

Aplicando métodos cualitativos y cuantitativos para mejorar la interfaz gráfica de usuario del simulador de cirugía WESST-OT*

Víctor M. Peñeñori
greymon8@gmail.com

Carlos F. Ríos Katto
cfrios@puj.edu.co

Andrés A. Navarro Newball
anavarro@puj.edu.co

Francisco J. Herrera Botero
herbo@puj.edu.co

Fecha de recepción: 1-07-2008

Fecha de selección: 17-11-2008

Fecha de aceptación: 26-08-2008

ABSTRACT

The graphic interface (GUI) from the WESST-OT Simulator was validated using quantitative and qualitative human computer interaction (HCI) methods. In order to achieve this, surveys were applied. Also, GUI design principles were analyzed in the context of WESST-OT. Finally, the goals, objects, methods and rule selection quantitative model (GOMS) was applied. The information acquired was used to enhance WESST-OT's GUI and at the end was validated following the same methodology.

Results show that a better GUI was developed.

KEY WORDS

Wesst-OT, GUI, GOMS, graphic interface , validation, interaction

RESUMEN

Se validó la interfaz gráfica (GUI) del simulador WESST-OT utilizando metodologías cualitativas y cuantitativas de interacción humano-computadora (HCI). Para esto se realizaron encuestas. También se analizó WESST-OT de acuerdo con

* Pontificia Universidad Javeriana, Grupo DESTINO. Cali, Colombia

los principios cualitativos de diseño GUI de consistencia, realimentación, recuperación y prevención de errores, múltiples niveles de habilidad, minimización de errores, uso de modos y, claridad, codificación y consistencia visual. Finalmente se utilizó el modelo cuantitativo de metas, objetos, métodos y selección de reglas (GOMS). Esta información se empleó

para mejorar la interfaz de WESST-OT que fue validada nuevamente con los mismos procedimientos. Los resultados demuestran que se obtuvo una interfaz mejor.

PALABRAS CLAVE

WESST-OT, GUI, GOMS, interfaz gráfica, validación, interacción.

Clasificación Colciencias: Tipo 1

I. INTRODUCCIÓN

El entorno WESTT – OT original es mostrado en la Figura 1. Este consta de dos vistas. La vista anatómica mostrada en la parte superior derecha sirve como soporte educativo. La vista endoscópica mostrada a la izquierda simula el procedimiento quirúrgico real. El panel de control mostrado en la parte inferior derecha permite la interacción del usuario a través del ratón. WESST – OT puede ser utilizado en dos tipos de sesión diferentes, la sesión introductoria permite el entrenamiento de la habilidad de orientación y provee elementos de realimentación al practicante tales como color y textos, y la sesión avanzada permite una evaluación objetiva del practicante. La GUI de WESST – OT es complementada por las opciones del menú. Aquí, la opción entorno permite el cambio de ángulo en la lente del endoscopio, el despliegue u ocultamiento de partes anatómicas y la visualización u ocul-

tamiento de la vista anatómica. La opción sesión permite elegir entre la sesión introductoria y la avanzada y ver el resultado de la evaluación. WESST – OT permite la práctica de diversas habilidades y ha sido descrito previamente.^{1, 2, 3, 4}

2. METODOLOGÍA

Se tomó la versión original de WESST OT y se hizo una validación cualitativa en una comunidad médica. Después se validó la GUI del simulador respecto a principios cualitativos de diseño GUI.⁵ Y también se validó la GUI cuantitativamente utilizando el modelo GOMS.⁶ Luego se realizaron cambios a la GUI y se repitió el proceso de validación. Finalmente, se compararon los resultados. La primera validación cualitativa requirió la aplicación de una encuesta en una comunidad médica. Las poblaciones utilizadas para validar el simulador original y el modificado fueron diferentes. La validación respecto a

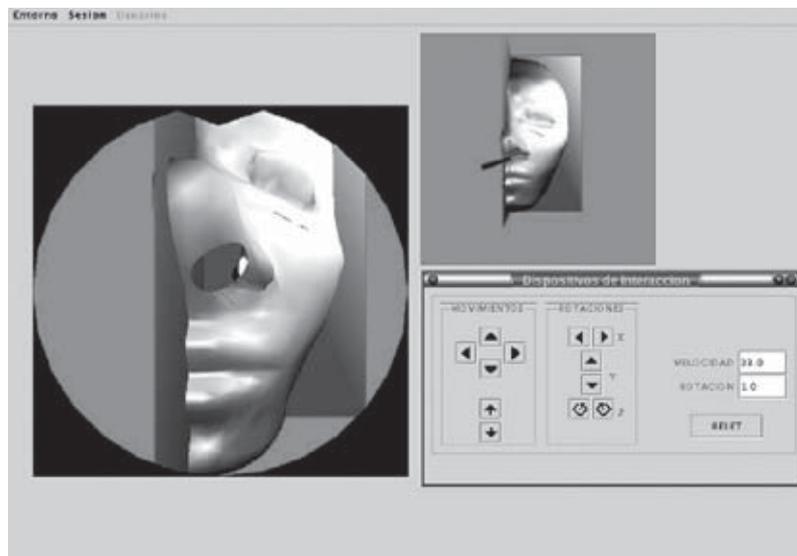


Figura 1. WESST - OT

principios cualitativos de diseño fue soportada por las observaciones de un experto. La validación cuantitativa, por su naturaleza, no requirió población; únicamente la aplicación de las métricas del modelo GOMS.

