

Diseño de un Entorno Virtual para la Enseñanza de Procesos de Mecanizado

Hidalgo M.A, MSc.

Profesor, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Valle, Colombia, mahidalgo@uao.edu.co

Cardona J.D, MSc.

Profesor, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Valle, Colombia, Colombia, jdcardona@uao.edu.co

Rojas F.A, Dr.Eng.Mec.

Profesor, Universidad de Los Andes, Bogotá, D.C., Colombia, farojas@uniandes.edu.co

Resumen

Un prototipo de torno CNC virtual viene siendo desarrollado por los autores. En este artículo se presenta un estudio de usabilidad de la herramienta en una primera etapa prototípica del proyecto, realizado con un grupo de estudiantes de ingeniería. Para la construcción de las partes que recrean el entorno de trabajo y el torno, se utilizó software CAD comercial; para desarrollar la componente del torno CNC virtual se utilizó modelos que posteriormente fueron programados para lograr simular el comportamiento del torno CNC en el ambiente virtual, utilizando como lenguaje de programación Java Standard Edition y la API de Java 3D, con las cuales se desarrolló una interfaz que permite la visualización y simulación 3D en ambientes virtuales de operaciones de mecanizado en un torno CNC a través de Internet, además, es posible acceder a una ayuda en línea para recibir asistencia en la mecánica del corte por un tornero virtual que fue desarrollado con la asistencia de herramientas analíticas, y de experimentación de la mecánica del corte.

Keywords

CNC Simulation, Virtual machining, Virtual manufacturing, Virtual lathe.

1. Introducción

Hoy en día es posible manufacturar en el computador, además, se puede hacer en varios niveles de complejidad y con diferentes tipos de inmersión utilizando la realidad virtual. Este proyecto pretende desarrollar una herramienta virtual como ayuda para el aprendizaje del proceso de mecanizado en un torno CNC, utilizando Internet, la base para lograr simular el proceso de mecanizado se encuentra en los modelos analíticos, matemáticos, físicos y de programación para realidad virtual que se representan en el proceso que realiza la máquina CNC, siendo posible de esta manera poder trabajar en la máquina virtual como si se hiciera en su homologa real, por ejemplo, simular la trayectoria de mecanizado, cambios de herramienta, velocidad, colisiones etc, en esta primera etapa se desarrolló la posibilidad que el simulador obedezca ordenes para realizar trayectorias de mecanizado de cilindros en un torno CNC, los autores bajo esta misma metodología pretenden desarrollar a futuro modelos que puedan llegar a simular el proceso

básico de vida de las herramientas, fuerzas de corte, exactitud dimensional del proceso de corte de metal, costo, eficiencia o alguna otra medida de desempeño.

1.1 La Realidad Virtual y la Educación

La realidad virtual provee un medio interesante para experimentar una gran variedad de situaciones que pueden ir desde la simulación científica, pasando por entornos de aprendizaje hasta los más inimaginables mundos virtuales dirigidos al entretenimiento. Una aplicación específica de esta tecnología se orienta al diseño y fabricación de productos, donde se brinda una alternativa interesante para asistir el proceso de desarrollo de un producto tangible a través de entornos virtuales que simulan múltiples aspectos de un producto y donde se explotan las ventajas de la realidad virtual como tecnología. Aunque hay algunas diferencias entre las definiciones, son esencialmente equivalentes. Todas ellas significan que la realidad virtual es una experiencia interactiva e inmersiva (con la sensación de presencia) en un mundo simulado (Zeltzer, 1992). Habitualmente, se suele diferenciar entre realidad virtual y entornos virtuales, ya que los entornos virtuales no tienen por que representar necesariamente la “realidad” (Stuart,1996), (Singhal,1999), (Ellis,1994), (Vince,1995). A partir de estas definiciones, las características claves de los entornos virtuales incluirían: gráficos tridimensionales y un modelo de un entorno que representa algún tipo de vida real o un lugar o estructura artificial. El usuario, conceptualmente, habita en el entorno disponiendo de una posición actual dentro de él y, por lo tanto, una visión limitada. El Usuario tiene la capacidad de viajar a través del entorno e interactuar con él. Hoy en día existe una motivación por parte de investigadores en todo el mundo para desarrollar nuevas herramientas que logren integrar en su totalidad el concepto de manufacturar en la computadora como si fuera en una máquina real. Algunos autores plantean un éxito al hacer la integración de realidad virtual en la educación y proporcionar nociones y conceptos durante la experiencia virtual para que los estudiantes miren su relevancia a los problemas que encuentran en una tarea concreta, por ejemplo como en este caso el mecanizado de cilindros utilizando un torno CNC virtual. El objetivo se centra en lograr que en la mente del estudiante se cree un isomorfismo entre los símbolos representados en el ambiente virtual y su relación con las máquinas reales. Debido a tal isomorfismo, las operaciones aplicadas a un modelo mental, producen el mismo modelo mental, en efectos similares a los producidos por operaciones paralelas aplicadas a objetos reales. Esto permite que los estudiantes dibujen en sus mentes el concepto y puedan predecir el comportamiento real de los elementos reales con base a transformaciones y anticipaciones realizadas mentalmente en el ambiente virtual (Antonietti et al., 2001).

