

Entorno Virtual para la ejecución de ensayos y pruebas de ingeniería



AUTOR

Daniel Esteban Beltrán

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero en. Multimedia

Director:

Wilson Javier Sarmiento

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

PROGRAMA INGENIERIA MULTIMEDIA

BOGOTÁ, 23 JULIO 2020

Entorno virtual para la ejecución de ensayos y pruebas en ingeniería

Primera aproximación

Daniel E. Beltrán, Angelo D. Moro,
Óscar Javier Reyes Ortiz, Wilson J. Sarmiento⁴⁶

Abstract

This paper presents the first version of a virtual pavement test machine, which is a software supported virtual environment approach based on serious games. This system is inspired in a real laboratory of pavement engineering, in this way it creates scenarios in a 3D computer game engine based on engineering tests. The main target of this project is to provide an educational approach that allows the development of basic competencies in the experimental tests in the field of civil engineering. The paper presents the first stage of a work in progress, shows preliminary results of the development process that includes internal user tests.

Index Terms - Virtual environments, Engineering simulation, Pavement laboratory, Educational software

Introducción

La realidad virtual (*virtual reality*) es el nombre dado a un conjunto de técnicas y tecnologías que aproximan la visualización de objetos y acciones en un espacio

46. Grupo de Investigación en Multimedia, Laboratorio Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada

de tres dimensiones, de una manera interactiva y de forma que se aproxime a la realidad [4]. Para lograr esto, un elemento primordial es la interactividad, que permite al usuario moverse en el interior del espacio tridimensional, seleccionando y tocando los objetos virtuales representados [6].

El uso de los entornos virtuales como recurso para simular procesos en ambientes educativos y de entrenamiento ha sido una de las aplicaciones más usadas de la realidad virtual [5], [3], [2], área de la aplicación donde se enmarca este trabajo. Puntualmente, este artículo presenta los resultados preliminares de un proyecto en desarrollo, que busca usar componentes de realidad virtual para recrear algunos ensayos que forman parte de los procesos de enseñanza de la Ingeniería Civil.

El objetivo final del proyecto es diseñar alternativas que permitan a los estudiantes tener un mejor entendimiento de la manipulación correcta de una máquina de fatiga de pavimento. Adicionalmente, los laboratorios se verían beneficiados al permitir una disminución en los costos debidos al daño de las probetas por incorrecta manipulación, ya sea de la probeta misma o de la máquina. Lo anterior implica generar un entorno virtual que brinde al usuario una experiencia bastante semejante a la real.

Trabajos previos

En los últimos años se ha venido incrementando el desarrollo e implementación de tecnologías como la realidad virtual, la realidad aumentada y los entornos virtuales a procesos de enseñanza aprendizaje. Una de las ventajas que nos brinda el uso de estas alternativas es la posibilidad de sustituir o remplazar, por sustitutos digitales, algunos dispositivos reales, que son de difícil acceso, ya sea por disponibilidad, costo o ubicación, como lo afirma G. Vázquez-Mata Director de I+D+i del Centro de Simulación Médica Avanzada e Innovación Tecnológica, del Parque Tecnológico de Ciencias de la Salud. Fundación IAVANTE [8].

Lo anterior se puede evidenciar en diferentes trabajos que han propuesto y evaluado el uso de entornos virtuales para el aprendizaje de procesos prácticos educativos, como alternativa o apoyo adicional al trabajo realizado en laboratorios reales. Es el caso de un laboratorio de química en realidad virtual [1], que demostró que uno de los beneficios educativos de estas aplicaciones es una participación más activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Otro trabajo similar es el laboratorio de ingeniería de control utilizando realidad virtual en la Web, el cual integra procesos de MATLAB/SIMULINK con modelos VRML de plantas de laboratorio [7]. Otro punto a resaltar de este trabajo, es el concepto de campus virtuales de laboratorio [7]. En la medicina también se

ha evidenciado la ventaja del uso de laboratorios virtuales, conjugando equipos de robótica, realidad virtual, actores, y escenarios, para reproducir situaciones de manera muy real [8]. Esto permite que muchos estudiantes de medicina vean posibles errores mucho antes de tratar a pacientes, además esto les da una formación más amplia y una preparación diversa que les ayuda a la hora de tomar de decisiones rápidas y de alta complejidad [8].

Este trabajo en desarrollo busca replicar algunos de las experiencias de los trabajos mencionados anteriormente, pero enfatizando en los elementos narrativos, de jugabilidad y de interacción natural.

Enfoque propuesto

A continuación se describen de forma más detallada cada una de las etapas del desarrollo realizado a la fecha.

