

Evaluación de Usabilidad de un Ambiente Virtual en 3D

Adriana Lorena. Iñiguez Carrillo
y Miguel Ángel García-Ruiz

Resumen

Se presenta un caso de estudio en el que se busca detectar cuales técnicas de evaluación de usabilidad son las que mejor se aplican a los ambientes virtuales, donde se debe considerar la inmersión, el sentido de presencia, la ergonomía y sus características multisensoriales, sin olvidar el objetivo de la usabilidad que es asegurar que el sistema sea eficiente, eficaz y satisfactorio. Para resolver este problema se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva de los métodos y técnicas actuales de usabilidad, los cuales tienen la posibilidad de revelar distintos aspectos (por ejemplo, la experiencia y satisfacción del usuario, problemas específicos de interfaz, posibilidades de mejoras, etc.). Se efectuó un estudio de usabilidad a un ambiente virtual educativo enfocado al aprendizaje de una lengua extranjera combinando una técnica de inspección y de cuestionario. Se concluyó que al aplicar las técnicas de evaluación heurística de Sutcliffe y Gault, el cuestionario SUS y una evaluación de sonido adaptada del cuestionario QUIS se puede apoyar de manera eficaz y eficiente a la evaluación de un ambiente virtual.

Palabras Claves. Ambiente Virtual Educativo, Evaluación Heurística, Interacción Humano-Computadora, Realidad Virtual, Usabilidad.

Introducción

Los ambientes virtuales ofrecen una forma única de interacción humano-computadora. Según Burdea y Coiffet (2003), "Realidad Virtual es una interfaz de usuario que involucra simulación e interacciones de tiempo real a través de múltiples canales sensoriales. Estas modalidades sensoriales son visuales, auditivas, táctiles, olfativas y gustativas".

La mayoría de las interfaces de usuarios en 3D son fundamentalmente diferentes de las interfaces gráficas tradicionales y de sus interacciones psicológicas. Por lo tanto, cuando se quiere evaluar su usabilidad existe la necesidad de modificar y optimizar las técnicas disponibles.

Jacko y Sears (2003) opinan que los evaluadores de ambientes virtuales deben considerar si las entradas y salidas multimodales que soportan a este tipo de sistemas

están óptimamente presentadas e integradas, si la manipulación de objetos es intuitiva y simple, si el contenido es inmersivo y atractivo, y si el diseño del sistema minimiza síntomas de mareos y desorientación.

Unos de los criterios más importantes en la usabilidad de un ambiente virtual es el sentido de presencia. Los ambientes virtuales tienen la ventaja de transportar psicológicamente al usuario en su imaginación a otro lugar, el cual ni siquiera puede existir en realidad. Un ambiente virtual con un alto grado de presencia será más placentero, efectivo y bien recibido por los usuarios.

Las tareas con una interfaz en 2D utilizan dispositivos interactivos de salida como: teclado y ratón, e interactúa con objetos en 2D, como son, las herramientas e iconos (Marsh, 1999). En contraste, un sistema de realidad virtual interactúa con una ergonomía diferente a la que la mayoría de los usuarios están acostumbrados, cascos, lentes, guantes, ratón 3D, trajes, cuartos virtuales, por mencionar algunos.



Realidad Virtual en el Aprendizaje del Idioma Inglés

Esta investigación se realizó a un ambiente virtual educativo realizado en el proyecto de investigación “APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL MULTIMODAL PARA LA PRÁCTICA DE LA COMPRENSIÓN AUDITIVA DEL IDIOMA INGLÉS”, financiado por el Fideicomiso Fondo Ramón Álvarez Buylla de Aldana, con número 421/06, el cual se comenzó a desarrollar en el año 2005. Este sistema está terminado en un 90%, es un ambiente virtual que simula un pequeño pueblo típico de Estados Unidos, llamado “Realtown”, su objetivo general es el de “Proporcionar una herramienta de software en 3D de simulación, para el apoyo de la comprensión auditiva en el aprendizaje del idioma inglés” (González Ruiz, 2005), se puede utilizar en el salón de clases, como apoyo en el proceso educativo.

La estructura del ambiente virtual es de tipo semi-inmersivo compuesto por el ambiente gráfico en 3D, sonidos y objetos virtuales, representando un pueblo virtual, donde se pueden navegar entre las calles virtuales, escuchar los sonidos y percibir efectos de háptica utilizando un gamepad para juegos con capacidad de vibración. La interacción de los usuarios con el sistema es que pasean por las calles, mientras reciben instrucciones, además de percibir los sonidos ambientales o la plática de otras personas. El perfil del usuario es el de un estudiante de nivel medio en la materia de inglés con conocimientos suficientes de vocabulario y comprensión auditiva.