2. El Torno Virtual y la Mecánica del Corte

Inicialmente se desarrollo un primer modulo para asistir el tema de la mecánica del corte dentro de ambientes de trabajo a través de Internet. Este consiste en una página de Internet donde el usuario escoge un material y unos parámetros de corte, y diseña un proceso de cilindrado. En la que se puede simular el proceso planeado por el usuario, el programa le devuelve unas variables calculadas analíticamente, como son: la temperatura de corte, la fuerza de corte, la potencia de la máquina, la geometría esperada de la pieza, entre otras variables importantes, que se presentarían en caso tal que se llevara a cabo el proceso real. Esta herramienta permite al usuario iterar con una serie de valores preestablecidos, hasta que éste encuentre un diseño solución que considere satisfactorio, mientras se sensibiliza, en como intervienen los diversos parámetros de corte de entrada sobre los resultados obtenidos (Ramírez et al., 2001). Posterior a este proyecto, se implemento la parte del simulador llamada “Tornero Virtual”, donde al igual que en la primera parte, se simula un proceso de torneado ortogonal pero ceñido a los parámetros de una máquina real. Esto logró un gran acercamiento del simulador a un producto terminado. El simulador “Tornero Virtual” para asistir el torneado ortogonal se encuentra en la página del laboratorio de Técnicas Modernas de Manufactura, LATEMM, el cual hace parte del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, Bogota- Colombia. Al LATEMM se accede, a través de la dirección

electrónica <http://farojas.uniandes.edu.co/latemm>, en la figura 1 se puede observar el ambiente de trabajo para utilizar la simulación analítica para torneado ortogonal. (Acero et al., 2001).



Figura 1: Ventanas de trabajo para utilizar el simulador analítico para torneado ortogonal.

Posterior al proyecto desarrollado por el grupo LATEMM se convino con el grupo de investigación en tecnologías para la manufactura, GITEM de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali- Colombia, desarrollar una máquina virtual para que pueda ser acoplada al proyecto del LATEMM, de aquí se generaron los requerimientos para iniciar el desarrollo del prototipo de un torno CNC virtual. Para desarrollar este primer prototipo se trabajó con técnicas de prototipado y manufactura virtual para construir un ambiente de entrenamiento, en el cual los usuarios (estudiantes) puedan tener sentido de los controles de la máquina y les sea posible manufacturar en la máquina virtual. Hasta la fecha es posible producir que las operaciones de maquinado en el prototipo de torno virtual CNC respondan a modelos dinámicos lógicos de la máquina real CNC, dejando la posibilidad que a futuro sobre la misma plataforma de trabajo, se pueda construir módulos que obedezcan al desgaste de la herramienta, fuerzas de corte etc, que son de interés para los investigadores pero que aún no se han desarrollado (Hidalgo et al., 2005).

2.1 Proceso de Mecanizado Virtual

Varios autores de proyectos en manufactura virtual, describen el proceso de mecanizado virtual como un elemento esencial de bajo nivel que opera dentro un sistema de alto nivel como la manufactura virtual; debido a que para una variedad de operaciones de manufactura se debe construir un gran número de tales operaciones de manufactura virtual de bajo nivel dentro del sistema de manufactura virtual de alto nivel (Valery, 2000), se tomó como metodología para trabajar en el desarrollo del entorno virtual para el torno CNC, desarrollar un modelo virtual genérico del proceso de mecanizado de un torno CNC en el cual se puedan basar varias de las operaciones de bajo nivel, facilitando que posteriormente sea posible incluir varias de estas operaciones, en la figura 2 se puede observar una foto del torno real que se utilizó como referencia para el desarrollo del proyecto.

