

Ambiente virtual de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes

Systems Engineering School virtual environment

F. E. Narciso*, D. Hernández y Y.C. Moreno
GIDyC, Departamento de Computación, Facultad de Ingeniería, ULA,
Mérida 5101, Venezuela
*fnarciso@ula.ve

Resumen

El desarrollo de ambientes virtuales ha tenido un amplio auge los últimos años, debido al emerger de nuevas herramientas y lenguajes de programación de fácil uso. Un ambiente virtual programado trata de representar en la computadora una escena del mundo real. En este artículo se describe la construcción de un ambiente virtual tridimensional que permite a los usuarios, realizar un recorrido virtual por las nuevas instalaciones de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes, ubicadas en el núcleo "La Hechicera". Para la construcción de este ambiente virtual se utilizó el modelo del proceso del reloj, utilizándose para su implementación, un conjunto de herramientas tales como 3D Studio Max, Anima3D, Java3D y el lenguaje para ambientes virtuales VRML.

Palabras claves: Ambiente virtual, interacción humano-computadora, realidad virtual.

Abstract

The virtual environment development has had a big surge the last years, due to the emerging of new easy to use tools and programming languages. A programmed virtual environment tries to represent in the computer a scene of the real world. In this article the construction of a three-dimensional virtual environment is described, which allows the user, to make a virtual walk through of the new facilities of the Systems Engineering School at the University of Los Andes, located in the nucleus "La Hechicera". For the construction of this virtual environment the watch model was used and for this implementation, they were used a set of tools such as 3D Studio Max, Anima3D, Java3D and the language for virtual environment VRML.

Key words: Virtual environment, human-computer interaction, virtual reality.

1 Introducción

Un ambiente virtual (AV) es una aplicación para computadora, que le permite al usuario navegar e interactuar con un ambiente tridimensional en tiempo real utilizando una interfaz de usuario (IU). Los AV van más allá de los gráficos interactivos en tercera dimensión, ofreciendo al usuario un grado de inmersión y de presencia dentro del mismo. En los AV modernos, se han incorporado agentes llamados avatares (Huang, 2002), los cuales representan al usuario, comportándose de la misma forma que una persona en circunstancias similares en la vida real (Mark, 1996). Un AV tiene tres componentes que interactúan entre sí: un sistema de compu-

tadora que genera los AV, uno ó más operadores humanos y una IU que permite la interacción de los usuarios con el AV.

El objetivo principal de la tecnología de realidad virtual es proveer al usuario de una interacción con el ambiente programado por medio de las capacidades sensoriales del ser humano. Las principales áreas de desarrollo para los sistemas virtuales han sido la acústica y la visual. Dentro de esta última existe una gran cantidad de equipos de alta tecnología como lo son: casco de realidad virtual, monitores tridimensionales, proyectores estereoscópicos, lentes para realidad virtual, etc. En este mismo sentido, existe una gran cantidad de equipos con sensores que permiten captar el movimiento de las manos, y permiten generar sensaciones de calor, dolor,

frío en el usuario por medio del uso de guantes y trajes de datos, conectados a la computadora (Angel, 1997).

Los programas capaces de permitir recorrer un mundo virtual son llamados navegadores, y su manera de interactuar con el usuario (recibir órdenes de movimiento) puede ser tan compleja como el uso de guantes o tan simple como un ratón o incluso un teclado.

En este artículo se presenta la construcción de un AV interactivo, desarrollado bajo tecnología Web, que representa la nueva sede de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes (EISULA), el cual consta de los laboratorios de Computación, Sistemas de Control e Investigación de Operaciones (Morales, 2001), la Dirección de la Escuela, los cubículos de los profesores (Pérez, 2001), baños y pasillos, permitiendo al usuario realizar una visita guiada o recorrido animado a través del AV o un recorrido virtual interactivo. Este AV toma como modelo de referencia la vista superior de la remodelación del piso 2, edificio B, ala sur del Núcleo La Hechicera, cuyo plano se muestra en la Fig. 1, también se utiliza la estructura general de los pasillos que se implementaron en (Morales, 2001).

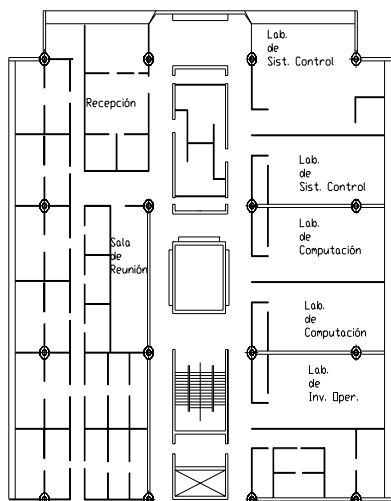


Fig. 1. Plano remodelado de las nuevas instalaciones de EISULA.

El diseño del AV se basó en el enfoque de prototipos evolutivos, por lo que se utilizó la metodología para el desarrollo de sistemas organizados y estructurados en fases, conocida como Modelo del Proceso del Reloj (Montilva, 2000).

En la Fig. 2 se muestra este modelo en términos de sus fases, el orden de su ejecución y la relación entre los procesos a desarrollar y los procesos manejados.

