manejar dicho entorno creando su caso de estudio.

Para poner de relieve la importancia de este tipo de entorno vamos a poner como ejemplo SMISLE (System for Multimedia Simulation Learning Environments) creado por los profesores de la Universidad de Twente (T. de Jong y Router Van Joolingen). SMISLE ha sido financiado por la Comunidad Europea dentro del programa DELTA.

SMISLE integra el entorno de simulación y un soporte didáctico para la implementación de los casos de estudio a simular. Potencia el aprendizaje por descubrimiento, en el que el alumno es el responsable de su aprendizaje. De esta manera fijará con más firmeza los conocimientos frente al tradicional aprendizaje comunicado

en el que se le facilitan las instrucciones sobre el dominio. Hay que tener en cuenta que esta forma de aprender puede ocasionar fracasos debido a lo complicado de descubrir los conceptos y relaciones del dominio.

En el entorno del alumno se pueden apreciar los siguientes elementos:

El escenario cuenta, por un lado, con la simulación, que permite, de manera fácil, integrar tantas imágenes como corresponda a la animación, apareciendo el efecto del movimiento en la parte superior derecha de la ventana. En otra parte aparece una gráfica con los resultados de salida. También tiene apartados para poder incrementar o decrementar, tanto las variables de entrada como las de salida. Se pueden observar aquellas variables que no cambian con el tiempo. Por último, completan este escenario los botones de comienzo, parada, pausa, etc. El alumno puede por tanto efectuar cambios en las variables y observar con la gráfica como afecta al comportamiento del sistema

Assignments permiten al alumno poder regular su proceso de aprendizaje y evitar aquellas situaciones en las que llega a un punto en el que no sabe como seguir. En definitiva lo que se hace con las asignaciones es testear al alumno en el proceso de descubrimiento. SMISLE puede crear diferentes tipos de asignaciones :

- *De investigación* en las que el alumno investiga sobre una relación del sistema.
- *De especificación* para predecir los valores que podrá tomar cierta variable.
- *De optimización* para manipular las variables de entrada y conseguir un objetivo.

El editor de hipótesis muestra una forma de realizar las hipótesis del caso de estudio de manera clara y concisa, es decir, resuelve la sintaxis para que cada hipótesis sea técnicamente correcta.

Este editor lo constituye una nueva ventana del entorno donde se encuentran, por un lado, la lista de variables disponibles en el sistema, las funciones correspondientes, las relaciones (<, >, =) y relaciones lógicas (and, or, etc.). Más abajo se puede ver un apartado para la hipótesis que se está construyendo y otra lista con las construidas. Las hipótesis se pueden salvar y existen controles que indican si se han verificado y en cada caso el resultado (verdadero, falso ó desconocido).

Las explicaciones, se muestran en una ventana de texto que permiten al autor añadir el contenido de las mismas en el caso de estudio.

El modelo progresivo permite añadir cada vez más dificultad al caso de estudio.

La navegación por el entorno se hace de manera muy sencilla, comenzando con la ventana de simulación y pudiendo ir a cada una de las demás para facilitar el aprendizaje por descubrimiento, es decir, puede obtener ayuda de las explicaciones, asignaciones, etc.

En cuanto al autor ha de enfrentarse a tres tareas fundamentales :

- 1 .- Crear uno ó más modelos del dominio a tratar.
- 2 .- Crear un interfaz para el alumno.
- 3 .- Crear medidas instructivas para apoyar al alumno .

Para crear el **modelo del dominio**, el autor cuenta con una librería de bloques que vienen por defecto en SMISLE, y a la cual se le pueden añadir otros para que puedan reutilizarse en posteriores modelos. Con los elegidos se ha de componer el modelo del sistema con sus correspondientes variables de entrada y salida, y también se crea **la ecuación característica del sistema**, que sirve para entender el comportamiento exacto del sistema.

Para crear la **interfaz de alumno** (usuario), el sistema dispone como cualquier entorno visual de una librería de elementos a modo de barra de herramientas. Estas herramientas permiten la creación de los gráficos, el secuenciamiento de dibujos para la animación y las correspondientes a la creación de marcos, botones de opción, botones de acción, cuadros de texto e incremento, etc.

En cuanto a las **medidas instructivas**, el autor es quien decide incluir el tipo de medidas según el dominio a tratar. Para ello dispone de un sistema Hipertexto, incluido en SMISLE, con sugerencias para la elección de medidas instructivas con sus funciones correspondientes, también dispone de un pequeño sistema experto que le permite crear sugerencias basadas en el dominio.

6. La simulación en la educación a distancia.

Por su naturaleza los entornos de simulación permiten su ejecución sin la supervisión, al menos síncrona, del profesor. El alumno puede aprender, y como ya se ha indicado anteriormente, se le concede cierto grado de responsabilidad en el aprendizaje.

Por estas razones los entornos de simulación son el marco perfecto para la educación a distancia. El profesor puede realizar diferentes labores:

- Dar las correspondientes instrucciones iniciales para el uso del entorno.
- Definir los entornos más idóneos que faciliten el aprendizaje del dominio.
- Realizar controles periódicos para evaluar y conducir al alumno.
- Poder tener acceso a la historia de la simulación de cada alumno y en cada una de las fases.
- Poder comunicar al alumno de manera asíncrona las diferentes observaciones que considere.
- Poder poner en contacto a diferentes alumnos con sus resoluciones de manera que se facilite el trabajo cooperativo.