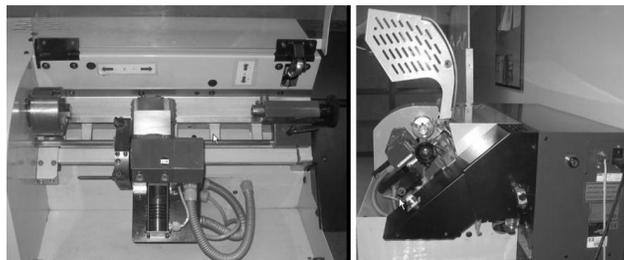


Figura 2: Torno didáctico modelado para desarrollar la versión prototípica, modelo Turn 55 de EMCO, propiedad de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali - Colombia.

Con la simulación, el usuario puede verificar la trayectoria de la herramienta de una máquina CNC, en este caso un proceso es operado gráficamente como si fuera hecho en una máquina real, esta máquina CNC virtual ejecuta el código CNC estándar y la máquina virtual realiza la operación de mecanizado completa en tiempo real, incluyendo los movimientos de herramientas, además el usuario al mismo tiempo puede realizar una inmersión dentro del espacio en el que se encuentra la máquina CNC, permitiendo el continuo monitoreo del material removido. Una versión prototípica puede verse en (<http://gitem.cuao.edu.co/simtorno>), en esta página es posible utilizar la versión prototipo del simulador del torno CNC virtual.

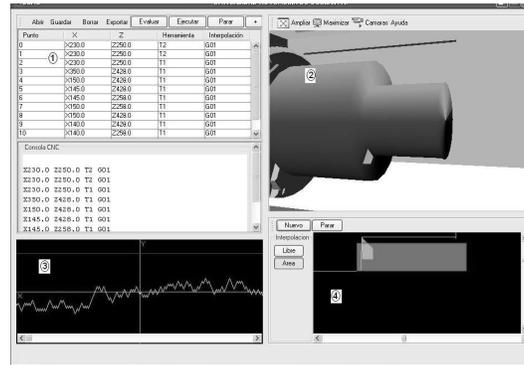


Figura 3: Zonas de visualización y de trabajo en el torno virtual CNC.

En la figura 3, se observa la presentación de las ventanas de trabajo que tiene el usuario cuando accede al simulador en <http://gitem.cuao.edu.co/simtorno>, en el se ven representadas 4 zonas, en la zona 1 le es posible al usuario digitar y visualizar las coordenadas de la trayectoria de la herramienta, en la zona 2 se encuentra la ventana para entrar al entorno virtual, siendo posible para el estudiante realizar un recorrido por el laboratorio que esta recreado dentro del entorno virtual, y también poder interactuar con el torno CNC, fotos de este recorrido se observan en la figura 4, en la zona 3 se pretende utilizarla como un visor de graficas de algunas variables que interesen al usuario, como fuerzas, velocidades, etc, la zona 4 es una ventana de interacción con el torno en 2D en la cual es posible definir el tamaño del cilindro a mecanizar, seleccionar herramientas de corte, asignar una posición a la herramienta, y finalmente seleccionar la zona que se desea mecanizar, siendo posible con esta última operación generar un archivo que contiene una matriz de la trayectoria de mecanizado de la herramienta, la cual se puede posprocesarla para que sea interpretada por el torno real CNC.

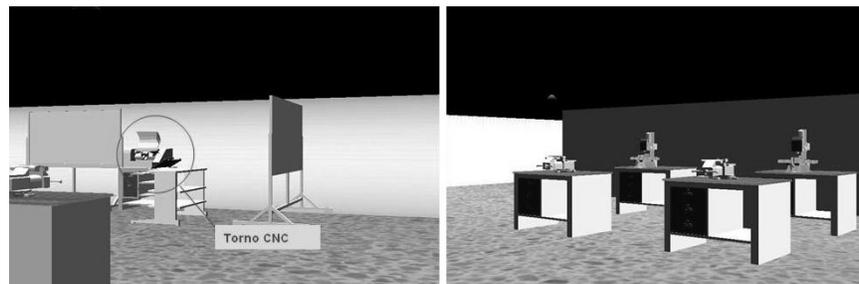


Figura 4: Imágenes del recorrido virtual que son posibles de realizar durante el proceso.