El desarrollo del sistema comienza proceso gerencial quien determina los pasos a seguir siguiendo el orden de las agujas del reloj.

Para la construcción del AV se emplearon distintas herramientas de modelado, animación y recorrido virtual como: 3D Studio Max (marca registrada de Autodesk), Anima3D y Java3D (marcas registradas de MicroSystem), y VRML (Virtual Reality Modeling Language), con la finalidad de evaluar cuál de ellas presenta mayores facilidades y desempeño en cuanto al diseño y visualización de las escenas del AV.

2 Análisis del ambiente virtual

En esta sección se describe el análisis del AV, siguiendo el Modelo del Proceso del Reloj (Montilva, 2000), partiendo de la fase de análisis del dominio de la aplicación.

2.1 Análisis del dominio de la aplicación

El dominio representa el contexto en el que se debe ejecutar la aplicación que se está modelando. En esta fase se estudia el sistema organizacional, es decir, las actividades y los procesos que son llevados a cabo por la organización para lograr sus objetivos, se definen los actores que intervienen en el desarrollo de las actividades del sistema, el dominio de aplicaciones de esas actividades, y se modela la estructura funcional, describiendo las funciones, procesos y tareas que se ejecutan.

También se identifican los tipos de entidades del dominio del sistema de actividades que intervienen en cada

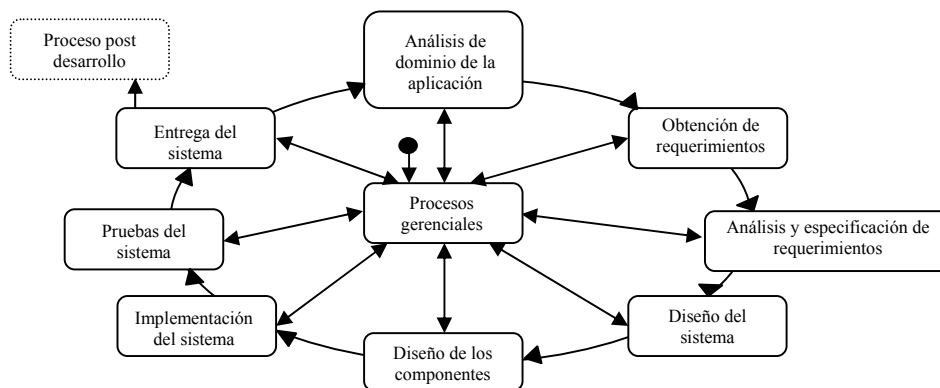


Fig. 2. Modelo del proceso del reloj.

proceso, y los eventos que disparan el inicio y el fin de cada uno de ellos.

2.1.1 Definición del dominio

El AV representa el espacio correspondiente a la nueva sede de EISULA. El recorrido por el mismo se podrá realizar de manera no inmersiva, es decir, utilizando los recursos que actualmente ofrecen los visualizadores de AV, permitiendo que distintas personas interactúen en tiempo real con diferentes espacios y ambientes.

2.1.2 Identificación y modelado de los procesos del dominio

El AV permitirá al usuario recorrer la nueva sede de EISULA y transitar por algunas de sus instalaciones utilizando los siguientes procesos:

- Recorrido animado: Es un paseo que permite visualizar el AV tridimensional sin interactuar con la computadora. En este proceso, el usuario selecciona el espacio que desea conocer y el sistema le muestra un recorrido predeterminado que le permite llegar hasta él.
- Recorrido virtual interactivo: En este nivel se le permite al usuario hacer uso de un cursor para transitar los espacios que se desean visualizar, además de estacionarse y acceder a otras vistas del AV sin seguir ningún patrón.

2.1.3 Identificación y descripción de los actores

Los actores son los encargados de ejecutar las actividades dentro del sistema. En este caso, las actividades a realizar se limitan sólo a hacer un recorrido por las instalaciones de EISULA ya sea de manera predeterminada (animación) o interactiva. En este caso se cuenta con un solo actor:

- Visitante: Es un usuario que realizará funciones de su interés tales como navegar por el AV, accediendo a él a través de una página Web, que le permitirá seleccionar el espacio de EISULA que desea visualizar, así como también qué tipo de bibliografía quiere consultar.

2.1.4 Identificación y modelado de entidades

- El AV está constituido por los espacios físicos y los objetos que forman parte de ellos:
- Espacios físicos: El AV representa la nueva sede de EISULA. Para acceder a este AV, se utilizará una página Web para definir la organización lógica de la información a través de enlaces (hipertextos o hiperenlaces).
- Objetos: Son los elementos que conforman los espacios físicos, en este caso serán entidades fijas y sin movimiento que formarán parte del mobiliario y diseño del AV.

2.1.5 Identificación y descripción de los eventos

La Fig. 3 muestra las actividades que los usuarios pueden ejecutar con el AV.