Es preciso tener en cuenta que la actuación solitaria del alumno frente al entorno de simulación puede conducir en muchos casos al rechazo por cualquiera de las siguientes causas:

- Entorno de usuario poco amigable.
- Atascos en cualquier punto.
- Falta de comunicación con el profesor.
- Instalación complicada o defectuosa.
- Poca ayuda del entorno.
- Falta de ejemplos resueltos.

Todas estas razones, y algunas más, hay que saber cuidarlas antes de confeccionar un entorno de simulación debido, entre otras cosas, a que el alumno paga ya su tributo aprendiendo, en cierta manera, en solitario.

La educación a distancia dispone de los últimos avances de Internet, de una herramienta que la hace más asequible a cualquier persona allá donde se encuentre. Con unos requisitos mínimos, es decir, un PC de no elevada potencia y un simple modem, hacen que un alumno pueda acceder a cualquier tipo de estudio y al tiempo de que pueda disponer.

La ejecución de programas a distancia resuelve algunos de los problemas antes mencionados. En concreto, podemos enumerar algunas mejoras que posibilita:

- Disponibilidad de innumerables entornos que existen en la red.
- No necesita instalación.
- Disponibilidad de las últimas versiones.
- Datos en el servidor de la historia de las simulaciones (Con los nuevos navegadores que tratan de manera eficiente las restricciones de lectura y escritura de ficheros).
- Intercomunicación profesor-alumno.

Esto es posible gracias, entre otros, a los esfuerzos de Sun Microsystems en la creación de un lenguaje como JAVA, que a pesar de su reciente aparición tiene ya un número de adeptos bastante considerable.

JAVA transfiere contenido ejecutable en la red, es decir, puede ejecutar a distancia ficheros EXE, enviando al cliente únicamente bytecodes, esto es, código que el navegador preparado para JAVA puede interpretar. Además este contenido ejecutable es independiente de la plataforma. Actualmente todos los navegadores poseen esta capacidad de interpretar JAVA.

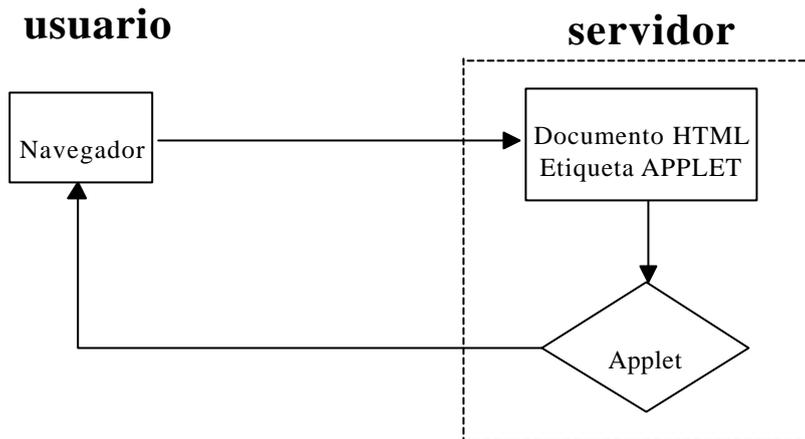


Fig. 5.- Transferencia de los Applets.

JAVA presenta, entre otras, las siguientes posibilidades:

- Animación.
- Interacción.
- Procesamiento.
- Comunicación.
- Aplicaciones normales (fuera del navegador).

Sobre todo la gran ventaja que ofrece JAVA respecto de otros lenguajes de programación es precisamente que el programador no ha de preocuparse en ningún momento de protocolos ni transferencias de información, solamente ha de incluir una línea dentro de su página como se indica a continuación:

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Mi Título</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<APPLET CODE="inicio.class" WIDTH=792 HEIGHT = 397> </APPLET>
</BODY>
</HTML>
```

De esta manera el navegador interpreta el programa "inicio.class" incluido entre las etiquetas APPLET. Applet es el nombre de una aplicación en JAVA.

Las características más importantes de este lenguaje son:

- Sencillez.
- Orientado a objetos.
- Distribuido / Interpretado.
- Robusto.
- Seguro.
- Arquitectura neutra.
- Portable.
- Multihilo.

Existen entornos de programación que hacen más simple la programación en JAVA que un simple editor y el compilador de Sun. Estos entornos ofrecen entre otras las siguientes utilidades para el desarrollador:

- Editor gráfico.
- Gestor de proyectos.
- Editor de código inteligente.
- Generador de código.
- Integración de las herramientas del kit desarrollador de Java.

En definitiva creo que hemos puesto ya de manifiesto y suficientemente las posibilidades de JAVA que ante todo, como ya se ha dicho, posibilita la programación en Internet/Intranet lo que conlleva un aporte muy importante para la educación a distancia.

7. Bibliografía.

"Al -Descubierto JAVA". Prentice-Hall-1997

Chan P. & Lee R. *"The Java Class Libraries"*.
Addison-Wesley, 1996

de Jong, T. & Joolingen, R.V. *"SMISLE, System for Multimedia Simulation Learning Environments"*

Duarte Teodoro, V., Duque Vieira, J.P. & Costa Clérigo, F. *"Modellus: Experiencias com modelos matemáticos em Física-Química e Matemática"*.
1996 (<http://www-sce.fct.unl.pt/modellus>)

Jardin Cary A. & Dixon P. *"Symantec Visal Café, Source Book"*
Jhon Wiley & Sons, 0. 1997.

Martínez, S. & Requena, A. *"Dinámica de Sistemas"*.
Alianza Editorial -1986

Ríos, D., Ríos, S. & Martín, J. *"Simulación, Métodos y Aplicaciones"*.
Ra-Ma - 1997.