

Metodología de Desarrollo Evolutivo de Escenarios Tridimensionales para la Creación de una Visita Virtual para el Centro Universitario UAEM Ecatepec

Alejandra Morales^{*§}, Laura E. Alvirer^{*}, Cuauhtémoc Hidalgo^{*}, Juan J. Amador^{*}, Jorge A. Zúñiga^{*}, Christian Mejía^{*}

Fecha de Recibido: 12/12/2014

Fecha de Aprobación: 18/02/2015

Resumen

Actualmente, uno de los medios de comunicación claves para acceder al público en general es el uso de las tecnologías de información y comunicación dentro de las cuales se encuentra la Realidad Virtual, que ha sido utilizada para desarrollar entornos virtuales como una alternativa novedosa de difusión a través de la Web. Es por ello, que en esta investigación se propone y se aplica una metodología para el desarrollo de escenarios tridimensionales para la creación de una visita virtual: caso Centro Universitario UAEM Ecatepec. Esta metodología con características evolutivas permite la eliminación de errores y alternativas no atractivas al comienzo del proyecto; la entrega de productos intermedios operacionales que se pueden ir refinando en cada iteración; logrando de esta manera, crear visitas virtuales de una forma organizada en lapsos de tiempo estimado, manteniendo colaboración y tomando en cuenta los puntos de vista de los integrantes del proyecto, el cliente y/o usuarios.

Palabras clave: *Realidad virtual, Metodología evolutiva, Visita virtual, Escenarios tridimensionales.*

Abstract

Currently one of the most important ways to communicate is the use of Information and Communication Technologies, such as Virtual Reality that is being used to develop virtual environments as a new communication alternative. Thus, the present research proposes and applies a methodology for developing three-dimensional virtual tour scenarios. Case: Centro Universitario UAEM Ecatepec. The evolving characteristics of this methodology allows the

^{*} Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Ecatepec, José Revueltas # 17, Col. Tierra Blanca, Ecatepec, C.P. 55020, Estado de México, México, {amoralesr, lealviterr, chidalgoc}@uaemex.mx {jamadorr756, jzunigao106, cmejia080}@alumno.uaemex.mx

[‡] Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

debugging and put-out of inefficient alternatives at the beginning of the project, also launch the presentation of operational intermediate products which can be improved in each iteration, thereby achieving the creation of a virtual tour in an organized way and in estimated time lapses, with the collaboration and consideration of project team member, client and users' opinions.

Keywords: *Virtual reality, Evolutionary methodology, Virtual tour, Three-dimensional scenes.*

1. Introducción

Hoy en día, con la aparición de las nuevas tecnologías emergentes, una gran cantidad de conocimiento se ha generado; la forma de llevar a cabo actividades y funciones se ve alterada, por ejemplo el crecimiento de las computadoras con grandes alcances en capacidades de graficación, ha permitido la incorporación de nuevas tecnologías de visualización y modelación como la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) [1].

La RV se define como una tecnología que permite la creación de escenarios tridimensionales e interactivos a través del uso de medios electrónicos [2]. Estos entornos pueden simular de manera completa y parcial un ambiente (situación) real o ficticio [2] [3]. La RV se clasifica según sus métodos de visualización en: a) RV inmersiva, que ofrece al usuario la sensación de estar dentro de un ambiente virtual [4] e implica un alto grado de interactividad y dispositivos periféricos de alto costo como son cascos, guantes, visores y otros accesorios para el cuerpo [5]; y b) la RV no inmersiva, en la que el usuario puede explorar diversos ambientes de manera más sencilla, haciendo usos de dispositivos de hardware común como el *mouse*, monitor y teclado.