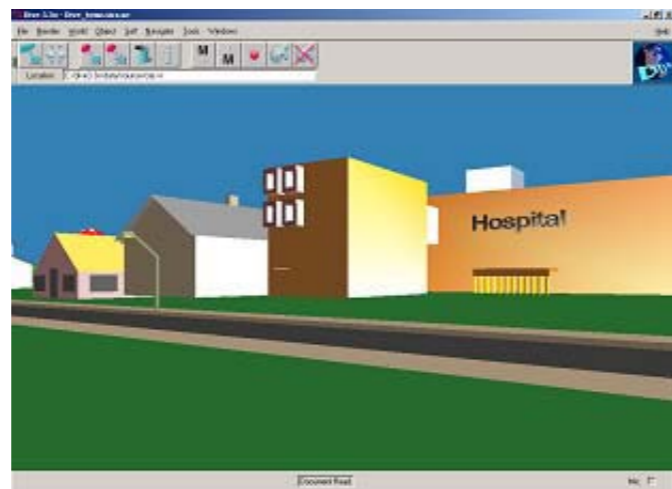


Figura 1 - Algunos edificios del ambiente virtual Realtown

Técnicas de Medición para Ambientes Virtuales

Para la decisión de elegir cuál sería la técnica utilizada para evaluar la usabilidad de Realtown, se hizo una extensa y minuciosa revisión de las técnicas empleadas para la evaluación de usabilidad de interfaces, además de revisar varios proyectos donde se ha evaluado la usabilidad en ambientes virtuales como el de Cervantes Medina (2003) y Guzmán García (2005), los cuales utilizaron cuestionarios adaptados para evaluar la usabilidad del sistema.

Se ha comprobado que las técnicas tradicionales pueden aplicarse a los ambientes virtuales, sin embargo, no pueden ser suficientes para evaluar las características de inmersión e interacción que existen en este tipo de sistemas. Por lo tanto se eligieron 3 técnicas para evaluar la interfaz de Realtown, evaluación heurística con las heurísticas de Sutcliffe

y Gault (2000), una evaluación de cuestionario aplicando el cuestionario SUS (Brooke, 1996) y una evaluación de sonido, esta última es una adaptación del cuestionario QUIS de Shneiderman y Plaisant (2005).

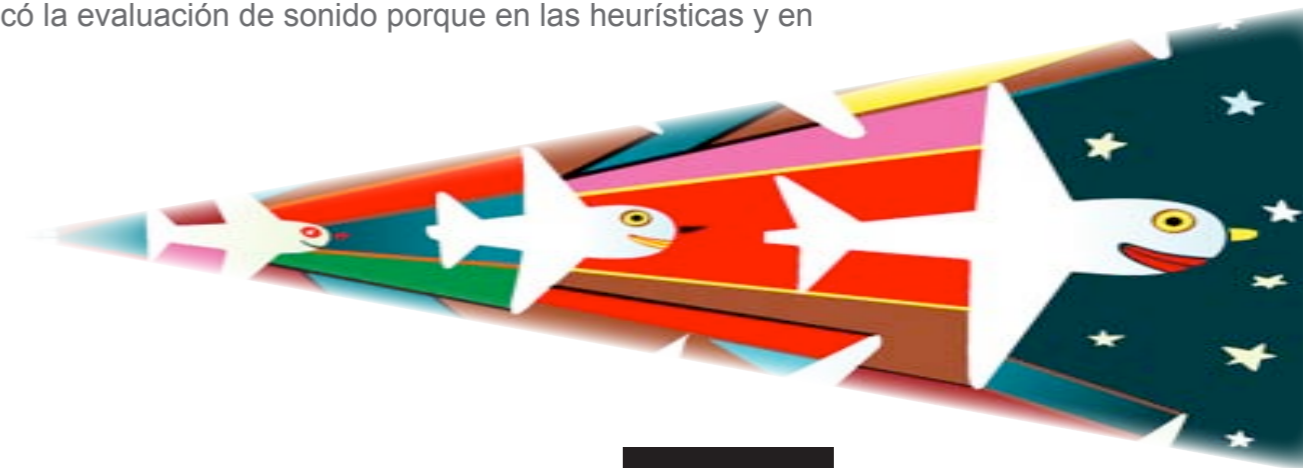
Las pruebas fueron realizadas por expertos, la justificación principal es que los expertos proporcionan una información distinta a la obtenida de usuarios finales, las sugerencias de modificaciones por parte de un experto suelen tener más valor que las realizadas por usuarios, por ser más viables y más precisas acerca de los problemas de usabilidad (Ferré Grau, 2000). En este tipo de evaluaciones se reúne un grupo, Nielsen (1993) concluyó que el número de expertos suficientes para una evaluación es de 3 a 5 expertos, los cuales pensando en los propósitos y objetivos del usuario final del sistema a evaluar, dan indicaciones de los cambios que según su apreciación y experiencia el sistema debe modificar para mejorar.