3. VALIDACIÓN DE LA GUI ORIGINAL^{7,8}

3.1. Validación en una comunidad médica

Se tomó un grupo de diez estudiantes de otorrinolaringología en periodo de residencia y se les aplicó una encuesta. Aquí, el *factor motivación* incluyó los criterios: “He disfrutado con el uso del apoyo educativo en computador, pienso que los contenidos presentados por el programa son de uso práctico, me parece que el tipo de preguntas que hace el programa es el adecuado y, utilizar este programa es verdaderamente motivante”. El *factor evaluación* incluyó los criterios: “Sentí que cuando fallaba en mis respuestas, el programa me daba pistas para hallar el error, la información de retorno dada por el programa fue adecuada para saber cómo estaba aprendiendo; este paquete educativo hace que los contenidos adquieran un mejor grado de claridad, el nivel de exigencia de las preguntas corresponde a lo enseñado y, utilizando esta ayuda,

aprendí elementos que anteriormente no había entendido”. El *factor amigabilidad* incluyó los siguientes criterios: “Los colores usados en el programa son agradables, la letra utilizada permite leer con facilidad, los gráficos y efectos visuales ayudan a comprender el tema, y el entorno de trabajo es agradable a la vista”. El *factor uso* incluyó los siguientes criterios: “Si yo quiero, el programa me permite ir despacio o rápido en mi aprendizaje, el programa me permitió hacer prácticas verdaderamente significativas, la forma de usar los dispositivos es sencilla para el usuario, y los comandos o mecanismos de control se adecuan a la experiencia del usuario”. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Adicionalmente, entre las observaciones realizadas durante la encuesta estuvieron: mejorar el nivel de realismo, mejorar la legibilidad de las preguntas, utilizar otro tipo de dispositivo de interacción, optimizar el tamaño del panel de control, mejorar la anatomía, y mejorar la utilización de colores.

3.2. Principios cualitativos de diseño GUI

Esta validación, realizada por un experto, tuvo como objetivo verificar

Tabla 1. Validación en una comunidad médica

Factor	Acuerdo total (%)	Acuerdo parcial (%)	Desacuerdo total (%)
Motivación	23	60	17
Evaluación	8	72	20
Amigabilidad	17	59	24
Uso	31	56	13

de qué forma los principios de diseño GUI fueron tenidos en cuenta en la creación de WESST – OT y de qué forma la GUI del entorno es susceptible de mejoras. A continuación se describen brevemente los principios que se tuvieron en cuenta para la validación. La *consistencia* hace que un sistema sea uniforme en su funcionamiento y que siga reglas simples, evitando el uso de excepciones y de condiciones especiales. La *realimentación* permite que cada acción del usuario con un dispositivo de entrada cause una respuesta inmediata, o que el sistema indique al usuario el progreso o final de una acción. El principio de *minimizar posibilidades de error* evita que el usuario ejecute acciones indebidas y que no tengan que ver con el objetivo de la aplicación. La *recuperación de errores* posibilita al usuario la corrección de acciones realizadas sobre el sistema. El *manejo de múltiples niveles de habilidad* permite la inclusión de opciones de interfaz para agilizar la interacción tanto de usuarios nuevos como de usuarios expertos. El principio de *minimizar memorización* facilita la recordación y aprendizaje acerca del manejo de un sistema. Por otra parte, una GUI puede utilizar *modos* o colecciones de estados que sólo son posibles en cierto momento de la aplicación. También, el diseño visual considera otros principios. La *claridad visual* de una interfaz se logra si el significado de una imagen es inmediatamente aparente al usuario. La *codificación visual* permite la creación de distinciones visuales entre varios tipos de objetos diferentes. La *consistencia visual* aplica reglas y códigos de organización visual para la combinación

consistente de elementos visuales y es parte del principio general de *consistencia*.⁵

Se encontró que WESST-OT:

- *Aplica consistencia en algunos aspectos*. El comportamiento de los menús es similar a través de la aplicación. El signo “?” se utiliza en todos los tipos de sesión para desplegar una caja de diálogo de pregunta. Las ventanas desplegadas por la aplicación presentan un comportamiento similar. Estas pueden ser movidas, minimizadas y cambiadas de tamaño. Sin embargo, la colisión del endoscopio con las paredes de la anatomía no es siempre detectada. El panel de control que se utiliza para la navegación de instrumento se oculta cuando el foco de acción está en otra ventana del sistema. En algunos momentos la señal o cruz que se utiliza para indicar la trayectoria por la cual navega el endoscopio desaparece. Las cajas de diálogo funcionan como ventanas.
- *Aplica realimentación en algunos aspectos*. Los cambios sobre la vista de la anatomía en el simulador son fácilmente reconocibles y oportunos, de acuerdo con el movimiento del endoscopio. El sistema no permite la introducción del endoscopio por una región distinta a la fosa nasal. La trayectoria que va siguiendo el endoscopio es mostrada con una cruz. La cruz es de color verde cuando el endoscopio va por una trayectoria adecuada. Las opciones del menú son resaltadas a medida que son seleccionadas y

se obtiene una respuesta inmediata sobre su elección. Presenta al usuario los resultados acerca de su sesión. Sin embargo, la colisión del endoscopio con las paredes de la anatomía no es siempre detectada por el sistema.

- *Aplica minimización de posibilidades de error en algunos aspectos.* Están activas sólo las opciones del menú que pueden ser utilizadas en un momento determinado. Una trayectoria adecuada del endoscopio se presenta con una cruz guía de color verde. Sin embargo, la colisión del endoscopio con las paredes de la anatomía no es siempre detectada por el sistema. Las cajas de diálogo que despliegan preguntas en la sesión introductoria no son claras para el usuario, pues en realidad no desarrollan ninguna pregunta. El panel de control que se utiliza para la navegación de instrumento se oculta cuando el foco de acción está en otra ventana del sistema. Sólo hay una posibilidad por parte del usuario para responder una pregunta determinada en la sesión avanzada.
- *Aplica recuperación de errores en algunos aspectos.* La mayor parte de las cajas de diálogo cuentan con un botón de Cancelar. El panel de control para el manejo del endoscopio posee un botón “Reset” que regresa el simulador a la situación inicial. Sin embargo, la cruz verde que indica que el endoscopio está siguiendo una trayectoria adecuada no es un mecanismo automático de corrección de rutas. No existe un modo

de corregir el ángulo seleccionado para la lente del endoscopio más que regresar al menú a elegir otro ángulo.

- *Aplica manejo de múltiples niveles de habilidad en algunos aspectos.* Hay dos tipos de sesión, la introductoria y la avanzada. Esto permite al estudiante practicar de acuerdo con su nivel de conocimiento. Sin embargo, en realidad la GUI ofrece los mismos mecanismos de comunicación con los usuarios en cualquiera de los tipos de sesión.
- *Aplica minimización de la memorización en algunos aspectos.* Los menús se encuentran agrupados de acuerdo con su funcionalidad. Se utilizan dos tipos de sesión distintos, la introductoria y la avanzada. Aquí, cada modo cuenta con un conjunto limitado de opciones. Existe un sistema de ayudas. Sin embargo, el sistema de ayudas es básico y poco interactivo. El panel de control que se utiliza para la navegación de instrumento se oculta cuando el foco de acción está en otra ventana del sistema.
- *Aplica utilización de modos en algunos aspectos.* Están activas sólo las opciones del menú que pueden ser utilizadas en un momento determinado. Cuando la sesión no se ha iniciado, el simulador no muestra ninguna de las vistas del paciente y no permite ningún tipo de interacción antes de cada sesión. En la sesión introductoria no se muestran las preguntas y en lugar de ellas están las respuestas, sobre las cuales no se puede realizar ninguna acción.

- En la sesión introductoria la anatomía aparece coloreada y con textos explicativos, mientras que en la sesión avanzada, la anatomía presenta un solo color y sin textos. Sin embargo, queda la pregunta de si debería existir uno o más tipos de sesión intermedios.
- *Aplica claridad visual en algunos aspectos.* Al entrar en el simulador se pueden identificar la media cara grande en la región de la vista endoscópica y otra más pequeña que da una visión general de la posición tridimensional en donde se encuentra el endoscopio (vista anatómica). Se utilizan contornos, sombras y contraste entre el color del fondo y los objetos dibujados. Sin embargo, cuando el endoscopio penetra la fosa nasal no es claro por dónde se está moviendo en la vista anatómica. Los textos en las formas anatómicas de la sesión introductoria no son fáciles de leer pues se encuentran plasmados en la superficie representada. No hay un mecanismo para interactuar directamente con la vista anatómica.
 - *Aplica codificación visual en algunos aspectos.* Existe codificación de forma, pues el signo “?” indica un punto para el despliegue de una pregunta. Hay codificación de color pues el rojo indica un objeto con el que se puede interactuar y el verde significa ruta adecuada. Sin embargo, la codificación descrita no necesariamente ofrece suficiente realimentación al usuario.
 - *Aplica consistencia visual en algunos aspectos.* La interfaz está distribuida en cuatro partes: la barra de menú, la vista anatómica, la vista endoscópica, y la ventana de controles. Sin embargo, puede ser necesario agregar más elementos de interacción al simulador. En este caso el espacio puede llegar a ser insuficiente. El panel de control es demasiado grande y se oculta cuando no está dentro del foco de atención.