Como se puede observar, el primer paso del usuario es acceder a la página Web, a través de la cual se puede tener acceso ya sea a información general sobre AV y enlaces a otras páginas Web relacionadas al tema, o acceder de manera individual a cada uno de los espacios del AV (pasillos, cubículos y sala de reunión, los laboratorios y la dirección). Por otra parte, si se accede a los pasillos también se tiene acceso a cada uno de las áreas modeladas sin ningún tipo de interrupción.

2.2 Requerimientos del sistema

Los requerimientos que el AV debe cumplir se clasifican en cuatro grupos principales: funcionales, de interacción, de interfaz de usuario, y los no funcionales (desarrollo y operación) (Barrios, 2001).

2.2.1 Requerimientos funcionales

Durante el recorrido por el AV ya sea de forma animada o interactiva, el usuario podrá:

Tener una percepción general de los espacios de la nueva sede de EISULA.

Transitar a través de los distintos espacios de EISULA, como cubículos, dirección, sala de reunión, entre otros.

2.2.2 Requerimientos de interacción

En todo sistema, el usuario busca una respuesta eficaz a sus necesidades. En este caso necesita de una buena visualización que le permita "viajar" por el AV de una manera rápida y precisa, además de poder visualizar imágenes lo más parecidas a la realidad, para poder tener una interacción eficiente con el sistema (Meehan, 2002). Para que esto sea posible se debe contar con los siguientes requerimientos:

Disposición para manipular el sistema que no implique mayor esfuerzo.

Velocidad de recorrido al agregar ambientes gráficos.

Utilización de una IU para una mayor relación entre las entidades y los eventos, que a la vez permita disminuir errores de sintaxis y de acciones.

Para que el usuario pueda desplazarse a través del AV es necesario contar con un visor que contenga los atributos especificados a continuación:

Puntos de vista: Permite al usuario elegir desde qué ángulo se pueden observar las escenas.

Tipos de gráfico: Muestra los escenarios ya sea de forma sólida, su estructura alambrada, o partes del escenario como sus puntos o vértices.

Tipos de movimiento: Proporcionan al usuario la libertad de desplazarse a través del AV ya sea caminando, volando, arrastrándose, sintiendo la gravedad del AV, entre otras muchas maneras.

Tipos de velocidad: Permiten al usuario acelerar o desacelerar los movimientos.

El visor blaxxun contact (plataforma para ambientes

virtuales-www.blaxxun.com.), utilizado en este trabajo, brinda las siguientes opciones:

- Puntos de vista: Predeterminado, cámaras.
- Tipos de gráfico: Mallas, vértices, texturizado, otros.
- Tipos de movimiento: Caminar, examinar, rotar, otros.
- Tipos de velocidad: Despacio, deprisa, otros.

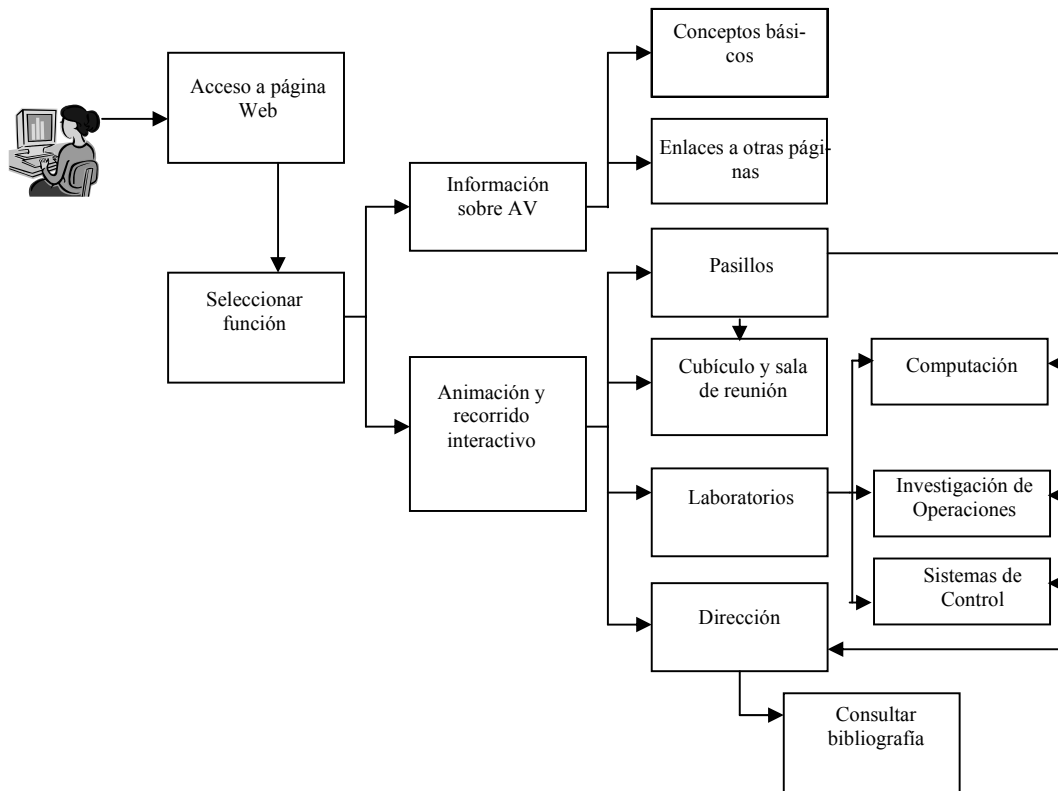


Fig. 3. Actividades que se pueden realizar con el AV.