3. Pruebas de Usabilidad del Torno Virtual CNC

Con el objetivo de evaluar el impacto del simulador CNC, se desarrolló un instrumento de evaluación para identificar atributos como la facilidad de aprendizaje, eficiencia y satisfacción subjetiva del usuario

al utilizar la aplicación. Tal como lo define la ISO, la evaluación es un paso esencial en el diseño orientado al usuario y debe tener lugar en todas las etapas del ciclo de vida (ISO, 1999). Los métodos de evaluación de la usabilidad pueden clasificarse de diversas formas. La forma más habitual consiste en dividirlos según la implicación de los usuarios en pruebas empíricas de usuario y métodos de inspección de la usabilidad. El término pruebas de usuario cubre métodos que involucran a usuarios representativos como participantes. El término inspección de la usabilidad se aplica a métodos que trabajan sin ninguna implicación por parte de los usuarios. Algunos autores, como Nielsen utilizan el término pruebas de usabilidad como sinónimo de pruebas de usuario (Nielsen, 1993). Para el caso específico del simulador del torno CNC se emplearon pruebas de usuario debido a que estas permiten evaluar la usabilidad de cualquier sistema a partir de los resultados objetivos y subjetivos obtenidos del uso del mismo por parte de los usuarios finales. El propósito de la prueba realizada era verificar el grado de satisfacción subjetiva del usuario, especialmente en: Aspectos referentes a los tiempos de carga del Applet que contiene el simulador del torno CNC, y la utilidad que le otorgan los usuarios a los entornos virtuales dirigidos a la simulación de procesos de mecanizado. Adicionalmente, la prueba proporcionó información adicional sobre: La facilidad con la cual los usuarios identifican las posibles tareas que pueden realizar en el simulador del torno CNC y las posibles áreas de aplicación de los entornos virtuales dirigidos a la simulación de procesos de fabricación, según el criterio de los usuarios.

3.1 Estructura de la Prueba

Los usuarios que se eligieron para la prueba fueron estudiantes de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente (UAO), de edades ente 19 y 25 años, con experiencia en el uso de computadores, el 85 % de los estudiantes estaban familiarizados en el uso de herramientas CAD/CAM. El 55% de los usuarios no tenían experiencia previa con entornos virtuales de simulación. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de simulación y visualización 3D de la UAO. Los equipos empleados fueron computadoras sin tarjetas aceleradoras de gráficos, con 256 Mb de memoria y sistema operativo Windows XP Professional. El tamaño del Applet que se cargaba en los equipos de los usuarios era de 4Mb. Cada equipo cliente tenía instalado el *Java Runtime Environment* (JRE) y las librerías de Java3D, adicionalmente, se actualizaron los *drivers* de las tarjetas gráficas de los computadores. El instrumento de evaluación está organizado alrededor de tres tipos de preguntas: Preguntas de filiación de los usuarios, preguntas sobre el simulador del torno CNC y preguntas que pretenden englobar la experiencia de la visita, preguntando por la utilidad del entorno visitado y su percepción general.

3.2 Resultados de las Pruebas

A continuación se presenta gráficos, en las cuales es posible observar los resultados de percepción de los usuarios frente a la utilidad de trabajar con el entorno virtual del torno CNC, dirigido a la simulación de procesos de fabricación.

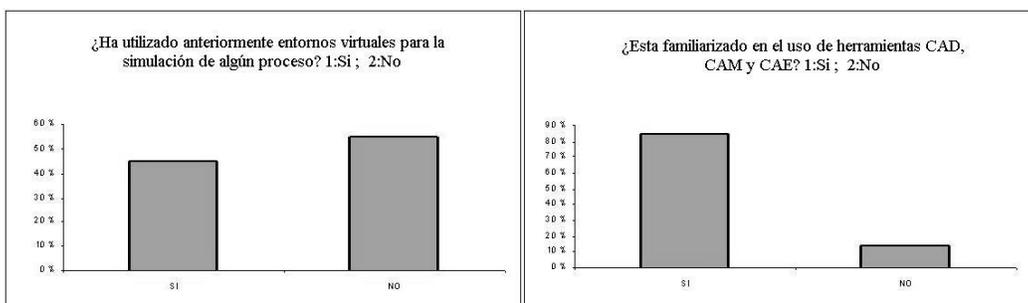


Figura 4: Porcentaje de estudiantes que tienen familiaridad con herramientas de simulación.

En la figura 4 se puede observar que el 85% de los usuarios estaba familiarizado con herramientas de dibujo asistido por computador (CAD), o manufactura asistida por computador (CAM), igualmente con entornos virtuales a través de Internet.