3.3. Principios cuantitativos de HCI

Aunque su base es empírica (Tabla 2), el modelo GOMS define un método cuantitativo que permite la validación de una interfaz en términos del tiempo que el usuario toma en realizar una función y en términos de la eficiencia requerida para desarrollar una tarea. Aquí, se entiende como eficiencia de la interfaz la cantidad de información que debe ser introducida al sistema versus la cantidad de información brindada como respuesta. Adicionalmente, el modelo GOMS tiene en cuenta heurísticas tales como: insertar Ms enfrente de todas las K, si las Ks pertenecen a una sola unidad cognitiva dejar solo la primera M y, eliminar las M entre P y K.⁶ La Tabla 3 indica los tiempos de interfaz requeridos para realizar algunas de las tareas de entrenamiento en WESS – OT, tanto en la sesión introductoria como en la avanzada. Aquí, los tiempos fueron obtenidos sumando los tiempos requeridos para cada acción individual (la eficiencia de la interfaz no fue calculada). La Figura 2 muestra las tareas descritas en la Tabla 3.

Tabla 2. El modelo GOMS

Acción	Descripción	Tiempo requerido (segundos)
K	Tiempo que toma presionar una tecla o un botón	0.2
P	Tiempo que toma al usuario apuntar a una posición	1.1
H	Tiempo que toma al usuario mover la mano entre el teclado y el ratón	0.4
M	Tiempo de preparación mental para el próximo paso	1.35

Tabla 3. Tiempos de interfaz en WESST-OT. Se presentan sólo las tareas que tuvieron mejora en la nueva versión.

Tarea	Pasos	Tiempo de Interfaz
Inicio de Sesión. (Figura 2a)	Tomar el ratón. H Señalar hacia sesión. Oprimir en el menú la opción inicio. PK Se despliega un menú La sesión introductoria es elegida por defecto La sesión avanzada debe ser Seleccionada. PK Señalar con el ratón botón aceptar. P Oprimir. K	Sesión introductoria $H P K P K = H+M+P+K+M+P+K=$ $0.4+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2= 5.7$ Sesión avanzada $HPK P K P K = H+M+P+K+M+P+K+M+P+K=$ $0.4+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2=$ 8.35.
Colocar / quitar elementos (Figura 2b)	Ir a la opción entorno. H Escoger la opción de colocar o quitar, saldrá un menú. PK Escoger entre una lista de 12 elementos, del cual puede escoger 1 o más - PK - (hay que mover la barra de desplazamiento lo que adiciona un PK). Para este caso se considerará quitar un solo elemento.	Solo sesión introductoria $HPKPKPK = H+M+P+K+M+P+K+M+P+K=$ $0.4+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2=$ 8.35 En los 12 elementos visibles el tiempo total sería 100
Responder preguntas. (Figura 2c)	Después de oprimir “?” aparece en pantalla una caja de diálogo con una pregunta Tomar el ratón y acercarse a la caja de diálogo. H Señalar sobre unos radio botones que contienen una respuesta a esa pregunta. P Aceptar. K	Solo sesión avanzada $HPK = H+M+P+K = 0.4+1.35+1.1+0.2 = 3.05$
Búsqueda de la primera pregunta. (Figura 2d)	Entrar a la nariz, con la flecha “adelante” del panel de control. HPK. Moverse hacia la derecha usando el panel de control (PK) y ubicarse enfrente de la turbina superior con la flecha “arriba” del panel de control. PK Con el ratón señalar la turbina y oprimir tres veces para que se desplace la turbina hacia el lado izquierdo. PKKK. Con el panel de control, dirigirse hacia la flecha “adelante” y oprimir (PK). Dirigirse a “rotar en X” y hacer oprimir (PK) y luego dirigirse a “rotar en Y” y oprimir (PK). Oprimir sobre “ ?” (K)	Solo sesión avanzada $HPKPKPKPKKKPKPKPKK =$ $H+M+P+K+M+P+K+M+P+K+M+P+K+K+M+P+K$ $+M+P$ $+K+M+P+K+K =$ $0.4+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+1.$ $35+1.1+0.2$ $+0.2+0.2+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+$ $1.35+1.1+0.2+0.2 = 19.55$