2.2.3 Requerimientos de interfaz de usuario

La IU es el conjunto de elementos de hardware y software de una computadora que le presentan información al usuario y le permiten interactuar con ésta y con la computadora (Preece, 1994).

Los requisitos de la IU definen el formato de interacción entre el usuario y el AV. Se busca diseñar una IU basada en ventanas, con menús interactivos que permitan la navegación por el AV de la manera más sencilla posible, y que sea fácil de aprender y usar (principio de usabilidad) (Jordan, 1998). Entre otros elementos a considerar se tienen el uso de términos, figuras y estructura con las cuales están familiarizados los potenciales usuarios del AV.

El formato general de la IU debe contener los colores y texturas relacionados con el ambiente real (espacios de EISULA) de manera de aportar un mayor realismo al AV.

2.2.4 Requerimientos de desarrollo y operación

El diseño del AV está dividido en dos etapas que permiten comparar las salidas requeridas para un modelo eficaz (ver Tabla 1).

Tabla 1. Especificación del diseño del AV.

Etapas de diseño	Descripción
3D Studio Max	Gran parte del diseño del AV será realizado con esta herramienta. El acceso al AV se hará a través de código VRML, el cual será corregido para poder dirigir el recorrido del espacio virtual, ya sea de manera animada o interactiva.
Anima3D	Con esta herramienta se diseñará un sólo tipo escenario (cubículo). El acceso a estos ambientes se realizará a través de un "applet" de java, con el cual sólo se tendrá un recorrido animado.

Para poder implementar este diseño se necesita contar con ciertos elementos de hardware y software, los cuales se especifican en la Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos de hardware y software.

	Pentium de 90 MHz mínimo.
Cliente	Microsoft Windows.
	100 MB de espacio de intercambio de disco.
	Preferiblemente 96 MB de memoria RAM (aunque puede funcionar con 64MB).
	Tarjeta de video.
Servidor	Visor tridimensional.
	Sistema operativo Windows o Linux (en el último caso, el sistema necesita pequeñas variaciones que no representan mayor dificultad).
	Java y su "applet" 3D.
	Compilador JDK.

3 Diseño del ambiente virtual

Luego de definir el AV y las funciones que debe realizar, se procede al diseño o modelado de la arquitectura y la IU. Para ello, se utilizan técnicas de modelado que permiten especificar, de manera precisa, cómo debe construirse el AV, teniendo en cuenta las especificaciones de requerimientos establecidas en el análisis.

Es importante destacar que, además de las especificaciones del AV, la fuente principal para el diseño son los eventos, puesto que estos describen bajo la forma de acciones y reacciones el comportamiento del AV. El comportamiento permitirá establecer los componentes del sistema que deben ser definidos basándose en las funciones.

3.1 Arquitectura funcional del ambiente virtual

El AV consta de dos partes: animación y recorrido virtual interactivo, tal y como se muestra en la Fig. 4.

En cuanto al AV construido utilizando Anima3D y Java 3D, sólo se podrá visualizar una animación a través de un cubículo, cuyo diseño se basa en figuras geométricas básicas.

3.2 Diseño de la interfaz de usuario

La IU basa su diseño en las relaciones existentes entre las entidades y los eventos, y su elaboración está dirigida a proporcionar al usuario un ambiente "amigable".

La IU permite realizar el recorrido a través del AV. Para su construcción se utilizó el lenguaje de programación HTML (HyperText Markup Language), con el fin de permitir al usuario el ingreso al AV a través de Internet.

La IU consta de diferentes páginas Web, relacionadas a través de hipervínculos que se activan al seleccionar los botones correspondientes en dichas páginas Web, ya sea

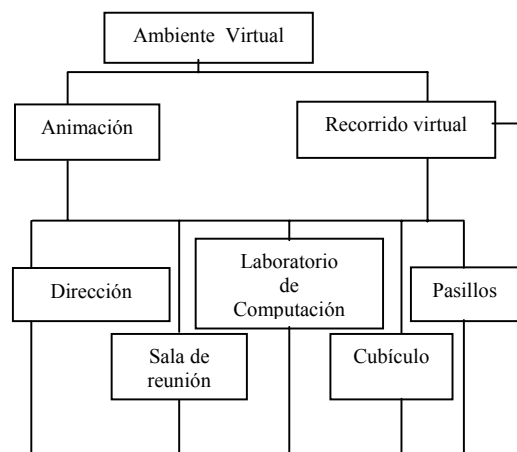


Fig. 4. Descripción gráfica del sistema.

utilizando el teclado o el ratón. El diseño de cada página Web es uniforme, ya que la diferencia es la información que proporciona cada una, pero mantiene sus características principales, tales como color, forma, tipos de botones, texturizados, etc.