Adicionalmente, la RV posee tres características fundamentales frente a las animaciones 3D tradicionales que son: tiempo real, inmersión e interacción. El tiempo real consiste en permitir al usuario elegir la dirección hacia dónde moverse en el interior del sistema o hacia dónde dirigir la mirada [6]. La inmersión consiste en la capacidad del sistema de estimular los sentidos del usuario, es decir, la sensación de estar experimentando el ambiente y no simplemente observándolo. Finalmente, la interacción implica la posibilidad de tener control sobre el sistema creado y, por ende, que los cambios producidos en el mundo virtual dependan del usuario y no de una programación previa [7]. Por ejemplo, si el usuario quiere mover un objeto de lugar, este último debe poseer atributos que le permitan cambiar de posición dentro del espacio tridimensional representado.

Dichas características han permitido que la RV ofrezca beneficios significativos en diversas áreas como el entretenimiento, la enseñanza,

la formación [5] [8] la capacitación, el diseño [4], la terapia [9] [10], la difusión turística [11] y la divulgación académica [1] [12] [13].

En cuanto a entornos virtuales desarrollados con RV enfocados a la difusión, se pueden distinguir los siguientes trabajos: Desarrollo de un entorno virtual tridimensional (3D) como herramienta de apoyo a la difusión turística de la zona arqueológica de Teotihuacán [11]; Recorrido inmersivo del Palacio de Minería [14]; Vista virtual al Palacio de Bellas Artes de la Ciudad de México [15]; Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con Realidad Virtual [1], Realidad virtual en el Museo Digital Olímpico [16] y Ala delta virtual sobre Río de Janeiro [17].

Sin embargo, para nuestro conocimiento, en México son pocos los trabajos que se han creado con RV en el área de difusión, debido a que se le ha dado mayor énfasis a la tecnología 360 para el desarrollo de visitas virtuales a museos, sitios arqueológicos y ciudades [18] aunque en comparación con la RV, esta solo incluye panorámicas de fotografías esféricas o páginas web estándar con animaciones flash y no otorga a los usuarios la libertad de exploración e interactividad.

Dado el escenario anterior, se observó que existe la oportunidad de aprovechar las fortalezas que ofrece la RV para crear visitas virtuales. Para lograr esta tarea, se analizaron las características y debilidades de las metodologías evolutivas de desarrollo de software, con la finalidad de encontrar un conjunto de pasos adecuados que permitan a los profesionales interesados en esta área, desarrollar visitas virtuales como herramientas para apoyar y en su caso mejorar la difusión de algún espacio.

Por lo anterior, el objetivo del presente proyecto es proponer e implementar una metodología de desarrollo de escenarios tridimensionales para la creación de una visita virtual que sirva como herramienta novedosa para la difusión del Centro Universitario UAEM Ecatepec, que les ofrezca a los usuarios a través de un ordenador con conexión a Internet, un primer acercamiento a las diferentes áreas académicas y de servicios con las que cuenta dicha institución.

2. Metodología para la Creación de una Visita Virtual

En el presente apartado se propone una metodología para la creación de una visita virtual basada en escenarios tridimensionales, producto de la recopilación de experiencias en el desarrollo de sistemas virtuales inmersivos y de la consideración de los principios que se encuentran establecidos en los métodos de procesos evolutivos de desarrollo de

software, específicamente del modelo en espiral, debido a que se deduce que este método permite el desarrollo de productos intermedios completamente operacionales que pueden ponerse en consideración del cliente a fin de ir refinándolos en cada iteración.

Por tanto, la metodología propuesta se considera adecuada para el desarrollo de entornos tridimensionales, donde se comprende bien el conjunto de requerimientos básicos pero los detalles del producto o extensiones aún están por definirse, lo cual permite la eliminación de errores y alternativas no atractivas al comienzo del proyecto.

El objetivo principal de esta metodología (Fig. 1) es contar con un conjunto de actividades estructuradas que posibiliten a los diseñadores y desarrolladores de escenarios tridimensionales ir refinando el producto en la fase de desarrollo a través de la colaboración y el punto de vista de los integrantes del proyecto, clientes y/o usuarios; logrando así, que estos escenarios virtuales evolucionen a la par junto con la infraestructura tecnológica y su conclusión en el tiempo estimado.