Diseño Metodológico

Se contó con la participación de 10 expertos en el diseño de interfaces y tecnologías en la educación, los cuales fueron asignados de manera aleatoria en 3 grupos, cada grupo con una combinación de las técnicas seleccionadas, conformando los grupos de la siguiente manera (figura 2):

- Grupo 1: tres expertos con la evaluación heurística y la evaluación de sonido.
- Grupo 2: cuatro expertos con el cuestionario SUS y la evaluación de sonido.
- Grupo 3: tres expertos con la evaluación heurística, el cuestionario SUS y la evaluación de sonido.

Aunque se formaron grupos, la evaluación fue individual, se citó a cada experto en horario diferente. A todos los grupos se les aplicó la evaluación de sonido porque en las heurísticas y en



el cuestionario SUS no se evalúa el sonido y una evaluación socio-demográfica que consiste en recopilar los datos personales del experto, edad, género, preguntas acerca de la condición física de sus sentidos (ya que los ambientes virtuales son multisensoriales), su experiencia en el manejo de videojuegos, ya que el dispositivo que se utiliza en Realtown es un gamepad, que es un dispositivo de entrada y de navegación que se utiliza para interactuar con videojuegos, y también se pregunta su experiencia en el uso de ambientes virtuales y algunos ejemplos de dispositivos que han utilizado para estos sistemas.



Figura 2 - Combinación de pruebas

Pruebas de Usabilidad Aplicadas a la Interfaz

Evaluación Grupo 1 (Test Heurístico – Test Sonido)

El grupo 1 realizó la evaluación heurística de Sutcliffe y Gault, las cuales se evaluaron con una escala de opinión con valores de 1-5, donde 1 significa que la heurística no nunca se cumple y 5 que siempre se cumple (siendo 2, 3 y 4 valores intermedios).

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1, donde se puede apreciar el juicio de cada experto para cada heurística.

Expertos	Heurísticas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Experto 1.1	3	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	3
Experto 1.2	3	2	3	2	2	5	3	4	2	4	4	4
Experto 1.3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3
Promedio	3	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3

Tabla 1 - Datos recolectados de la evaluación heurística del Grupo 1

Para calcular la calificación que le otorga cada experto a Realtown, a cada heurística se le asigna una calificación en la escala de 0 a 100, al calcularse un promedio de todas las calificaciones de las heurísticas, e obtiene la calificación de usabilidad que cada experto dio al sistema multiplicando el promedio por 20, como se muestra en la siguiente tabla.

Expertos	Promedio	Calificación
Experto 1.1	4.3	86
Experto 1.2	3.2	64
Experto 1.3	3.3	66

Tabla 2 – Calificación de la evaluación heurística del Grupo 1

Por lo tanto la calificación que el Grupo 1 otorga a la usabilidad del ambiente virtual es el promedio de las calificaciones de los tres expertos. La cual es 72.

La evaluación del sonido en Realtown consistió en verificar si se cumplían estas cinco reglas:

1. la nitidez y claridad,
2. la fácil comprensión del sonido (voces),
3. que fuera coherente con la acción realizada,
4. que no esté desfasado y
5. que correspondiera al objeto que lo produjo.

Los valores fueron en una escala de Likert de 1 a 5, donde 1 significaba que cuando se escucharon sonidos durante la interacción con el ambiente virtual nunca se cumplió esa regla y 5 que siempre se cumplió, siendo 2, 3 y 4 valores intermedios. Los resultados del Grupo 1 (tabla 6) muestran que en general para los expertos del Grupo 1 el sonido del ambiente virtual cumple con las 5 reglas, solamente el experto 1.2 en la regla 3 (que el sonido fuera coherente con la acción realizada) contestó que nunca, pero no indicó cuál fue el problema que encontró para tener esa percepción.

