

Entorno para la visualización y la práctica con sistemas humanos a través de la Web (WESST - HS)

Lady J. Guerra Chávez

*Pontificia Universidad Javeriana: Calle 18 No. 118-250 Cali-Colombia
e-mail: axvera@puj.edu.co
lguerra@puj.edu.co*

Javier A. Lenis Trujillo

*Pontificia Universidad Javeriana: Calle 18 No. 118-250 Cali-Colombia
e-mail: axvera@puj.edu.co
jale@puj.edu.co*

Andrés Adolfo Navarro Newball, MSc

*Pontificia Universidad Javeriana: Calle 18 No. 118-250 Cali-Colombia
e-mail: anavarro@puj.edu.co
Centro de Telemedicina de Colombia: Carrera 103 No. 12C50,13
e-mail: aannewball@colombiantelemed.org*

Jorge Alberto Vélez Beltrán, MD

*Centro de Telemedicina de Colombia: Carrera 103 No. 12C-50,13
e-mail: javelez@colombiantelemed.org*

Fecha de recepción: 18-07-2005

Fecha de aceptación: 28-10-2005

ABSTRACT

This paper presents the development of a Web Environment for Surgical Skills Training on Human Systems (WESST - HS). WESST - HS was conceived in order to satisfy the need to have a generic specification of an organ which could be further used within a surgical simulation. The initial goal was reached and surpassed; at the end, it was found that in medicine is better to treat organs like systems and that WESST - HS could be used independently. The generic specification is included in a web enabled Java application that lets the user interact with system's and part's information like shape, size, weight

and color. Also, it is possible to display, scale, rotate and translate a three dimensional (3D) representation of the human systems from a file. This article is a description of the elements analyzed and developed in all the stages of the project.

KEY WORDS

Medical education, organ, telemedicine, surgical simulation, virtual reality.

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo de un entorno Web para la práctica de habilidades quirúrgicas en sistemas humanos (WESST - HS), conce-

bido con el fin de satisfacer la necesidad de una especificación genérica de órganos humanos que pudiera ser utilizada en una simulación quirúrgica. La meta inicial fue alcanzada y superada; al final, se encontró que en medicina es mejor tratar los órganos como sistemas y que WESST - HS podía ser utilizado independientemente. La especificación genérica está incluida en una aplicación Java accesible vía Web que permite al usuario interactuar con la información de los sistemas y de las partes tales como forma, tama-

ño, peso y color. Además, es posible desplegar, escalar, rotar y trasladar la representación tridimensional (3D) de los sistemas humanos desde un archivo. Este artículo da una descripción de los elementos analizados y desarrollados en todas las etapas del proyecto.

PALABRAS CLAVE

Educación médica, órgano, telemedicina, simulación quirúrgica, realidad virtual.

Clasificación Colciencias: A

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta el análisis, diseño e implementación de una herramienta que permite interactuar virtualmente con visualizaciones en 3D de sistemas del cuerpo humano; además, de conocer el manejo de las características físicas básicas de los mismos. WESST - HS, que se denomina así de su nombre en inglés Web Environment for Surgical Skills Training on Human Systems, que es una aplicación desarrollada en tres capas. Aquí, la capa física es la encargada del almacenamiento de la información, la capa lógica maneja el procesamiento de la información y la capa de interacción es la que permite a los usuarios realizar sus peticiones. Por otra parte, en computación gráfica existen diferentes métodos y especificaciones para el modelado de objetos 3D. Para la implementación de WESST - HS se eligió la representación de malla poligonal y el Virtual Reality Modeling Language (VRML). La primera es la estructura que muestra de manera eficiente las formas y el último es un formato que se ha definido para el almacenamiento de formas 3D. Finalmente, el resto de la información junto con el núcleo de la herramienta, es obtenida mediante la utilización de bases de datos y procesada en un ambiente Orientado a Objetos.