Existen ciertos aspectos que debe cumplir la IU para satisfacer las necesidades del usuario, como por ejemplo:

- Debe ser sencilla, para permitir al usuario navegar a través de ella sin mayor dificultad.
- Debe ser clara y precisa.

3.3 Estructura del ambiente virtual

La construcción del AV se basó en el plano de las nuevas instalaciones de EISULA mostrado en la Fig. 1, el cual consta de pasillos y otros espacios a los que se podrá tener acceso.

Debido a que el tiempo de carga de todos los espacios que conforman el AV de EISULA en el visor 3D es muy alto, se decidió dividir el mismo en los siguientes seis espacios:

- Pasillos con enlaces para acceder a los demás ambientes.
- Cubículo y sala de reunión.
- Dirección.
- Laboratorio de Computación.
- Laboratorio de Sistemas de Control.
- Laboratorio de Investigación de Operaciones.
- Los distintos espacios se amueblaron con sillas, mesas, escritorios, computadoras y otros objetos característicos de cada uno.

Para dar realismo a los espacios se texturizaron las paredes, pisos, ventanas y rejas, utilizando fotografías digitalizadas que fueron previamente transformadas. La transformación de la textura se llevó a cabo utilizando la herramienta Photo Plus versión 4.0.

Para finalizar, la exportación de los archivos se realizó de dos formas, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Exportación de archivos.

Herramienta	Tipo de exportación
3D Studio Max	Utilizando formato VRML, cuyo código permite anexar los nodos necesarios para hacer el ambiente interactivo.
Anima3D	Utilizando formato Java 3D, cuyo código sólo permite realizar animaciones.

3.4 Actualización del ambiente virtual

Al agregar o eliminar un objeto de algún espacio físico, se debe generar un nuevo código VRML para ese espacio que incluya las modificaciones realizadas.

En el caso de inserción, se agregará al archivo el código que define el espacio, aquellas líneas que correspondan al objeto que desea incluir en el espacio virtual. En el caso de supresión, se excluirá del archivo la porción de código que lo define, esto permite que el objeto desaparezca físicamente. Finalmente, se debe llamar nuevamente al archivo VRML y éste debe ser visualizado con los cambios realizados.

En el caso del AV importado por código Java 3D, se debe acceder a la herramienta gráfica (Anima3D) para eliminar o agregar algún objeto y no se realiza ningún cambio con el código Java, ya que éste sólo permite un mejor renderizado, es decir, devuelve una imagen más rápida, pero no la modificación de objetos en el AV.

4 Implementación del ambiente virtual

Luego de diseñado el AV, se procedió a la implementación del mismo, mediante la especificación de sus componentes y su construcción.

4.1 Especificación de componentes

En esta fase se identifican los distintos objetos que conforman el AV, así como las relaciones de dependencia que existen entre los mismos. En un AV puede haber tanto componentes visibles como no visibles.

4.1.1 Componentes visibles

Los componentes visibles son aquellos que están presentes de manera tangible en el escenario.

Para el AV se realizó la construcción de pisos, techos y las paredes utilizando planos horizontales y verticales en 2D, a los cuales se les proporcionó altura y profundidad, y que constituyen, en este caso, los componentes visibles.

Para construir puertas, marcos y ventanas se utilizaron cubos muy delgados.

La construcción del agujero central fue posible, debido a una operación lógica de sustracción.

Se agregó el mobiliario de dos maneras, en el caso de

3D Studio Max se importaron objetos de librerías CAD, cargadas gratuitamente en Internet, mientras que en Anima3D se utilizó la geometría disponible (cajas, cilindros, esferas, etc.) para crear los elementos utilizados para decorar los espacios virtuales.

4.1.2 Componentes no visibles

Estos elementos, aunque no pueden ser visualizados por el usuario, proporcionan realismo a los AV. Entre estos se tienen iluminación, cámaras y enlaces, creados de la siguiente manera para el AV:

- Se colocaron las luces en lugares estratégicos para poder brindar claridad en ciertos espacios y crear efectos de sombra en otros. Las luces que se utilizaron fueron: tipo difusa o ambiente y puntual brillante.
- Se utilizaron cámaras libres para permitir al usuario recorrer libremente el AV, y cámaras fijas para crear la animación.

Los elementos de enlace se ubican de manera tal que el usuario puede recorrer todo el AV sin interrupciones, de manera uniforme y regular.

4.2 Implementación del espacio principal de EISULA utilizando 3D Studio MAX

La herramienta 3D Studio MAX permite asignar tipos específicos de vistas del modelo tridimensional diseñado, tal y como se puede observar en la Fig. 5.

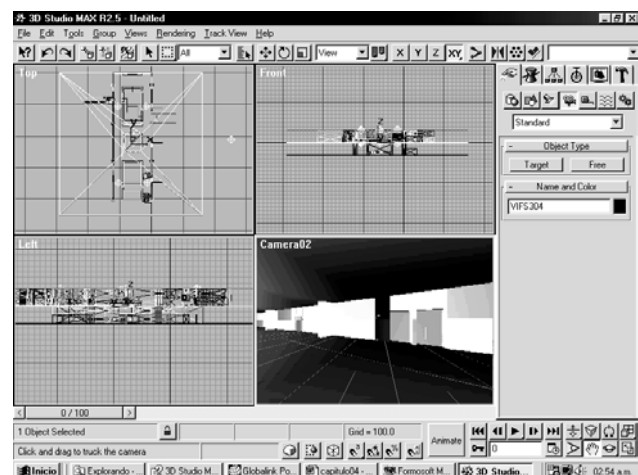


Fig. 5. Escena principal de EISULA en 3D Studio MAX.