Para calcular la calificación por experto, se promedia el rango de valores dados por cada experto, como se muestra en la siguiente tabla.

Expertos	Promedio	Calificación
Experto 1.1	5	100
Experto 1.2	4.2	84
Experto 1.3	5	100

Tabla 4 – Calificación de sonido por experto del Grupo 1

Por lo tanto la calificación que el Grupo 1 otorga al sonido del ambiente virtual es el promedio de las calificaciones de los tres expertos, la cual es 95.

Evaluación Grupo 2 (Cuestionario SUS – Test Sonido)

La tabla 5 muestra los resultados de las 10 preguntas del cuestionario SUS, cabe señalar que el rango de valores es, 1 está en completo desacuerdo y 5 está en completo acuerdo, 2, 3 y 4 de valores intermedios.

Siguiendo el método del cuestionario SUS (Brooke, 1996), a las preguntas impares se les resta 1 al valor que marcaron y en las preguntas pares, a 5 se les resta el valor que marcaron; se suman todos los valores y el resultado se multiplica por 2.5, la última columna muestra la calificación que le asigna al ambiente cada experto.

Expertos	Reglas de sonido				
	1	2	3	4	5
Experto 1.1	5	5	5	5	5
Experto 1.2	5	5	1	5	5
Experto 1.3	5	5	5	5	5

Tabla 3 - Evaluación del sonido del Grupo 1

Expertos	Cuestionario SUS										Calificación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Experto 2.1	5	2	4	5	5	1	4	2	3	2	73
Experto 2.2	3	1	5	2	2	2	5	1	4	1	80
Experto 2.3	4	1	5	1	4	1	5	1	4	1	93
Experto 2.4	4	2	4	1	4	1	4	2	3	1	80

Tabla 5 - Resultados de Cuestionario SUS del Grupo 2

La calificación total asignada al ambiente virtual es la suma de las calificaciones de cada experto dividida entre cuatro, por lo tanto la calificación que el Grupo 2 otorga a la usabilidad del ambiente virtual es 81.

En la evaluación del sonido los resultados del Grupo 2 (tabla 6) en general el sonido del ambiente virtual siempre o casi siempre cumplía con las reglas, solo el experto 2.1 opina que el sonido normalmente se escucha nítido y claro, y el experto 2.4 opina que normalmente el sonido corresponde al objeto que lo emite, pero no mencionan porque tuvieron esa percepción.

Expertos	Reglas de sonido				
	1	2	3	4	5
Experto 2.1	5	4	4	1	3
Experto 2.2	5	4	5	2	4
Experto 2.3	3	4	5	1	4
Experto 2.4	5	5	5	1	4

Tabla 6 - Evaluación del sonido del Grupo 2

Para calcular la calificación por experto, se promedia el rango de valores dados por cada experto, como se muestra en la siguiente tabla, y el promedio se multiplica por 20.

Expertos	Promedio	Calificación
Experto 2.1	4.2	84
Experto 2.2	4.4	88
Experto 2.3	4.2	84
Experto 2.4	4.8	96

Tabla 7 - Calificación de sonido por experto del Grupo 2

Por lo tanto la calificación que el Grupo 2 otorga al sonido del ambiente virtual es el promedio de las calificaciones de los cuatro expertos, la cual es 88.

Evaluación Grupo 3 (Cuestionario SUS – Test Heurístico – Test Sonido)

Las técnicas heurísticas en las que se basó la evaluación del Grupo 3 fueron las de Sutcliffe y Gault (1999), las cuales se evaluaron con una escala de likert con valores de 1-5, donde 1 significa que la heurística nunca se cumple y 5 que siempre se cumple (siendo 2, 3, 4 valores intermedios) y NA quiere decir que al juicio del experto esa heurística no aplica para el ambiente virtual que se evaluó.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8, donde se puede apreciar el juicio de cada experto para cada heurística.

Expertos	Heurísticas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Experto 3.1	4	4	4	4	5	4	2	NA	3	5	NA	4
Experto 3.2	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	NA	3
Experto 3.3	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	NA	5
Promedio	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	NA	4

Tabla 8 - Datos recolectados de la evaluación del Grupo 3

La tabla 9 muestra la calificación que le otorga cada experto a Realtown.