I.1. Representación de objetos 3D con mallas poligonales

Modelar objetos en tercera dimensión no es una tarea sencilla, sin embargo, a través de los años se han establecido y mejorado técnicas de cómo hacer representaciones más reales. Parte del buen desempeño de la representación depende del uso que se

le quiera dar y de lo que se necesite visualizar. Algunos de los factores importantes a tener en cuenta en la representación visual de objetos son:

- La estructura de datos que representa los puntos de la forma, el procesamiento y el diseño del programa.
- El costo de procesar un objeto.
- La apariencia final del objeto.
- La facilidad o la complejidad de editar la forma del objeto.

En la representación poligonal de mallas, los objetos son representados por una red de superficies poligonales planas, en donde varios vértices definidos en el espacio son unidos por líneas que a su vez forman polígonos. Este esquema aproxima eficiente y fácilmente la superficie del objeto que se representa, por esta razón es muy utilizado, (Ver Figura 1).¹

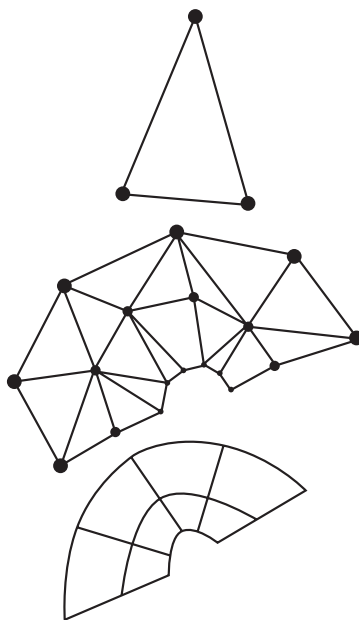


Figura 1. Representación poligonal.

1.2. Transformaciones geométricas en 3D

En tercera dimensión existen tres tipos básicos de transformaciones que permiten manipular los objetos. La traslación admite incrementos y disminuciones en movimiento relacionados con el eje seleccionado. La rotación permite giros en el mismo sentido y en sentido opuesto al de las manecillas del reloj. El escalamiento propone incrementos y disminuciones en el tamaño del objeto. Aquí, hacer una transformación implica un producto matricial o una secuencia de transformaciones individuales.²

1.3. Especificaciones para representar objetos en tercera dimensión

Hasta el momento no existe un único estándar de software gráfico para la representación de objetos en tres dimensiones. Los formatos 3D están más relacionados con la realidad virtual y lo que se almacena en los archivos son escenas formateadas en 3D con información sobre el objeto. Estos formatos pueden llegar a ser muy complejos. Algunos lenguajes brindan la descripción a base de texto, mientras que otros son binarios y necesitan un programa que permita descifrarlos. VRML está formado por instrucciones independientes de plataforma y extensibles; además, maneja el concepto de nodo, que lo hace fácil de utilizar.³ La Figura 2 muestra el código VRML necesario para producir la malla poligonal de un triángulo.

1.4 Antecedentes de aplicaciones

Las tecnología de información han sido aplicadas muchas veces en contexto médico, particularmente en

```
coor Coordinate {  
    point [  
        0.0 0.0 0.0,  
        1.0 0.0 0.0,  
        0.5 1.0 0.0,  
    ]  
}  
coordIndex [0, 1, 2, 0, -1,]
```

Figura 2. Malla poligonal de un triángulo en VRML.

anatomía. El proyecto el Humano Visible, de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, ha permitido el estudio detallado de la anatomía humana de manera local y remota utilizando dispositivos como cascos de realidad virtual que permiten la visualización 3D de los diferentes sistemas humanos;⁴ por otra parte, la simulación quirúrgica ha contribuido enormemente a la educación médica;^{5,6} por ejemplo, el proyecto liderado por el Centro de Telemedicina de Colombia, en el que participan la Universidad Icesi, llamado el WESST - OT (Web Environment for Surgical Skills Training on Otolaryngology) y financiado en parte por la Pontificia Universidad Javeriana, favoreció la creación de un entorno de telesimulación que permite la práctica de la habilidad de orientación requerida para la cirugía endoscópica en otorrinolaringología.⁷ Inicialmente, en este proyecto se busca una contribución de WESST - HS, de manera que sistemas humanos normales y anormales relacionados con procedimientos de otorrinolaringología puedan ser incluidos en el entorno de WESST - OT.