Búsqueda de las preguntas al interior. (Figura 2e)	Después de encontrarse con la segunda pregunta y responderla. El usuario debe romper la membrana que se encuentra al lado de la vena de color morado. Se debe romper y acceder al interior para encontrarse con las preguntas.	Solo sesión avanzada HPKPKPKKKKKKKKKKK = H+M+P+K+M+P+K+M+P+K+K+K+K+K+K+K+K+K+K+K =0.4+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+0.2+0.2+0.2+0.2+0.21+0.2+0.2 =10.35
Búsqueda y respuesta de todas las preguntas (total)	Iniciar o cambiar a sesión avanzada. Realizar recorrido buscando los signos de “?” para poder desplegar una ventana de pregunta. Dependiendo de la ubicación de la incógnita, interactuar con algún órgano antes de acceder.	Inicio de sesión: 8.35 seg. Responder Preguntas: 3.05 seg. Búsqueda de la primera pregunta: 19.55 seg Búsqueda de la segunda pregunta: 19.55 seg Búsqueda de las preguntas al interior: 10.35 seg. Acceder a las otras preguntas (pared posterior): 14.05 seg. Preguntas de la pared piso: 7.5 seg. Preguntas de la pared raíz: 8.5 seg. Preguntas de la pared anterior: 8.7 seg. 8.35+3.05+2(19.55)+10.35+14.05+7.5+8.5+8.7 = 99.6 seg.

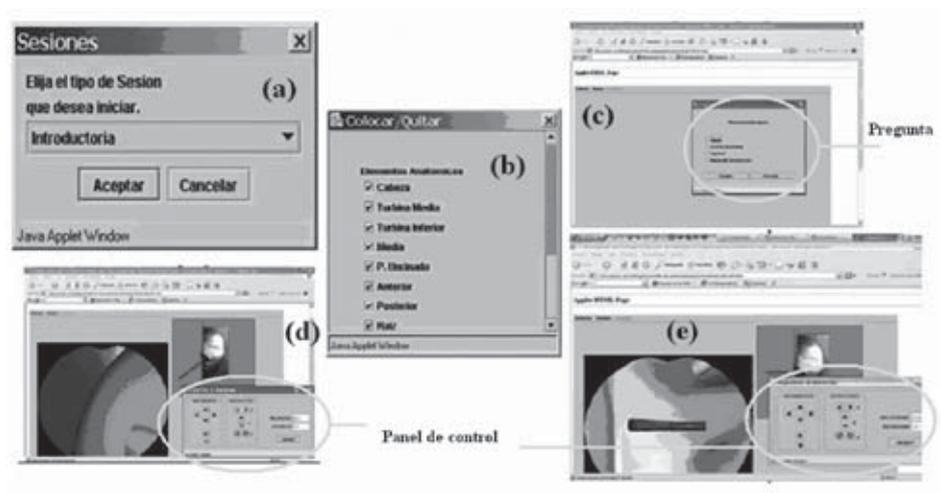


Figura 2. Tareas medidas en la Tabla 2. a) Inicio de sesión. b) Colocar – quitar elementos. c) Responder pregunta. d) Búsqueda de la primera pregunta. e) Búsqueda de una pregunta al interior.

4. CAMBIOS AL SIMULADOR⁷

La Figura 3 muestra la nueva interfaz de inicio de sesión. Primero se autentica (Figura 3a). Cuando el sistema identifica que el tipo de actor que se está autenticando es estudiante, el programa despliega una interfaz que contiene dos opciones:

clase y entrenamiento (Figura 3b). Al escoger clase aparecerá un campo con la lista de las sesiones que el profesor ha creado para que el estudiante desarrolle durante la exploración. El estudiante elige y el simulador es activado con la información de la sesión que escogió (Figura 3c). Entonces se

visualizará el simulador (Figura 4a) y su menú. Además, al lado derecho de la vista endoscópica se encuentra una de las ayudas didácticas que muestra la lista de los órganos habilitados para esa sesión y un botón que da la oportunidad de ver imágenes de los órganos y su descripción (Figura 4b).

Al escoger evaluación, aparecen a la derecha las preguntas con sus respectivas opciones de respuesta (Figura 4c). Aquí, el estudiante debe escoger, presionando en el radio botón la respuesta que le parezca correcta. Después de responder la primera parte del cuestionario debe presionar el botón “siguiente >>” el cual per-

mite la visualización de la siguiente sección del cuestionario. Luego de responder las preguntas de todos los órganos, el programa habilita el botón de calificar la evaluación e inmediatamente aparece una ventana con el porcentaje logrado.

También (Figura 5), se creó un visor de imágenes que permite visualizar fotos y dibujos con descripciones previamente introducidas por el profesor de órganos relacionados con el procedimiento quirúrgico simulado. Adicionalmente, un visualizador de video y audio permite desplegar videos o discursos con explicaciones del procedimiento quirúrgico o la anatomía relacionada.