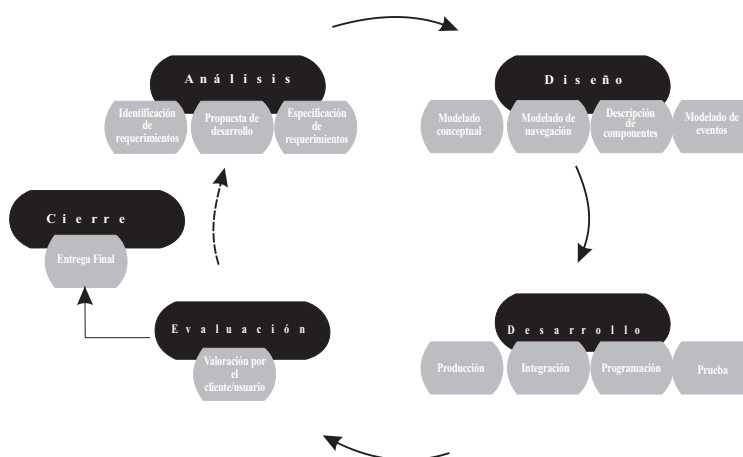


Fig. 1. Metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales.

A continuación se describen las fases y actividades correspondientes a la metodología propuesta:

2.1 Fase de Análisis

La finalidad de esta fase es tener una perspectiva clara del contexto en el cual se va a enfocar la visita virtual. Para lo cual, es necesario definir y comprender las necesidades del cliente a través de tres actividades: identificación de requerimientos, propuesta de desarrollo y especificación de requerimientos.

- **Identificación de requerimientos.** Se analiza el caso planteado por el cliente para visualizar las necesidades que deberán ser cubiertas por el producto a desarrollar.
- **Propuesta de desarrollo.** En esta actividad, se forjan diferentes planes factibles de desarrollo que cubran las necesidades del cliente y cumplan con las restricciones establecidas de presupuesto y tiempo.
- **Especificación de requerimientos.** Con base en la información obtenida en las actividades anteriores, se crea la documentación que especifica de forma clara cuáles serán los alcances, atributos, requerimientos y limitantes del producto a desarrollar, es decir, los requerimientos funcionales y no funcionales del producto.

2.2 Fases de Diseño

En esta fase se crean los modelos conceptuales y se definen las características explícitas e implícitas de cada uno de los componentes (espacios arquitectónicos, objetos, personajes, escenarios, secuencias de audio y video) que conformaran la visita virtual.

- **Modelado conceptual.** Partiendo de la información generada en la fase anterior, el cliente en conjunto con el equipo de diseñadores crean el concepto (modelos o bocetos) que serán la base para desarrollar los escenarios tridimensionales que conformarán la visita virtual.
- **Modelado de Navegación.** Aquí se define la forma en que el usuario podrá recorrer e interactuar con los elementos que componen la visita virtual, así como la técnica de representación que se utilizará (tipo de vista del usuario: primera persona o tercera persona).
- **Descripción de componentes.** Su propósito es hacer una descripción detallada de los elementos que integraran la visita virtual para identificar sus características físicas particulares, el tipo de interactividad, su comportamiento dentro de los escenarios y la técnica de modelado que será utilizada para su desarrollo. Para ello, se recomienda el uso de tablas de descripción de componentes, las cuales servirán para que los modeladores tridimensionales puedan revisar de manera inmediata los principales atributos que conforman cada elemento (Tabla 1).

Tipo de plantilla		Descripción de objetos de ambientación					
Identificación	Objeto	Características				Cantidad	Escenario
		Color	Forma	Textura	Medidas		
O 001							
O 002							
Nota: 0 = Objeto ; conviene distinguir que solo se describe la tabla de objetos de ambientación, sin embargo, cada tipo de componente tiene sus propios atributos.							

Tabla 1. Descripción de componentes.

- **Modelado de Eventos.** En esta actividad se detallan los sucesos que serán detectados durante la visita virtual y las acciones correspondientes que los usuarios, los objetos, y/o entornos deberán realizar. Es prudente advertir que si se desea un alto nivel de inmersión el modelo de eventos será más complejo.