1.5. Clasificación de sistemas del cuerpo humano

Un órgano es una parte de un aparato o entidad morfológica formada por tejidos con una función bien definida. Por otra parte, un sistema o aparato es un conjunto de elementos (órganos) que relacionados entre sí constituyen una unidad funcional orientada a determinada finalidad. Partiendo de lo anterior, en el proyecto se habla de sistemas y partes (órganos) y no solamente de órganos. En el mundo de la medicina, los sistemas son a su vez unidades del cuerpo humano que cumplen funciones especializadas, aun cuando están formados por diversas partes, tejidos, y se apoyan en otros elementos. Hasta el momento se han clasificado los sistemas humanos de la siguiente manera:⁸

- *Anatómicamente.* Estudiando la estructura y relaciones de y entre los organismos (tamaño, color, forma y consistencia).
- *Dependiendo del tipo.* En términos generales se habla de huesos, glándulas, tejidos y vísceras.
- *Dependiendo del sistema* al cual pertenece sin olvidar los subsistemas incluidos en ellos; por ejemplo: sistemas digestivo y respiratorio.
- *Fisiológicamente,* es decir, estudiando las funciones que desempeñan, como por ejemplo: secreción en el sistema visual y contracción en el corazón.
- *Patológicamente.* Estudiando las enfermedades y su curso normal.

2. EL DESARROLLO DE WESST - HS

2.1 Análisis

Para el análisis de este proyecto se eligió la metodología orientada a objetos, debido a que el entorno está compuesto por un problema y por elementos del ambiente real. Para comenzar, se realizó el modelo de requerimientos y a partir de los mismos se inició con el modelo de datos y objetos que resultó clave al momento de definir los componentes a tener en cuenta para que la herramienta fuera genérica, permitiese establecer parámetros, clara a la hora de realizar la implementación y fácil de usar. En la Figura 3 se observa el modelo de datos y objetos resultante. Aquí, el resultado del modelo funcional es el de beneficiar estrictamente a las personas vinculadas al área de la medicina, como médicos, estudiantes de medicina y en general personas con interés en esta ciencia; así, se incluyeron dos tipos de usuario: especialista en medicina, el cual tiene el suficiente conocimiento para utilizar y administrar la aplicación de manera que pueda orientar a otros usuarios y al aprendizaje de medicina.⁹

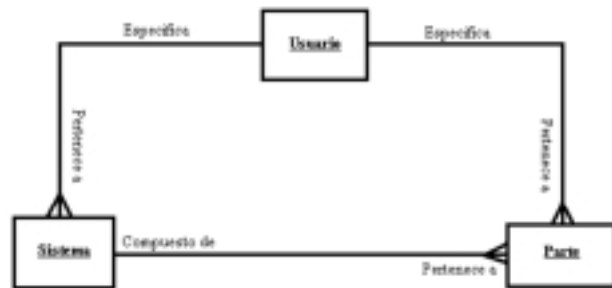


Figura 3. Modelo de datos y objetos.

WESST - HS incluye además las clases que se describen en la Tabla 1.⁹

Tabla 1. Clases de WESST - HS

Clase	Descripción
Inicio	Esta clase es la puerta de entrada al entorno, permite validar el estado de un usuario tanto en la aplicación como en las sesiones y además hace el llamado a la clase principal que a su vez es quien hace la representación visual y funcional de gran parte de la aplicación.
Principal	Es la clase en la que se establecen todas las posibles opciones a las que el usuario puede acceder, teniendo en cuenta el rol que éste desempeñe dentro de la aplicación. El método más importante de esta clase es llamado por la clase inicio para la visualización del entorno. Esta clase usa los métodos que establecen en los paneles quienes acceden a la información de la base de datos y a los métodos de VistaJ3D para la visualización de las formas.
VistaJ3D	Es la clase más importante en la aplicación, se encarga de ejecutar funciones para el modelado y manipulación en pantalla de los sistemas y partes de estudio en 3D. Sus funciones son llamadas en la clase principal en el momento de una visualización. Se relaciona con sistema y parte por que las especificaciones del mundo están registradas en un archivo cuyas rutas se encuentran almacenadas en estas clases.
Paquete Panel	Este paquete contiene las clases que accederán a las características físicas de un sistema, un sistema de estudio, una parte o una parte de estudio, lo cual depende de las necesidades de la aplicación.
Mouse	Esta clase representa el dispositivo que el usuario utiliza para interactuar con las opciones disponibles en la aplicación. Por medio de este dispositivo se pueden realizar acciones comunes como presionar el botón derecho o el izquierdo.
Teclado	Esta clase representa el otro dispositivo con el que el usuario ingresa información relacionada con la aplicación.
ConexiónBD	Permite a la aplicación abrir y cerrar la conexión con la base de datos. Las operaciones en las clases sistema base, sistema, parte base, parte, pregunta, evaluación y usuario utilizan las acciones básicas de base de datos, a saber: crear, consultar, actualizar y borrar.