Especificación

La primera etapa del proceso de desarrollo fue la identificación de una prueba o ensayo, de especial interés para el laboratorio de pavimentos y factible de ser implementado en un entorno virtual. Como resultado de discusiones de factibilidad se decidió, para esta primera aproximación, realizar una versión digital de un ensayo de resistencia a la tracción indirecta en una mezcla asfáltica.

Figura 1.

Montaje de una probeta de mezcla asfáltica



En la foto se puede observar la probeta en forma cilíndrica ubicada en medio de las dos placas metálicas que generarán la compresión. También es posible ver el cilindro electromagnético con la celda de carga en forma de S.

El ensayo inicia con la fabricación de la probeta y la toma de sus dimensiones. La forma de la probeta depende del tipo de prueba que se desee realizar, siendo las probetas cilíndricas una de las más empleadas. Acto seguido se acondiciona a una temperatura preestablecida y se monta en la máquina para ser fallada a compresión diametral mediante el contacto de dos platinas que se desplazan a una velocidad constante. El sistema mecánico consiste en un cilindro electromagnético que en su extremo tiene una celda de carga tipo S, la cual mide la carga que resiste el material hasta llegar a la falla. En la Figura 1 se muestra el procedimiento de montaje de la probeta cilíndrica de una mezcla asfáltica.

Posteriormente, debido a la presión constante realizada, la probeta se rompe, finalizando el ensayo. Un aplicativo desarrollado en Labview permite graficar la carga y el desplazamiento, parámetros necesarios para establecer la resistencia máxima y la energía liberada en el proceso de ruptura. Es posible generar un archivo de registro (texto o Excel), el cual servirá para evaluar los materiales empleados en la fabricación de la muestra de pavimento. La Figura 2 muestra el momento en el cual una probeta se rompe por la presión mecánica generada. En este punto fue necesario definir cuáles de los procesos del ensayo se van a representar en el entorno virtual.

Figura 2.

Ruptura de una probeta de muestra asfáltica



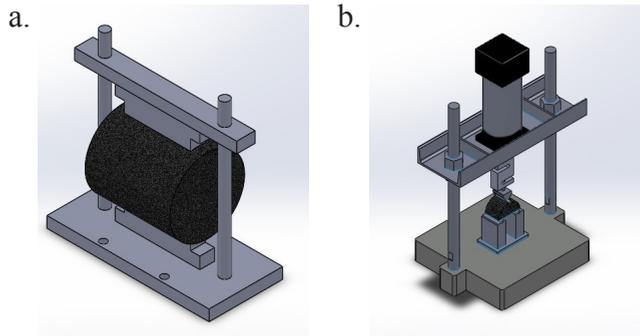
En la foto se puede ver la probeta colapsada debido a la presión mecánica recibida. Se observa que un fragmento considerable queda entre las platinas metálicas, mientras que una fracción grande y otras más pequeñas caen a la mesa donde se realiza la prueba.

Desarrollo del entorno virtual

El desarrollo de la aplicación sigue una metodología de prototipos incrementales, donde cada prototipo proporciona funcionalidad específica de la aplicación la cual puede ser sometida a pruebas internas del equipo de desarrollo. Con los

problemas observados se diseña un nuevo prototipo que corrige o extiende la funcionalidad el prototipo anterior. A continuación se describe de forma general los pasos usados en el diseño y desarrollo de cada uno de estos prototipos, los de la probeta de mezcla asfáltica en las platinas metálicas, ya que este procedimiento es en el que más erran los estudiantes, según se reporta en el laboratorio de pavimentos de la universidad.

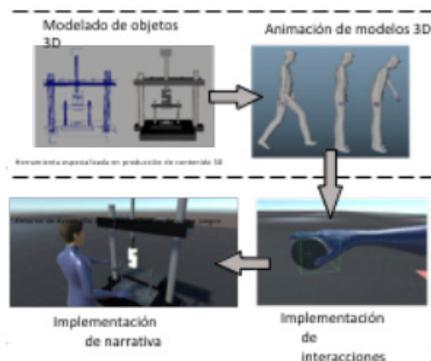
Figura 3.
Piezas modeladas en 3D



En (a) se observa un detalle de las platinas metálicas y una probeta entre ellas. En (b) se muestra el modelo completo de la máquina. Se puede observar la probeta ubicada en las dos platinas, el cilindro electromagnético y la celda de carga en forma de S.

Este proyecto se decidió enfatizar en el proceso de montaje cuales están diagramados en la Figura 4.

Figura 4.
Diagrama del procedimiento general para el desarrollo de un prototipo



Las líneas punteadas representan las herramientas usadas para cada paso. En los dos primeros pasos se debe utilizar herramientas especializadas en producción 3D, mientras que en los dos últimos pasos se usan herramientas de desarrollo de software.