Esta herramienta facilita la importación y exportación de escenarios gráficos a formato VRML, el cual, apoyado en un visor, permite realizar un recorrido interactivo a través del AV como se muestra en la Fig. 6.

El acceso a los distintos espacios que conforman el AV de EISULA se hace a través de anclas o enlaces ubicados en los pasillos. Estos enlaces se codifican en VRML



Fig. 6. Vista de los pasillos de EISULA obtenida del visor blaxxun contact.

con unas etiquetas llamadas Anchor, que permiten agregar eslabones a otras páginas Web que contienen mundos virtuales en VRML o cámaras que alternan el punto de vista del usuario.

En la Fig. 7 se muestran los distintos enlaces contenidos en el escenario principal del AV. Para acceder a estos enlaces, es suficiente con seleccionar con el ratón la puerta de acceso de cada uno de ellos.

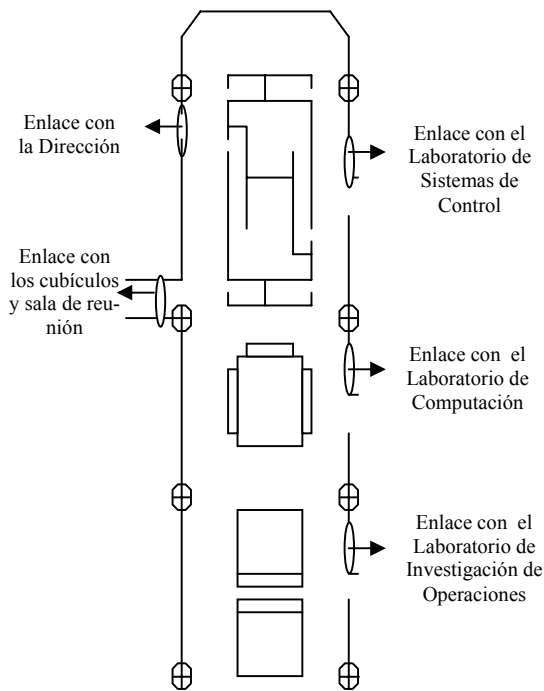


Fig. 7. Enlaces del escenario principal del AV de EISULA

4.3 Construcción de los componentes de enlace del espacio gráfico del laboratorio de investigación de operaciones

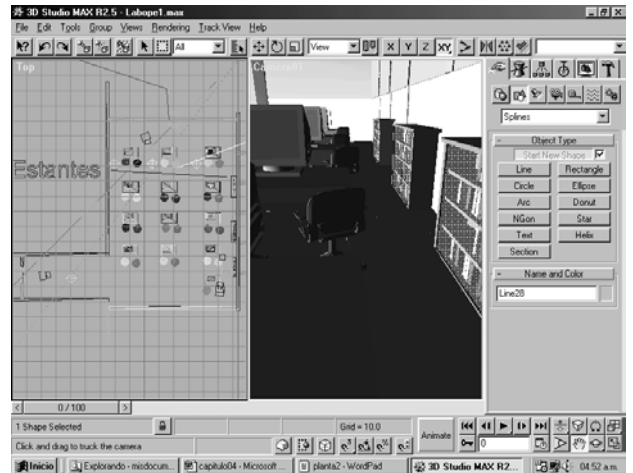


Fig. 8. Laboratorio de investigación de operaciones en 3D Studio MAX.

En cada espacio del AV se podrá consultar la bibliografía relativa a cada uno de ellos, a través de los libros que se encuentran ubicados en los estantes tal y como se muestra en la Fig. 8.

En las Figs. 9 y 10 se podrán observar algunas escenas a través del visor blaxxun contact.



Fig. 9. Vista de la sala de reunión desde el visor blaxxun contact.

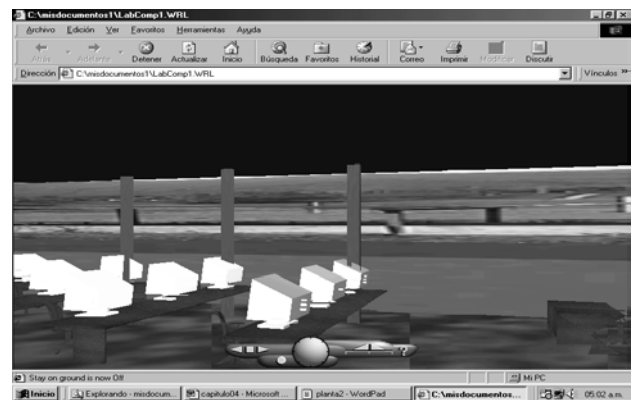


Fig. 10. Vista del laboratorio de computación desde el visor blaxxun contact

4.4 Construcción de un cubículo utilizando Anima 3D

Anima3D permite visualizar la imagen desde cuatro puntos de vista diferentes, pero no de manera simultánea, sino uno a la vez tal y como se muestra en las Figs. 11 y 12.