Figura 3. a) Autenticación. b) Tipo de sesión. c) Escogencia de clase

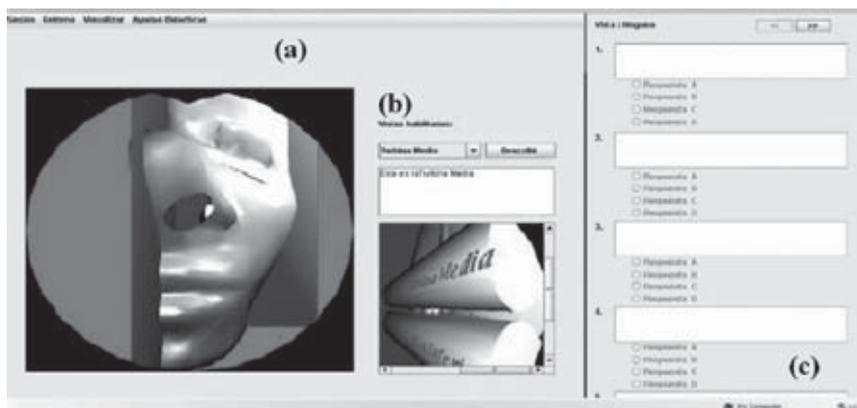


Figura 4. Vista del simulador. a) Vista endoscópica. b) Ayuda didáctica mostrando información acerca de las turbinas. c) Cuestionario de evaluación.

Finalmente, se realizaron cambios que permiten al profesor y al administrador modificar fácilmente la información de los estudiantes y los contenidos de las clases. Aquí, el profesor puede elegir crear una sesión nueva, en donde se encuentra con una GUI (Figura 6) que lo guía a manera de asistente paso a paso. Primero es necesario escribir el nombre de la sesión. Después aparece una lista de los archivos de video, audio o imágenes que se encuentran disponibles para la sesión como ayudas didácticas. Al elegir, existen dos opciones: hacer una vista previa o adjuntar inmediatamente. Seguidamente, se muestra otra interfaz en donde hay una lista de todos los órganos que se pueden visualizar en el simulador. Aquí, el profesor debe deshabilitar los órganos que no desea que aparezcan en la sesión. Finalmente se observa una interfaz que permite la creación de la evaluación. Aquí, el profesor debe dirigirse, después de escoger un órgano, a los campos creados para la inserción de la pregunta



Figura 5. Visor de imágenes

y sus opciones de respuestas. El profesor puede crear cualquier número de preguntas por órgano habilitado. El sistema se ocupa de tomar todas las preguntas por órgano y realizar una selección aleatoria de cinco con sus respectivas respuestas, para que aparezcan en el formato de evaluación del estudiante.



Figura 6. Asistente para la creación de una sesión de clase y entrenamiento. a) Nombre de la sesión. b) Inclusión de ayudas didácticas. c) Escogencia de órganos habilitados. d) Preparación de la evaluación.

5. NUEVAS VALIDACIONES⁷

5.1 Principios cualitativos de diseño GUI

En general se conservó la aplicación de principios del simulador original, pero se hicieron algunos ajustes. En consistencia, las “cajas de diálogo” ahora se comportan como “cajas de diálogo” evitando su redimensionamiento. En minimización de errores, el nuevo sistema de preguntas disminuye la posibilidad de pasar por alto alguna pregunta en la evaluación. En manejo de múltiples niveles de habilidad se implementó un sistema de ayuda complementario que puede contribuir a la mejor navegación del usuario dentro del simulador.⁹ También, se implementó un sistema de visualización de órganos que permite ver su descripción gráfica y textual. El asistente facilita la creación de las sesiones a los usuarios de tipo “profesor”. En modos, se flexibilizó el modo de sesión “avanzada” que permite al profesor crear a su criterio sesiones con diferentes tipos de dificultad. También, se mejoró el modo de sesión “entrenamiento” al quitar las preguntas con respuestas fijas que se presentaban, centrando así la atención en la navegación dentro del simulador. En claridad visual, se mejoró el entorno que contiene al

simulador y el modo de presentación de las preguntas. Además, se incluyó un sistema de evaluación donde se presentan claramente las preguntas ordenadas por órgano. Se cambió el color del fondo de la página Web que contiene todo el sistema a un color que permite delimitar todos los componentes visuales. Se quitó la vista anatómica que se presentaba al lado derecho de la vista endoscópica pues las pruebas iniciales y las encuestas realizadas evidenciaron que prestaba poca utilidad; en su lugar se puso el visor de imágenes. En codificación visual se eliminó el signo de interrogación “?” para las preguntas, ya que se hizo innecesario. En consistencia visual, se suprimió la vista anatómica porque se evidenció que era innecesaria y se agregó el sistema de visualización de los órganos. El sistema de evaluación se agregó al lado derecho del simulador como un sistema aparte dentro de la misma página Web para aprovechar así el espacio que quedaba libre en ésta.

5.2. Resultados de la nueva validación en término de tiempos de interfaz GOMS:

La Tabla 4 muestra la mejora de ciertas tareas respecto a los valores obtenidos en la Tabla 3.