El primer paso es generar un conjunto de modelos y animaciones 3D en un software especializado para dicho fin. En este caso se escogió usar Autodesk Maya versión estudiantil, debido al carácter académico del proyecto. Se inició por el diseño y modelado de un avatar que cumpliera con los requisitos óptimos para la aplicación, como son, poligonización de bajo nivel y un esqueleto (rig) que permita una adecuada interacción. Después, se modeló el escenario de contexto, en este caso una representación de un laboratorio de pavimentos. El objetivo es que el ambiente permita una mejor inmersión del usuario al ubicarlo en un espacio 3D que recree el contexto de un laboratorio real. Por último, fue necesario modelar la máquina de fatiga de pavimento. Se usó como referencia los planos CAD suministrados por el laboratorio de pavimentos de la Universidad. Para el modelado se utilizó una metodología básica de extrusión a partir de una caja o primitiva inicial. En todo instante del modelado se tuvo en cuenta las dimensiones de cada uno de sus componentes. La Figura 3 muestra los modelos 3D finales de la máquina de fatiga, donde se observa que se diseñó conservando los detalles de la maquina real, la cual se observa en la Figura 2.

Una vez se tienen todos los modelos 3D terminados, se procede a crear las animaciones pertinentes, como, avatar caminando, avatar tomando la probeta, máquina de pavimentos ejerciendo presión, entre otros.

Finalizado el proceso de construcción de los recursos 3D, estos se incorporan en un motor de videojuegos. Para esta parte del proceso se usó Unity3D versión 5,3,5f 1, donde la principal razón por la que se desarrolló el prototipo en este software fue porque su curva de aprendizaje es muy baja, lo que optimiza tiempo en el desarrollo.

Otra de las ventajas del entorno de desarrollo elegido es la fácil conexión con hardware especializado para realidad virtual, el cual será usado en las futuras etapas de este proyecto. Por ejemplo, el entorno de desarrollo ofrece soporte para el casco de realidad virtual (Headmounted Display) Oculus Rift, dispositivo que permite una adecuada inmersión visual. También se planea incluir un sensor de movimiento Leap Motion, también soportado por el entorno de desarrollo, que permite seguir las posiciones de manos y antebrazos en tiempo real, y mapear sus movimientos en el avatar, con el fin de permitir una interacción natural con el ambiente.

Para el desarrollo del prototipo es considerar dos componentes, los elementos de interacción con el ambiente y la narrativa de proceso (ver *Figura 6*). Entre los elementos de interacción que se deben considerar están, colisiones entre objetos, algunas simulaciones físicas para enriquecer la jugabilidad y la repro-

ducción de las animaciones. En cuanto a los procesos de narrativa, es necesario implementar toda la lógica del proceso de interacción con la máquina de fatiga, siguiendo las indicaciones suministradas por los expertos del laboratorio de pavimentos. Es importante incluir en la jugabilidad del sistema la posibilidad de errar y corregir, como instrumentos necesarios y fundamentales del proceso de enseñanza aprendizaje.

A continuación, se describe de forma general la narrativa y jugabilidad el prototipo. En primer lugar, se le permite al usuario explorar el entorno 3D, de forma que sienta cómodo y reconozca el entorno en el que él se encuentra. La Figura 5 muestra la vista inicial del usuario, donde puede visualmente explorar el espacio de trabajo.

Figura 5.
Vista general del ambiente 3D

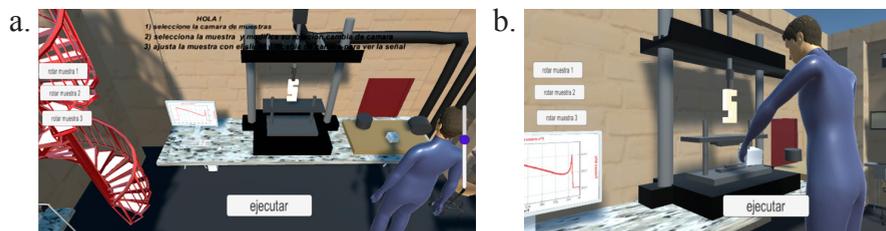


En la foto se observa una panorámica de un laboratorio, con una mesa de trabajo en el fondo.

Paso seguido, el usuario tiene la posibilidad de aproximarse a la mesa de trabajo. Una vez ubicado el usuario en el espacio de trabajo, el usuario podrá tomar una probeta, para luego ubicarla en la máquina. Es necesario aclarar que estos puntos son claves para el proceso de aprendizaje de operación de la máquina de fatiga. Primero, el usuario podrá elegir entre tres tipos de probetas, las cuales deben ser ubicadas de forma adecuada en la máquina. Para esto, el usuario podrá rotar la probeta sobre el soporte. La Figura 6 muestra los puntos señalados, en (a) se observan las diferentes probetas que el usuario puede elegir, en (b) se muestra al usuario ubicando la probeta en la platina.