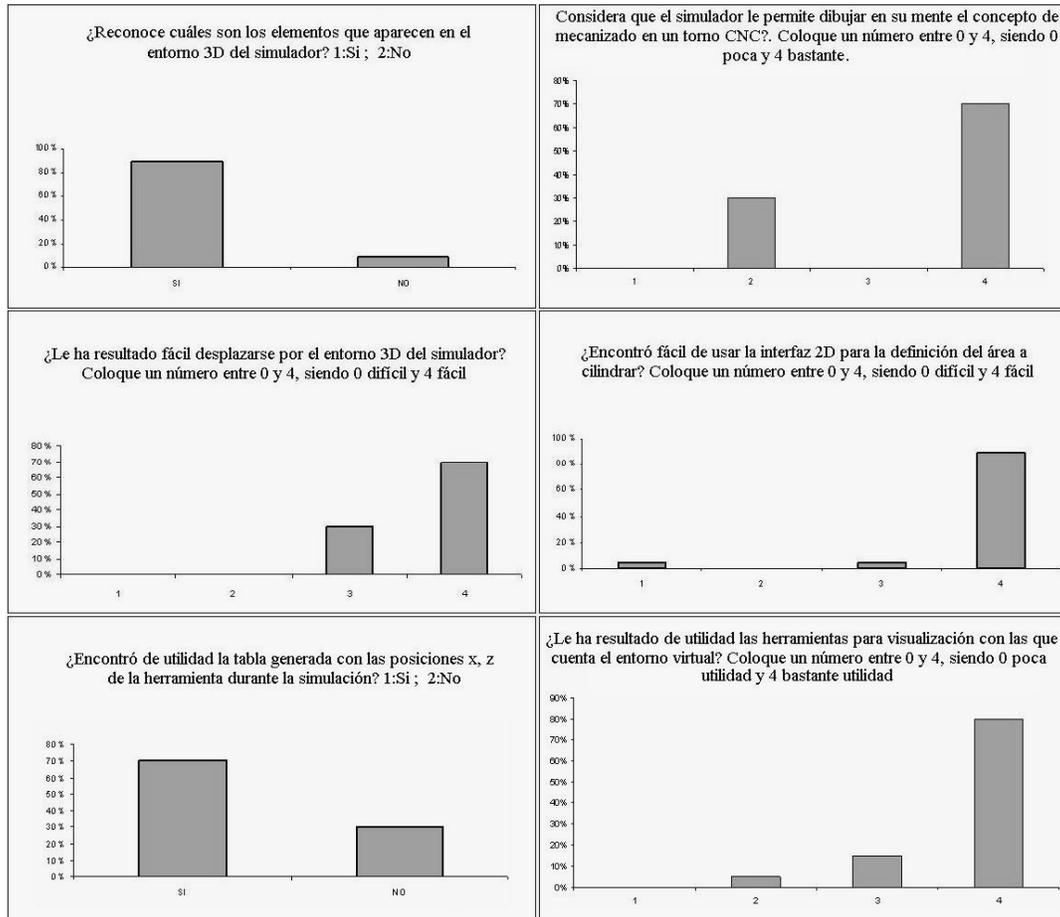


Figura 5: Resultados de la percepción general sobre la utilidad del entorno virtual.

El 30% del grupo de usuarios que realizaron la prueba estaban familiarizados con máquinas CNC reales, solo este grupo evaluó la similitud con la máquina real, la percepción de este punto se puede observar en el la figura 6.

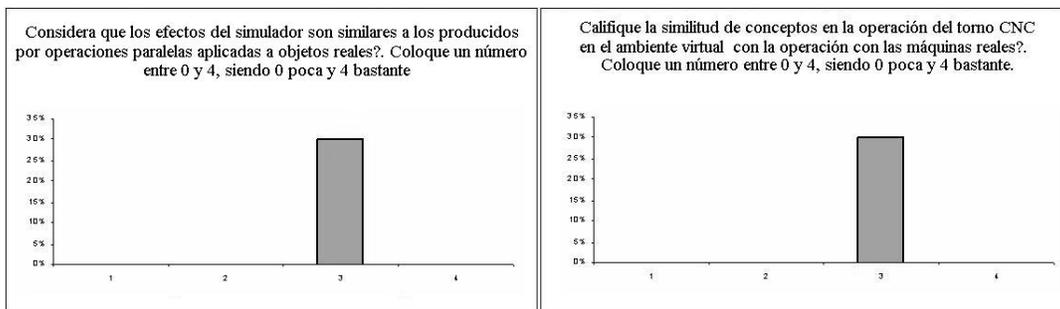


Figura 6: Resultados de la percepción sobre la similitud con la máquina real.