Tabla 4. Nuevos tiempos de interfaz en WESST-OT

Tarea	Pasos	Tiempo de interfaz (segundos) Segunda versión	Valor anterior (Tabla 3)
Inicio de sesión	El mejoramiento se da pues: Previamente se ha escogido en la interfaz inicial, qué tipo de simulación se desea (Tipo clase o Tipo entrenamiento) Al oprimir sesión el inicio es inmediato.	$HPK = H+M+P+K = 0.4+1.35+1.1+0.2 = 3.05$	Introductoria: 5.7 Avanzada: 8.35

(Continuación Tabla 4)

Tarea	Pasos	Tiempo de interfaz (segundos) Segunda versión	Valor anterior (Tabla 3)
Colocar /Poner Elementos	<p>El mejoramiento se da pues: El profesor puede habilitar y deshabilitar órganos que serán visibles dentro del simulador, de manera que la cantidad de elementos que se pueden quitar o colocar por parte del estudiante se vuelve variable.</p> <p>El caso para comparar fue el peor de los casos para la actualización del simulador. Aquí, el profesor eligió los 12 órganos disponibles para la visualización en el simulador.</p>	<p>HPKPKPK=H+M+P+K+M+P+K+M+P+K = (0.4+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2+1.35+1.1+0.2)*12 = 100</p> <p>Igual que en la versión anterior, pero, estos cien segundos pueden disminuir dependiendo de la cantidad de órganos que el profesor habilita para su visualización en el simulador.</p> <p>Puede elegir los 12 órganos o menos.</p>	100
Búsqueda y respuesta de todas las preguntas (total)	<p>Se creó un sistema de evaluación que se ubicó al lado derecho del simulador. Esta aparece sin importar el tipo de sesión que el estudiante haya escogido.</p> <p>En esta interfaz existen preguntas para cada órgano, (máximo 5)</p> <p>Para pasar a las preguntas (máximo 5) del siguiente órgano, se debe presionar el botón ">>".</p> <p>El profesor puede elegir no ingresar las cinco preguntas, lo cual hace que el tiempo de interfaz sea variable.</p> <p>Otra razón para que el tiempo de interfaz sea variable es que la cantidad de órganos varía, pues el profesor puede habilitar o deshabilitar órganos para la sesión. La cantidad de órganos va desde 1 hasta 12.</p> <p>En la prueba se tomó el peor de los casos: 12 órganos y 5 preguntas.</p>	<p>$\alpha = 5$ preguntas $\beta = 12$ elementos u órganos. (H P K P (K α)) $\beta =$ (H M P K M P (K α)) $\beta =$ (0.4+1.35+1.1+0.2+1.1+(0.2*5))*12 (en el peor de los casos) = 61.8</p>	99.6

5.3. Resultados del la nueva validación realizada en una comunidad médica

Nuevamente se contó con una población de diez estudiantes de medicina

con la aplicación de los mismos criterios que en la Tabla 1. La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 5. Nueva validación en una comunidad médica.

Factor	Acuerdo Total (%)	Acuerdo Parcial (%)	Desacuerdo Total (%)
Motivación	90	10	0
Evaluación	95	5	0
Uso	80	20	0
Amigabilidad	60	30	10

6. DISCUSIÓN

Los cambios a WESST-OT reflejan una aplicación más estructurada de los principios descritos en la sección 3.2. Por ejemplo, la des-habilitación de los botones al acceder a otra interfaz o ventanas emergentes, y los avisos de posibles errores, son una aplicación del principio de prevención de errores. También, la creación de un asistente, el cual guía paso a paso al usuario es una aplicación del principio de minimización de memoria.

La última validación en una comunidad médica muestra que hubo un considerable aumento en la motivación para usar el simulador de otorrinolaringología, encontrándose inicialmente en 23% y finalmente en 90%. En cuanto a la evaluación, también hubo un aumento del 8 % inicial al 95 % en la segunda validación. En la primera versión, el estudiante debía ir en busca de las preguntas para cuantificar su conocimiento, ahora las preguntas son desplegadas de manera ordenada. Además, la evaluación es diferente en cada sesión lo que puede aumentar el aprendizaje.

En cuanto a la amigabilidad hubo un aumento del 17% al 60%, ya que el nuevo simulador posee un entorno gráfico más agradable y además permite realizar las actividades más rápido y de manera más clara visualmente. En cuanto a usabilidad los resultados reflejaron un aumento del 31% al 80% en la nueva validación, re-

flejando que las nuevas herramientas incorporadas le ofrecen al programa un mayor uso por parte de estudiantes y profesores. El estudiante puede reforzar su conocimiento previo con las ayudas didácticas.

El modelo GOMS muestra que se disminuyeron los tiempos de interacción del usuario, específicamente en tareas críticas como la evaluación, que involucra búsqueda de preguntas y selección de respuestas. Además, al crear un sistema de evaluación independiente al simulador se logró más dinamismo, puesto que el estudiante puede hacer su recorrido en la vista endoscópica y utilizar las ayudas didácticas para solucionar las preguntas propuestas por el profesor. En resumen, el simulador y las ayudas didácticas se vuelven herramientas educativas que ayudan a afianzar el conocimiento previo del estudiante.