Una vez el usuario finaliza la ubicación de la probeta, está ajustada por el marco de la carga y la simulación del proceso visual del proceso de fatiga inicia.

Figura 6.
Elementos narrativos y de jugabilidad del prototipo



En (a) se observa al usuario ubicado para elegir la probeta para la prueba, la cual debe corresponder al experimento que desea realizar. En (b) se observa el momento en que el usuario ubica la pieza entre las platinas de la máquina y puede elegir la rotación de misma.

Por último, los resultados gráficos de los experimentos son mostrados en la pantalla de computador del laboratorio. En este instante, el estudiante sabrá si realizó de forma adecuada el experimento y en qué punto falló.

El experimento se haya realizado de forma adecuada, podrá revisar los datos experimentales para su análisis.

Es muy importante que el prototipo garantice una coherencia visual (inmersión) con la narrativa, con el apoyo de los elementos de interacción y de producción 3D. Por ejemplo, cuando él se dirige a la máquina, una animación de caminado debe ser reproducida; cuando toma una probeta, el objeto colisiona y es ubicado sobre la mano del usuario. Otro aspecto a considerar es la ubicación de la cámara con la finalidad de que el usuario observe el proceso de forma adecuada y generar una correcta inmersión.

Es necesario aclarar que el prototipo actual no cuenta con elementos de realidad virtual, por lo tanto, algunos de los procesos son asistidos por elementos gráficos, como botones, deslizadores y menús, como se observa en las figuras 5 y 6. Además, muchos procesos son asistidos/predefinidos, como las posibles rotaciones de la muestra sobre el soporte.

Resultados y conclusiones preliminares

En el estado actual del proyecto, los prototipos desarrollados han sido sometidos a pruebas internas del equipo, que incluye tanto personal de desarrollo, como los expertos del laboratorio de pavimentos. El prototipo presentado en este artículo fue probado en una estación de trabajo MSI GE60 2PL Apache con un procesador Intel (R) Core (R)i7-4720HQ CPU 2.60GHz; 8 Gbytes

de memoria RAM DDR3 funcionando bajo Windows 10 Pro de 64-bits como sistema operativo.

Entre los hallazgos identificados en el proceso de desarrollo se encuentran la necesidad de mantener una calidad este 'tica del entorno y de los objetos, para que haya consistencia en la escena y no se pierda la conexión de la persona con la experiencia interactiva. Otro aspecto importante, son los elementos de interacción y narrativos, que deben ser coherentes y reflejar de mejor forma el proceso que sucede en un laboratorio real. Los siguientes pasos del desarrollo incluyen pruebas de usabilidad, antes de inicial a desarrollar los elementos de realidad virtual, con el fin de validar la narrativa general y los elementos de interacción. También se planea mejorar la interfaz gráfica para que al usuario se le facilite seguir la narrativa.

Como ultima anotación, es necesario aclarar que tanto el prototipo actual como el proyecto final, pretender ser una aproximación a la maquina real, por lo tanto, no se simulara´ la física de la fatiga de la pieza, solo la hara´ una simulación visual que permita al usuario comprender el funcionamiento de la máquina.

Referencias

- [1] J. Georgiou, K. Dimitropoulos, and A. Manitsaris. A virtual reality laboratory for distance education in chemistry. *International Journal of Social Sciences*, 2(1):34–41, 2007.
- [2] C. González-González, P. Toledo-Delgado, C. Collazos-Ordoñez, and J. L. González-Sánchez. Design and analysis of collaborative interactions in social educational videogames. *Computers in Human Behavior*, 31:602– 611, feb 2014.
- [3] F.-C. Kao, C.-H. Wang, T.-H. Huang, and W.-Y. Chang. The Design of 3D Collaborative Learning System with Embedded Broker. In *Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education ICCE 2009*, pages 366–370, Hong Kong, 2009. Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- [4] R. B. Loftin, M. Engleberg, and R. Benedetti. Applying virtual reality in education: A prototypical virtual physics laboratory. In *Virtual Reality, 1993. Proceedings., IEEE 1993 Symposium on Research Frontiers in*, pages 67–74. IEEE, 1993.
- [5] M. Okada, H. Tarumi, T. Yoshimura, and K. Moriya. Distributed virtual environment realizing collaborative environmental education. *SIGCUE Outlook*, 27(3):16–26, 2001.
- [6] C. Schmid. A remote laboratory using virtual reality on the web. *Simulation*, 73(1):13–21, 1999.

- [7] C. Schmid. A remote laboratory using virtual reality on the web. *Virtual Reality on the Web*, 1(1):1–2, 1999.
- [8] G. Vázquez-Mata. Virtual reality and simulation in the training of medical students. *Educación Médica*, 11:29–31, 2008.