2.2 Diseño

El proyecto se abordó mediante la división global del mismo en tres capas. La capa física específica, el modelo de almacenamiento de datos y el hardware de procesamiento de imágenes. La capa lógica define la estructura del proyecto y los procedimientos necesarios para la manipulación de la información. La capa de interfaz modela la interacción del usuario con la aplicación,⁹ (Ver Figura 4).

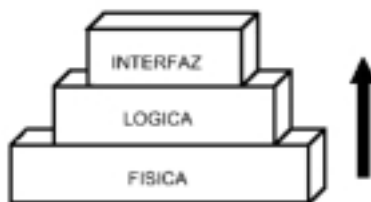


Figura 4. Modelo de capas.

Por otra parte, la base de datos de WESST - HS contiene diez tablas que se describen en la Tabla 2.⁹

Tabla 2. Base de datos de WESST - HS

Tabla	Descripción
Usuario	Almacena los usuarios y la información de ellos como nombre y apellido. Tiene en cuenta los diferentes tipos de usuario que pueden interactuar con la aplicación, además proporciona información de si un usuario está activo o no en determinado momento.
Sistema Base	Representa genéricamente las características ideales de todos los sistemas que componen el cuerpo humano insertados en la aplicación. Es decir, que todo sistema que vaya a ser insertado debe tener una base que sería la que posteriormente haría posible la realización de abstracciones y conclusiones.
Sistema	Representa una instancia no necesariamente ideal de un sistema específico, ya sea un paciente o un estudio que se esté realizando; por lo tanto, debe estar ligado estrictamente a un sistema base que seguidamente oriente el análisis de la información.
Parte Base	Almacena las características ideales de las partes que conforman un sistema. Una parte base debe estar asociada a un sistema base.
Parte	Mantiene las características físicas de las partes de un sistema de estudio.

Continúa página 30

Tabla	Descripción
Evaluación	Guarda la información relacionada con el examen que un usuario en determinada sesión puede realizar para medir sus conocimientos respecto a un sistema estudio, basándose en el sistema y las partes base a los que esté asociado. Está ligado con el sistema base evaluado y con el usuario que realiza la evaluación.
Pregunta	Sirve para insertar y consultar preguntas y respuestas relacionadas con un sistema base incluido en la base de datos. Esta información solamente puede ser insertada por un usuario profesional.
Tipo de Usuario	Ayudan a controlar parámetros de los tipos definidos en la aplicación, de tal forma que esta no se vea afectada en caso de algún cambio.
Tipo de Parte	
Perfil de Sistema	

2.3 Implementación

Para implementar el entorno se utilizó el lenguaje de programación Java y su librería Java 3D y el motor de base de datos MySQL. Por otra parte, se empleó el cargador CyberX3D para Java¹⁰ que permite de manera general leer, escribir y manipular archivos fácilmente con escenas que contienen especificaciones VRML.