Este trabajo de modificación y validación, de acuerdo con principios cualitativos y cuantitativos de interacción humano-computadora, demuestra las ventajas de la utilización de estos métodos en contextos reales. Por una parte, los métodos cualitativos como las encuestas permitieron identificar necesidades directamente con los usuarios. También, la aplicación de los principios de diseño GUI permitió realizar modificaciones más consistentes. Por otra parte, los métodos cuantitativos como el modelo GOMS permitieron mejorar la eficiencia de

tareas críticas como el proceso de evaluación. Como resultado se obtiene un simulador de mucha mayor aceptación.

Este trabajo se complementó con conceptos de pedagogía,⁷ tema que está fuera del contexto de este artículo. También se tocaron algunos aspectos de mejoramiento de realismo.¹⁰ Por otra parte, este trabajo se constituye en una validación de WESST-OT que va en consonancia con ideas anteriores,¹¹ pero que no se habían realizado con suficiente profundidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AA Navarro Newball, CJ Hernández, JA Vélez, LE Múnera, GB García, CA Gamboa, AJ Reyes. Virtual Surgical Telesimulations in Otolaryngology. *Studies in Health Technology and Informatics*. Vol. 111, (2005), pp. 353-355.
- [2] A Cardona, E Mazuera, AA Navarro N, JA Vélez B, LE Múnera, G. Bernabé G. Arquitectura de software basada en la Internet para la simulación virtual de cirugía endoscópica otorrinolaringológica. *Sistemas & Telemática. Universidad ICESI; No. 1 (2003) pp. 35-45.*
- [3] AA Navarro N, FJ Herrera Bote-ro, JA Vélez B. Incorporación de un módulo para la práctica de la habilidad de ubicación espacial al simulador de otorrinolaringología - WESST -OT. *Sistemas & Telemática. Universidad ICESI; No. 7 (2006) pp. 43-53.*
- [4] LM Hurtado, OD Ramírez, M Castrillón, AM Ospina, FJ Herrera, AA Navarro Newball, JA Vélez. *Incorporación de la habilidad de coordinación y del módulo de personalización de sesiones al simulador de otorrinolaringología WESST-OT.* Universidad ICESI; No. 9 (2007) pp. 35-44.
- [5] JD Foley, A van Dam, SK Feiner, JF Hughes. *Computer graphics: Principles and practice*. Second edition in C, Wokingham: Addison Wesley. 1996.
- [6] J Raskin. *The humane interface: New directions for designing interactive systems*. London: Addison Wesley. 2000.
- [7] CF Ríos K, VM Peñeñori. *Extensión del sistema de ayudas didácticas del simulador de otorrinolaringología WESST - OT.* Trabajo de Grado. Ingeniería de Sistemas y Computación. Pontificia Universidad Javeriana, Cali. 2007.
- [8] VM Peñeñori, CF Ríos K, AA Navarro, FJ Herrera, JA Vélez. *Validación del entorno de prácticas de habilidades quirúrgicas en otorrinolaringología WESST - OT.* Presentación Sesión Postres, CLEI, Cali, 2005.
- [9] AL Bedoya, AA Navarro, FJ Herrera, JA Vélez. *Incorporación de un sistema de ayuda al entorno de práctica de habilidades quirúrgicas en otorrinolaringología WESST - OT.* Memorias del Segundo Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica. Capítulo 97. 2005.
- [10] AA Navarro Newball, F Rovie-llo, D Prattichizzo, FJ Herrera, CA Marin. *Development of an Interactive Module to Enhance and Understand 3D Cavity Navigation.* *Studies in Health*

Technology and Informatics. Vol 125 (2007) pp. 340-343.

- [11] JA Vélez, AA Navarro Newball, LE Múnera, A Kopec, G Bernabé. *Methodological Basis for Distributed Web Testing of Surgical Simulators Prototypes in a Telemedicine Latin America Network (TLAN)*. Telemedicine Journal and Health. Vol. 10. Sup. I (2004), pp. 116.

CURRÍCULOS

Víctor Manuel Peñeñori. 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.

Carlos Felipe Ríos Katto. 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 A. 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 Inglaterra, y una especialización en Redes y Comunicación de la Universidad ICESI en Cali. Además, formó parte del Centro de Telemedicina de Colombia y fue profesor hora cátedra de la Universidad ICESI. Actualmente se desempeña como profesor de la Pontificia Universidad Javeriana – Cali, donde coordina el grupo de investigación Destino y está realizando estudios de PhD en la Universidad de Otago, Nueva Zelanda.

Francisco J. Herrera Botero. Ingeniero de Sistemas y Computación, egresado de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, tiene una especialización en Redes y Comunicación (CCNA CISCO) de la Pontificia Universidad Javeriana - Cali. Se desempeñó como Asistente de Investigación (Programa Jóvenes Investigadores de Colciencias) en la Pontificia Universidad Javeriana – Cali. Además, es fundador y gerente de la empresa de base tecnológica Soluciones Virtuales. Se ha desempeñado como miembro del grupo de investigación Destino y como profesor hora cátedra de la Universidad ICESI.☀