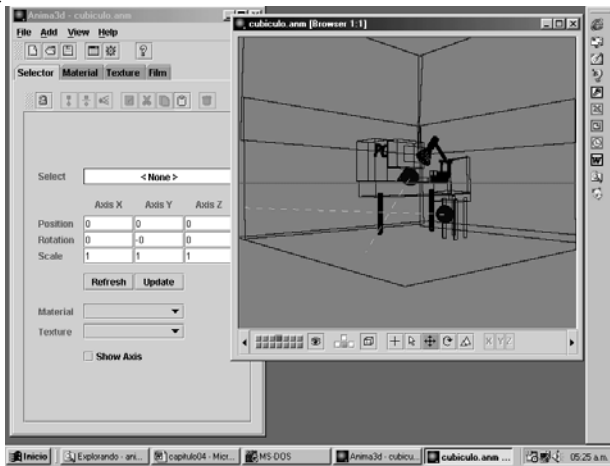


Fig. 11. Vista frontal de un cubículo desde Anima3D.

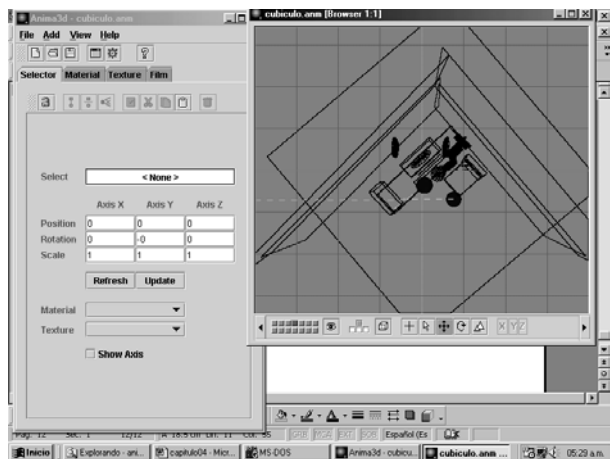


Fig. 12. Vista superior de un cubículo desde Anima3D.

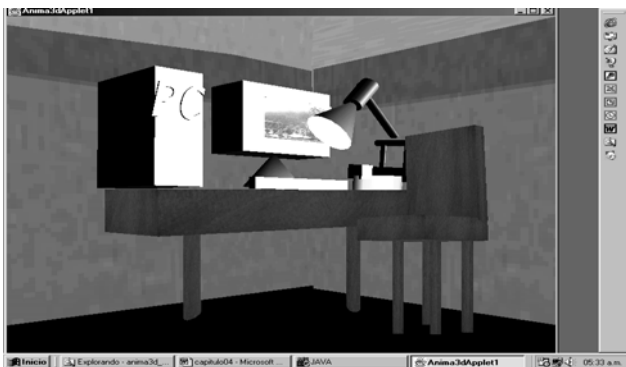


Fig. 13. Escena de un cubículo vista como un objeto Java

4.5 Implementación del sitio Web

El AV construido tiene como finalidad prestar servicio a los usuarios, por lo que se creó un sitio Web al que pueden tener fácil acceso.

A diferencia de 3D Studio Max, con Anima3D no se puede realizar un recorrido interactivo, sino una animación.

Debido a que Anima3D funciona como un API de Java y Java 3D, las imágenes pueden transformarse en un objeto Java a través de una clase *loader* que convierta dicha imagen en una representación Java 3D.

Para poder visualizar la animación creada en Anima3D, este código debe ser compilado y ejecutado, como un applet cualquiera de Java.

En la Fig. 13, se muestra la imagen realizada en Anima3D, visualizada como un applet de Java.

Para la construcción del sitio Web se utilizó la herramienta HotMetal (marca registrada de softquad) la cual permite la creación de páginas Web estáticas y dinámicas y determina los navegadores a utilizar (Microsoft Internet Explorer (marca registrada Microsoft) y Netscape Navigator (Netscape communication corporation), por ser estos los más utilizados a nivel mundial.

Uno de los factores más importantes a considerar es el perfil del usuario al cual está dirigido el sitio Web. En este caso, al usuario se le proporciona la posibilidad de navegar por cualquier página Web de una manera interactiva.

Básicamente, en el diseño de pantallas del sitio Web se utiliza y se conserva el fondo azul en diferentes tonalidades. Se decide utilizar este color ya que no produce fatiga visual cuando es usado en espacios grandes.

El sitio Web consta de 4 páginas Web:

- La página Web “principal” que se muestra en la Fig. 14, y que contiene un esquema de los distintos puntos que conforman el sitio Web.
- Una página Web llamada “conceptosbásicos”, la cual contiene aquellos conceptos que el usuario debe conocer para entender el AV.