Expertos	Promedio	Calificación
Experto 3.1	4	80
Experto 3.2	3.3	66
Experto 3.3	4.7	94

Tabla 9 - Calificaciones de heurísticas Grupo 3

La calificación total asignada al ambiente virtual fue la suma de las calificaciones entre tres, por lo tanto la calificación que el Grupo 3 otorga a la usabilidad del ambiente virtual por la evaluación de las heurísticas es 72.

Figura 3 - Experto en ingeniería de software interactuando con el ambiente virtual.



La tabla 10 muestra los resultados de las 10 preguntas del cuestionario SUS (Brooke, 1996), cabe señalar que el rango de valores es, 1 está en completo desacuerdo y 5 está en completo acuerdo, con 2, 3 y 4 de valores intermedios. La columna resultado muestra la calificación de la usabilidad que le asigna al ambiente cada experto con una escala de 1 a 100.

Expertos	Cuestionario SUS										Calificación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Experto 3.1	4	2	4	1	4	1	3	1	4	1	82.5
Experto 3.2	3	4	2	4	4	3	3	4	3	4	40
Experto 3.3	4	2	4	1	5	1	5	1	5	1	92.5

Tabla 10 - Resultados de Cuestionario SUS del Grupo 3

La calificación total asignada al ambiente virtual fue la suma de las calificaciones entre cuatro, por lo tanto la calificación que el Grupo 3 otorga a la usabilidad del ambiente virtual por la evaluación con el cuestionario SUS es 72.

En la evaluación del sonido los resultados del Grupo 3 se muestran en (tabla 11), el sonido del ambiente virtual normalmente cumplía con las reglas del sonido. El experto 3.3 dijo que no escuchó ningún sonido dentro del ambiente virtual.

Expertos	Reglas de sonido				
	1	2	3	4	5
Experto 1.1	5	3	3	5	3
Experto 1.2	3	3	2	5	2
Experto 1.3	5	5	NA	NA	NA

Tabla 11 - Evaluación del sonido Grupo 3

Para calcular la calificación por experto, se promedia el rango de valores dados por cada experto, como se muestra en la siguiente tabla, y el promedio se multiplica por 20.

Por lo tanto la calificación que el Grupo 3 otorga al sonido del ambiente virtual es el promedio de las calificaciones de los cuatro expertos, la cual es 83.

Terminadas todas las evaluaciones, la siguiente tabla muestra un análisis comparativo de las calificaciones asignadas por cada grupo.

Evaluación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Heurística	72	del Grupo 3	80
Cuestionario	-	81	72
Sonido	95	88	83

Tabla 13 - Calificaciones de las evaluaciones

Conclusiones

Primero que todo, algunas de las limitaciones de las técnicas tradicionales de usabilidad para evaluar ambientes virtuales en tercera dimensión, no toman en cuenta los siguientes aspectos:

- El puntero tradicional no está representado para la selección y manipulación de objetos en el espacio 3D.
- La calidad de las salidas de un sistema en 3D (visual, auditivo, háptico) no están comprensivamente dirigidas.
- El significado de sentido de presencia y efectos secundarios no están incorporados (nauseas, dolor de cabeza).

La combinación de una técnica de inspección y de cuestionario apoyan de manera eficaz y eficiente la evaluación de usabilidad en un ambiente virtual educativo, ya que es necesario realizar la combinación de estas dos técnicas para medir de manera eficaz, dado que se obtuvo información de experiencia de uso, satisfacción del usuario, problemas de usabilidad detectados, posibilidades de mejora, que no se podrían obtener aplicando nada más que una de ellas. Y de manera eficiente ya que las evaluaciones que se aplicaron requieren de poco esfuerzo y tiempo.

Algunos problemas en el proceso fueron respecto a la evaluación heurística de Sutcliffe y Gault, ya que algunas preguntas no se aplican a este tipo de ambiente virtual, y sería mejor que se omitieran en la evaluación. Esto debería realizarse en la etapa de diseño de pruebas, ya que al mantener todas las preguntas (aunque no sean aplicables al tipo de ambiente evaluado), éstas causan al experto confusión y ansiedad.

Al evaluar un ambiente virtual se deben realizar combinaciones de varias técnicas ya que unas están orientadas a la experiencia del usuario y otras como guías en el desarrollo de la interfaz, Flavián, Guinalú y Gurrea (2004) aseguran que la usabilidad percibida se encuentra positiva y directamente relacionada con el nivel de confianza y satisfacción del usuario, Virvou y Katsionis (2008) dicen que también es proporcional a la sofisticación del ambiente, esto quiere decir a la calidad de los gráficos y a la inmersión percibida.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Colima al proyecto Tecnología de Realidad Virtual de Colaboración Aplicada a la Práctica y Comprensión del Idioma Inglés, Clave Colima-2008-C01-83651, en el cual se basan los avances mostrados en este trabajo.