La percepción de la utilidad de la herramienta en general, fue evaluada como de gran utilidad por el 65% de los estudiantes, y el otro 35% opino que era útil, este punto fue evaluado en una escala entre 0 y 4.

4. Conclusiones

Los entornos virtuales pueden ser evaluados desde el punto de vista de la usabilidad, de la misma forma que cualquier otro sistema. En general la percepción del estudiante frente a la utilización del entorno virtual, fue favorable, se percibió confianza por parte del estudiante al utilizar el simulador antes de llegar a usar una máquina real, de igual manera se observó que en el grupo de estudiantes que tenían familiaridad con tornos CNC reales, manifestaron que el simulador facilita tener sentido de los controles de la máquina, asimismo el ambiente de trabajo en 2D les mostró una nueva posibilidad de diseñar programas CNC y manufacturar en la máquina virtual. Algunos estudiantes se llevaron una impresión negativa de la prueba, esto se notó en aquellos que no estaban familiarizados con herramientas CAD (diseño asistido por computador) y CAM (manufactura asistida por computador) y algún tipo de ambiente virtual, esto se pudo observar en un porcentaje pequeño en varias partes de la prueba. Cuando se trabaja en ambientes de realidad virtual, se pueden recibir inmediatamente la retroalimentación acerca de las acciones que se realicen viendo al mismo tiempo si se logra lo que se desea, con la confianza que la máquina simulada e inmersa en un entorno virtual, como el torno CNC que se plantea en este proyecto esta obedeciendo al comportamiento de la máquina real, esto la convierte en una herramienta muy poderosa para el entrenamiento en manufactura. Además, este tipo de tecnologías, se vuelven un instrumento para ayudar a que las universidades pueden tener la última tecnología y los estudiantes pueden trabajar en máquinas que actualmente son de uso real. En general las ventajas que puede ofrecer investigar y desarrollar esta tecnologías son inmediatas y de gran utilidad para entrenamiento, son confiables, y es posible reproducirlas cuantas veces se requiera, igualmente las plataformas de trabajo son reutilizables, pudiendo desarrollar o actualizar las máquinas virtuales que se desarrollen.

Referencias

- Acero C. Ing.Mec.B.Sc., Rojas F. A., DrEngMec, Martha R Manrique, BSc, (2001). “Implementación de un Simulador de Procesos de Corte para Corte Ortogonal”, *IV Simposio de Automatización Industrial, Manufactura Integrada por Computador*. Bogota-Colombia.
- Antonietti A., Imperio E., Rasi C. & Sacco M.(2001). “Virtual reality and hypermedia in learning to use a turning lathe” *5- Journal of Computer Assisted Learning* 17, 142-155, 142 Ó 2001 Blackwell Science Ltd, , Catholic University of Sacred Heart, and National Research Council, Milan.
- Hidalgo M. A., Rojas F. A., Archila O.E.. (2005). “Simulador Virtual de un Torno CNC”, *7º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*, México D.F.
- ISO/FDIS 13407.(1999), “*Human-centred design processes for interactive systems*”, ISO.
- Nielsen, J. y Phillips, V.L. (1993), “Estimating the relative usability of two interfaces: Heuristic, formal, and empirical methods compared”, *Proceedings of the Association for Computing Machinery INTERCHI'93*, pp. 214-221.
- Singhal.(1999), S., Zyda, M.. *Networked Virtual Environments: design and implementation*, ACM Press.
- Stuart, R. (1995). *The Design of Virtual Environment*”, McGraw-Hill, New York.
- Valery Marinov. (2000). “A Generic Virtual Machining Process”, *Proceedings The Third World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems*, Cambridge.
- Vince, (1995), J. *Virtual Reality Systems*, Addison-Wesley.
- Ramirez Carlos A. (2001)., Fabio A Rojas M., DrEngMec “Desarrollo de simulador de procesos de mecanizado en metales”. *Proyecto de grado Universidad de los Andes*. Bogota-Colombia.
- Zeltzer, D. (1992): *Autonomy, Interaction, Presence*, Presence, Vol.1 Núm.1 , 127-32.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the papers in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.