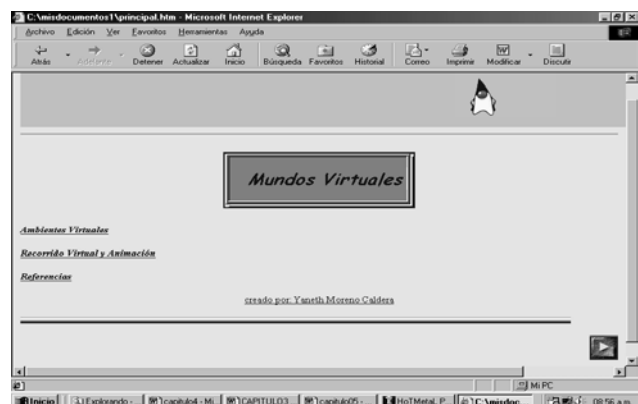


Fig. 14. Página Web principal del sitio Web.

- La página Web “Ambientesvirtuales” que permite acceder a cada uno de los escenarios virtuales de EISULA desarrollados en VRML.
- La página Web “Referencias” que muestra una guía de enlaces a otras páginas relacionadas con el tema.

5 Análisis de los resultados

Se dispone de un AV que representa de una manera muy cercana a la realidad, los distintos espacios de la nueva sede de EISULA y que permite al usuario visitante introducirse en un ambiente tridimensional e interactuar con los distintos componentes que lo conforman de manera autónoma.

Cabe destacar que los usuarios que utilizarán el AV requerirán, en caso de ser necesario, de un entrenamiento previo en la utilización de los visualizadores de ambientes virtuales, con el fin de lograr una mejor utilización de las propiedades de navegación e inmersión propias de los AV.

El AV construido posee características de realismo visual logradas utilizando técnicas de texturización, las cuales requieren de una alta capacidad de cómputo de la computadora que actúa como servidor y despliegue gráfico de la computadora que actúa como cliente donde se visualiza el AV.

6 Conclusiones

En este artículo se ha presentado la construcción de un AV tridimensional que representa la nueva sede de EISULA, el cual permite la navegación por sus distintas instalaciones actuando como una guía virtual. Este AV será de gran utilidad a los visitantes a EISULA ya que ellos pueden acceder al AV desde cualquier localización geográfica vía Internet y así conocer, de manera previa, aquellos espacios de su interés y su ubicación dentro del espacio físico de EISULA.

Para el análisis y diseño del AV se empleó el Modelo del Proceso del Reloj, quedando demostrado que éste se puede adaptar de una manera sencilla al desarrollo del mismo.

En cuanto a la implementación del AV utilizando 3D Studio Max, se puede concluir que éste ofrece una gran cantidad de herramientas que permiten la creación de escenas muy realistas, pero que al ser exportadas a código VRML hacen un poco lento el proceso de visualización. Esto se debe a que el lenguaje VRML es interpretado y depende de las capacidades del procesador, memoria y tarjeta de video de la computadora sobre la que se desea visualizar el AV. Sin embargo, las imágenes obtenidas brindan una

calidad con alto realismo visual y permiten a los usuarios navegar de manera agradable a través de las instalaciones de EISULA y conocerlas de una manera muy precisa, contando con las texturas y colores originales.

La utilización de Anima3D para crear un escenario virtual basado en Java 3D, permite la creación de escenarios gráficos un poco rústicos y no tan realistas como los obtenidos con 3D Studio Max, aunque sí es capaz de reproducir los colores y texturas originales. Sin embargo, es muy fácil construir una clase *loader* que permita transformar sus escenarios en objetos Java. A pesar de que no es posible realizar un recorrido interactivo, la animación presenta un buen renderizado y permite visualizar las imágenes desde diferentes puntos de vista.

Referencias

- Angel E, 1997, Interactive computer graphics: a top-down approach with OpenGL, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Barrios J, 2001, Estudios de estructuras, componentes, interrelaciones, metodologías y tecnologías asociadas a los sistemas de información, Facultad de ingeniería, Universidad de los Andes, Publicaciones FI N° S-20 Mérida, Venezuela.
- Huang Z, 2002, 3D agent-based virtual communities, Actas de la 7ma. Conferencia internacional en tecnología 3D Web, Tempe, Arizona, USA.
- Jordan P, 1998, An Introduction to usability. Taylor & Francis, London, Bristol, Pa.
- Mark P, 1996, VRML para internet, Prentice Hall, México.
- Meehan M, 2002, Physiological measures of presence in stressful virtual environments, Actas de la 29va conferencia anual en computación gráfica y técnicas interactivas, San Antonio, Texas, USA.
- Montilva J, Hamzam K y Gharawi H, 2000, The watch model for developing business software in small and midsize organizations, Actas de la IV multiconferencia en sistemas, cibernética e informática – SCI'2000, Orlando, Florida, USA.
- Morales M, 2001, Diseño de un prototipo de un ambiente virtual para los laboratorios de la escuela de ingeniería de sistemas, Proyecto de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Pérez K, 2001, Diseño e implantación de un prototipo de espacio virtual dinámico para cubículos de profesores de la escuela de ingeniería de sistemas, Proyecto de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Preece J, 1994, Human-computer interaction, Addison-Wesley, Wokingham, England.