3. RESULTADO

3.1 El entorno WESST - HS

La Figura 5 muestra la interfaz de WESST - HS, la cual se diseñó de manera que fuera fácil de utilizar por el usuario final. Aquí, existe un menú en la parte superior, en donde se en-

cuentran todas las operaciones que se pueden realizar en la aplicación. Además, hay un lienzo en la parte inferior izquierda, que despliega un árbol en donde aparece el sistema de estudio y las partes que lo componen; en este árbol se despliega un menú *popup* al hacer *click* izquierdo sobre cualquier elemento dentro del mismo, así, es posible realizar todas las operaciones correspondientes al submenú de selección en la parte superior. También, al lado derecho existe una lona en donde son desplegadas la información de las partes o sistemas (Figura 5, derecha) y la representación 3D del elemento propuesto en el árbol de selección al lado izquierdo (Figura 5 izquierda).



Figura 5. Interfaz de aplicación WESST - HS

3.2 Prueba de validación

La prueba de validación preliminar de WESST - HS se realizó con la colaboración de tres médicos. Aquí, para poder evaluar la funcionalidad de la aplicación se establecieron los siguientes criterios:

- Contribución en el campo de la medicina (Cont).
- Interfaz adecuada y amigabilidad hacia el usuario final (Int).
- Velocidad de respuesta de la aplicación (Vel).
- En cuanto a visualización, calidad y realismo de las formas en tres dimensiones (Vis).
- Manipulación adecuada de las formas (Man).
- Clasificación y enfoque del problema inicial (Enf).
- Información proporcionada por la aplicación (Inf).

- Potencial de la aplicación (Pot).

Teniendo en cuenta los resultados de la encuesta, en cuanto a los criterios de evaluación y las especificaciones de prueba, se obtuvieron las calificaciones que se muestran en la Tabla 3; aquí, 1 es una calificación baja y 10 una calificación excelente.⁹

4. DISCUSIÓN

- Con las pruebas realizadas se confirmó que la herramienta elaborada permite de manera amigable la visualización y manipulación de los sistemas humanos en tercera dimensión, así como el almacenamiento y despliegue de la información física de los mismos, lo cual facilita el aprendizaje y entrenamiento en anatomía. Se evidencia un gran potencial de utilización de la aplicación, así como un adecuado enfoque, sin embargo, el desempeño en términos de velocidad debe ser mejorado.

Tabla 3. Validación preliminar de WESST - HS

Cont	Int	Vel	Vis	Man	Enf	Inf	Pot
9	8,6	4,6	7,3	9,3	7,3	8,6	8,6

- Se logró crear una herramienta genérica y eficiente para la visualización, manipulación y estudio de sistemas del cuerpo humano aprovechando las ventajas que ofrece el diseño cliente-servidor y la facilidad de la metodología orientada a objetos. Sin embargo, es necesario realizar un plan de pruebas de desempeño de la aplicación para definir los requerimientos mínimos de ejecución de la misma.
- Aunque desarrollada en el contexto del estudio anatómico, la abstracción de “sistemas y partes” para la implementación de WESST - HS, permite que con pocas modificaciones en la interfaz gráfica, el entorno pueda ser utilizado en otros campos de conocimiento y con objetivos distintos. Así, cualquier sistema de cuyas partes se tenga el archivo de representación 3D en formato VRML, puede ser incluido en la aplicación sin limitación alguna.
- La modularidad de la implementación garantiza que las recomendaciones planteadas se realicen sin grandes inconvenientes. Esto se debe a que el método de programación orientada a objetos, junto con el lenguaje Java constituyen una forma adecuada de diseñar y desarrollar aplicaciones del mundo real.
- La utilización de archivos con estándar VRML para la representación de partes y sistemas 3D en la aplicación es una opción sencilla de solución en WESST - HS para el almacenamiento de mallas 3D.
- Después de realizar consultas y análisis con personas vinculadas a la rama de la medicina, se concluyó que enfocar la aplicación para manejar órganos médicos no era lo más adecuado y que sería más significativo trabajar con la definición de sistemas humanos, ya que un órgano es solo una de las partes que interactúan para que un sistema humano funcione correctamente. Finalmente, de acuerdo con lo evaluado con los miembros del grupo de investigación *Destino* de la Universidad Javeriana y del Centro de Telemedicina de Colombia, se decidió adoptar esta denominación para el planteamiento de trabajos futuros. Este es un logro importante alcanzado durante la fase de análisis del proyecto.
- La escogencia del formato de almacenamiento de mallas VRML facilita la inclusión o fusión de WESST - HS con otros proyectos desarrollados actualmente en el grupo *Destino*, pues es este el formato que se ha tomado como estándar por parte de sus integrantes. Además, la abstracción de sistemas humanos lograda en WESST - HS puede permitir la inclusión de variaciones anatómicas en WESST - OT
- Es necesario implementar el módulo de evaluación de sistemas que se definió en la etapa de diseño de la aplicación. En el futuro se espera que WESST- HS soporte la definición de sistemas y subsistemas de manera recursiva. Por otra parte y, con el fin de brindar mayor entendimiento a los usuarios de WESST - HS,