2.3. Fase de Desarrollo

El objetivo de esta fase es construir el producto. Para ello, se trabaja de forma iterativa e incremental para lograr una versión ejecutable de los escenarios de la visita virtual al finalizar cada iteración; cabe resaltar que si los elementos desarrollados no cumplen con los criterios establecidos se podrá retornar a las actividades anteriores con el objetivo de modificar los errores.

La fase de desarrollo deberá seguir una secuencia de actividades que se muestran en la Fig. 2 y se puntualizan a continuación:



Fig. 2. Fase de desarrollo.

2.3.1 Producción de Componentes

Con el uso de herramientas de software para modelado tridimensional se crean los espacios arquitectónicos, objetos, personajes y terrenos que integran los escenarios la visita virtual, así como los materiales y texturas que serán aplicados a los componentes tridimensionales a fin de aumentar su realismo. De igual modo, se desarrollan las secuencias de audio y video necesarias para complementar la representación de la información deseada.

2.3.2 Animación e Integración

En lo que respecta a la actividad de animación se producen secuencias de movimiento, cambio de posición o transformación de parámetros de los componentes según los modelos de navegación y eventos. Posteriormente, en la etapa de integración todos los componentes

tridimensionales, secuencias de audio y video son incorporados en los escenarios o ambientes virtuales.

2.3.3 Programación

Con la información proveniente de la etapa de diseño, se codifican y/o editan los eventos que disparan las acciones de respuesta establecidas para cada uno de ellos.

2.3.4 Pruebas

Una vez finalizada cada iteración, se verifica el funcionamiento y la integración de los componentes tridimensionales con la finalidad de obtener información útil, en aras de mejorar el producto en aquellos aspectos concernientes a los parámetros funcionales que fueron establecidos en las fases de análisis y diseño.

2.4 Fase de Evaluación

Valoración por el cliente/usuario. Cuando se considera que los componentes desarrollados se han integrado de manera adecuada en cada escenario y que estos conforman de manera coherente la representación virtual del espacio real establecido, el producto es considerado como versión Alfa, la cual debe ser puesta a consideración del cliente a fin de confirmar que cumpla con los requerimientos planteados al inicio del proyecto.

Finalmente, la retroalimentación del cliente dará como resultado una versión Beta del producto, que se pone a consideración del usuario con pocos conocimientos acerca de la navegación en entornos virtuales, para valorar algún fallo no conocido por el equipo de desarrollo; con la finalidad de que el producto pueda ser liberado.

2.5 Fase de Cierre y Entrega Final

En esta fase se entrega la versión final de la visita virtual, lista para implementarse en un ambiente con usuarios y condiciones reales, la cual puede ser susceptible de recibir un plan de mantenimiento y/o actualización de contenidos o componentes según los acuerdos trazados con el cliente.

3. Aplicación de la Metodología para la Creación de una Visita Virtual

A continuación se describen las actividades llevadas a cabo durante el desarrollo de la visita virtual utilizando la metodología propuesta en la presente investigación.

3.1 Fase de Análisis

En esta fase se realizaron tres actividades: a) *Identificación de requerimientos*. Se determinó que el área de oportunidad para atender dentro de la institución, se encuentra en el departamento de difusión y está relacionada con la falta de herramientas tecnológicas que podrían ayudar a mejorar y ampliar la difusión, para que personas externas interesadas en el Centro Universitario conozcan las diferentes áreas académicas y de servicios que lo conforman. b) *Propuesta de desarrollo*. Tomando en cuenta las herramientas tecnológicas que existen hoy en día se propusieron diferentes alternativas de desarrollo entre las cuales destacan: las aplicaciones multimedia, 360 y RV. Después de analizar las ventajas y desventajas de cada una de estas opciones se concluyó que la RV es la adecuada para la elaboración de la visita virtual. Y por último, c) *Especificación de requerimientos*. Para puntualizar la descripción funcional y/o restricciones que debe satisfacer la visita virtual se realizó la Tabla 2.