Referencias

- BURDEA, G.C. y P. COIFFET, P. (2003).** "Virtual Reality Technology (2da ed.)". New Brunswick, NJ: Wiley-IEEE Press.
- BROOKE, J. (1996).** "SUS: a "quick and dirty" usability scale", en P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester y A. L. McClelland (Eds.) Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis.
- CERVANTES MEDINA, L.A. (2004).** "Aplicación de una herramienta de realidad virtual colaborativa y adaptación de modelos gráficos en 3D para el apoyo del diagnóstico médico en lesiones óseas". Tesis de Maestría en Telemática no publicada, Facultad de Telemática, Universidad de Colima, México.
- FERRÉ GRAU, X (2000).** "Principios básicos de usabilidad para ingenieros software", en V Jornadas de Ingeniería de Software y Bases de Datos 2000. Universidad politécnica de Madrid, Valladolid, España.
- FLAVIÁN, C., GUINALÚ, M., GURREA, R. (2004).** "Análisis empírico de la influencia ejercida por la usabilidad percibida, la satisfacción y la confianza del consumidor sobre la lealtad a un sitio web". En Actas del XVI Encuentro de profesores universitarios de marketing , Alicante, España.
- GONZÁLEZ RUIZ, L.P. (2005).** "Desarrollo e implementación de un ambiente virtual para la comprensión auditiva de funciones lingüísticas del idioma inglés". Tesis de Ingeniería en Telemática no publicada, Facultad de Telemática, Universidad de Colima, México.
- GUZMÁN GARCÍA, M.E. (2005).** "Uso de tecnologías de hardware gráfico en el apoyo al realismo en entornos virtuales arquitectónicos". Tesis no publicada. Maestría en Telemática, Facultad de Telemática, Universidad de Colima, México.
- ISO 9241-11 (1998).** "Guidance on Usability ISO 9241-11 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability". International Standards Organization.
- JACKO, J.A. Y SEARS, A. (2003).** "The Human-Computer Interaction Handbook, Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications". Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kaur, K. (1999).** "Designing virtual environments for usability". London, Reino Unido: City University Press.
- MARSH, T. (1999).** "Evaluation of Virtual Reality Systems for Usability. York", Reino Unido: University of York.
- NIELSEN, J. (1993).** "Usability Engineering". New York: AP Professional.
- SANZ, M., GÓMEZ, E. y Del POZO, F. (1996).** "Coste y beneficio de la ingeniería de usabilidad". En Boletín Factores Humanos, No.10, Madrid, España.
- SÁNCHEZ MARTÍNEZ, F. y MAYORA IBARRA, O. (2004).** "Diagnóstico automático de Usabilidad de Sitios Web". En Encuentro Internacional de Ciencias de la Computación. Taller de Interacción humano computadora. Colima, Colima, México.
- SHNEIDERMAN, B. y PLAISANT, C. (2005).** "Designing the user interface", 4a edición. Addison-Wesley: Boston, E.U.A.
- SUTCLIFFE, A. y GAULT, B. (2004).** "Heuristic evaluation of reality applications". Centre for HCI Design, School of Informatics, University of Manchester, U.K.
- VIRVOU, M. y KATSIONIS, G., (2008).** "On the usability and likeability of virtual games for education: The case of VR-ENGAGE". Computers & Education, 4 (1).
- YOUNGBLUT, C. (1998).** "Educational uses of virtual technology". Alexandria, Virginia: Institute of Defense Analyses.

Sobre los autores

Adriana L. Iniguez Carrillo Obtuvo el grado de Ingeniera en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán y el de Máster en Computación, Área Ingeniería de Software en la Universidad de Colima y es Profesora por Asignatura en la Facultad de Telemática, en la Universidad de Colima. alic@ucol.mx

Miguel A. García Ruiz Obtuvo los grados de Ingeniero en Sistemas Computacionales y la Maestría en Ciencias Computacionales en la Universidad de Colima, México. Además obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Computacionales e Inteligencia Artificial en la Universidad de Sussex, Inglaterra. Miguel es profesor-investigador de tiempo completo en la Universidad de Colima, donde realiza investigación sobre interfaces multimodales e interacción humano-computadora en dispositivos móviles. mgarcia@ucol.mx