resultaría conveniente proporcionar varias vistas de diferentes sistemas al tiempo. También, sería muy interesante y significativo permitir la visualización de animaciones en la aplicación para un mejor estudio de los comportamientos de los sistemas humanos.

Agradecimientos

A los doctores Carlos A. Gamboa, Antonio José Reyes, Aranda y Velasco, por su decidido apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Foley JD, van Dam A, Feiner SK, Hughes JF. Computer Graphics: Principles and Practice. Addison Wesley: New York. 1996.
2. Watt A. 3D Computer Graphics. Addison Wesley: New York. 2000
3. Ames A, Nadeau DR, Moreland JL. VRML 2.0 Sourcebook. John Wiley & sons: 1997.
4. Dev P, Senger S. The Visible Human and Digital Anatomy Learning Initiative. Studies in Health Technology and Informatics. Vol. 111. 2005. p. 108 - 114.
5. Westwood JD, Hoffman HM, Robb RA, Stredney D. Medicine Meets Virtual Reality 05/13: The Magical Next Becomes The Medical Now. IOS Press: Amsterdam. 2005.
6. Robb RA. The Virtualization of Medicine: A Decade of Pitfalls and Progress. Studies in Health Technology and Informatics. Vol. 85. 2005. p. 1 - 7.
7. Navarro AA, Hernandez CJ, Vélez JA, Múnera LE, García GB,

Gamboa C, Reyes AJ. Virtual Surgical Telesimulations in Otolaryngology. Studies in Health Technology and Informatics. Vol. 111. 2005. p. 353 - 355.

8. Viatusalud. Diccionario Médico. <http://www.viatusalud.com/diccionario.asp>. Visitado 2004.
9. Guerra LJ, Lenis JA. Análisis y diseño de sistema para la visualización y manipulación de órganos médicos a través de la Web. Tesis de Pregrado, Facultad de ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana - Cali. 2005.
10. Satoshi Konno. CyberX3D. <http://java3d.j3d.org/utilities/loaders/vrml/cybervrml.html>. Visitado 2004.

CURRÍCULOS

Lady J. Guerra Chávez. Ingeniera de Sistemas y Computación egresada de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali. Perteneció al grupo de investigación *Destino* de la Facultad de Ingeniería durante el desarrollo de su trabajo de grado.

Javier A. Lenis Trujillo. Ingeniero de Sistemas y Computación egresado de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali. Perteneció al grupo de investigación *Destino* de la Facultad de Ingeniería durante el desarrollo de su trabajo de grado.

Andrés Adolfo Navarro Newball. Ingeniero de Sistemas y Computación egresado de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, tiene un MSc in Computer Graphics and Virtual Environments de la Universidad de Hull en In-

glaterra y una Especialización en Redes y Comunicaciones de la Universidad Icesi en Cali. Actualmente, se desempeña como profesor en la Pontificia Universidad Javeriana, Cali en donde coordina el grupo de Investigación *Destino*. Además, es fundador y codirector del Centro de Telemedicina de Colombia.

Jorge Alberto Vélez Beltrán. Médico egresado de la Universidad

Libre en Cali, tiene una Especialización en Gestión de la Salud de la Universidad Icesi en Cali. Actualmente, se desempeña como profesor en la Pontificia Universidad Javeriana, Cali en donde forma parte del grupo de Investigación *Destino*. Además, es fundador y Director del Centro de Telemedicina de Colombia y líder de los Servicios de Salud de Ecopetrol S.A, en la ciudad de Cali. ☀