Descripción general del producto		Representación virtual tridimensional del campus “Centro Universitario UAEM Ecatepec”, de la Universidad Autónoma de Estado de México.	
Objetivo:		Presentar información sobre las instalaciones y servicios que ofrece la institución a los aspirantes y alumnos, mediante un recorrido virtual, montado en el sitio Web del Centro Universitario.	
Requerimientos			
No.	Descripción	Funcional	No funcional
1	La visita virtual debe contar con características que le permitan al usuario acceder a él, desde cualquier equipo de cómputo que tenga acceso a Internet.	X	
2	La ejecución y navegación de la visita debe ser compatible con los exploradores web más populares.		X
3	La representación virtual de los espacios abiertos y arquitectónicos que componen el campus no será altamente inmersiva. Es decir, para su visualización será necesario utilizar dispositivos periféricos de bajo costo.	X	
4	La información de los servicios y la descripción de los departamentos serán presentadas en formato de texto, mediante una interfaz de lectura.	X	
5	La navegación en el recorrido virtual será a través de los controles básicos del mouse (scroll y botón primario) y teclado (flechas de dirección).		X
6	Se agregaran personajes humanoides solo como elementos de ambientación.	X	
Nota: En esta tabla solo se presenta un extracto de la descripción funcional y no funcional de la visita virtual.			

Tabla 2. Especificación de requerimientos.

3.2 Fase de Diseño

Modelado conceptual. Se crearon los modelos de la visita virtual, estableciendo que el recorrido virtual debe ser por estaciones

(escenarios), las cuales indican los lugares más representativos del Centro Universitario (Fig. 3).

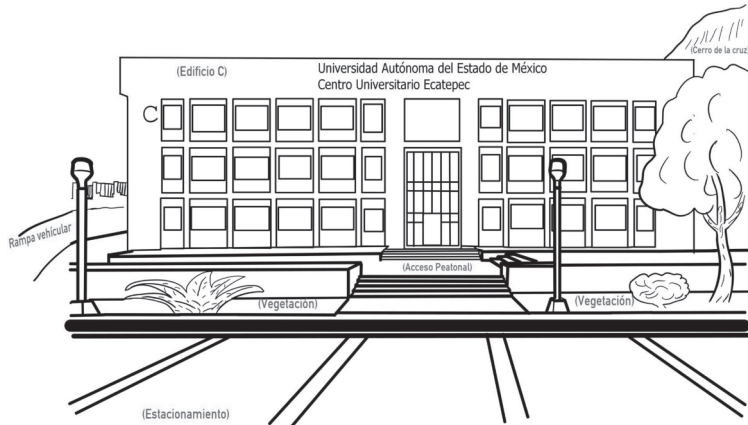


Fig. 3. Modelo del escenario del Edificio C.

Modelado de navegación. En la siguiente estructura de navegación se muestra la forma en que estarán organizados e interrelacionados los escenarios, así como, la ubicación inicial de donde partirá el usuario y el punto de vista (en primera persona) que tendrá durante el recorrido de la visita virtual (Fig. 4).

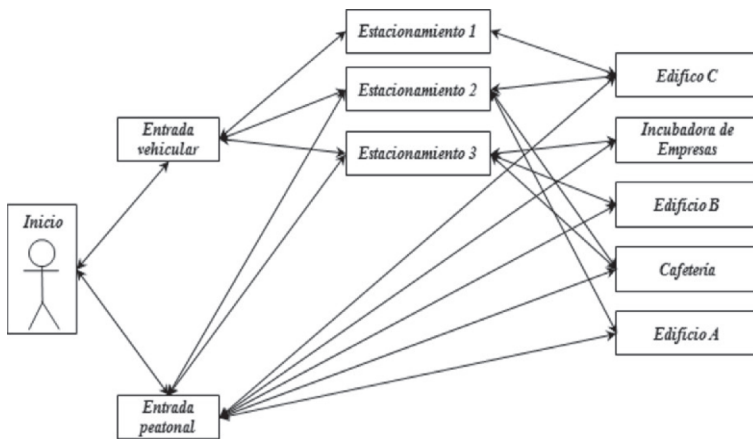


Fig. 4. Modelo de Navegación.

Descripción de componentes. Se diseñaron tablas de descripción para cada componente, debido a que cada uno de ellos tiene sus propios atributos. Por ejemplo, la Tabla 3 hace referencia a los objetos de ambientación y la Tabla 4 a los personajes, por mencionar algunas.

Tipo de plantilla		Descripción de objetos de ambientación					
Identificación	Objeto	Características				Cantidad	Escenario
		Color	Forma	Textura	Medidas		
O-001	Escritorio	Café	Cuadrado	Madera	Alto: 1.20 mts. Ancho: 1.42 mts.	1	
O-002	Puerta	Café	Rectangular	Madera	Alto: 2.30 mts. Ancho: 92 cm.	25	Edificio C

Nota: 0 = Objeto de ambientación

Tabla 3. Tabla de descripción de objetos de ambientación.

Tipo de plantilla		Identificación de personajes de ambientación						
Identificación	Descripción							
	Sexo	Edad	Cabello	Complexión	Color de piel	Color de ojos	Vestimenta	Evento
P-001	Hombre	19	Corto, lacio y negro	Delgado	Moreno claro	Café oscuro	Playera de manga larga color verde y pantalón café	Caminando dentro del entorno del Edificio A
P-002	Mujer	21	Castaño y largo a la altura de los hombros	Delgada	Moreno claro	café oscuro	Blusa amarillo claro y pantalón de mezclilla azul.	Sentada en la explanada del Edificio A

Nota: P = Personaje de ambientación

Tabla 4. Tabla de descripción de personajes de ambientación.

Modelado de eventos. Un evento involucra cambios en el objeto sobre el que se aplica, es decir, se producen cambios en uno o más de los atributos que están contenidos en él. Estos cambios pueden ser de posición, presentación y sonido. Dentro de la visita virtual se crearon eventos externos, como por ejemplo clic con el *mouse* para activar la presentación de la información de las diferentes áreas académicas y de servicios; y eventos internos como la detección de colisiones.

3.3. Fase de Desarrollo

En esta fase, la visita virtual se generó a través de las cuatro actividades mencionadas en la Fig. 2, dentro de las cuales hubo una serie de iteraciones que permitieron obtener productos intermedios y corregir diferentes errores.

3.3.1 Producción de Componentes

A partir de la descripción general de la tabla de requerimientos a través de los programas AUTOCAD 2012, 3D Studio Max 2009 y ICLONE REALLUSION se construyeron los modelos tridimensionales de los espacios arquitectónicos (Fig. 5), objetos (Fig. 6) y personajes (Fig. 7). Paralelamente, con *Adobe Photoshop* se crearon y editaron los materiales, mapas y texturas (Fig. 8) que fueron asignados (Fig. 9 y Fig. 10) a cada componente para lograr un aspecto realista.

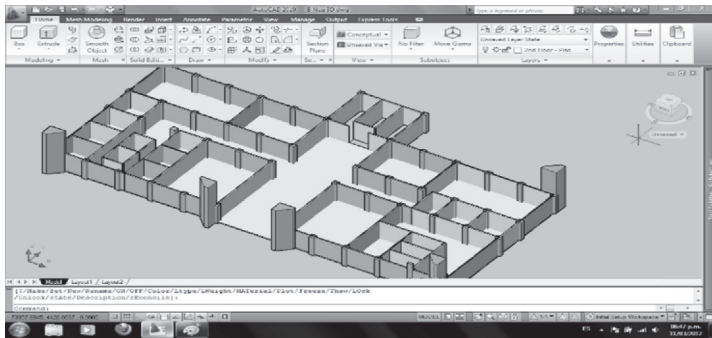


Fig. 5. Espacios arquitectónicos.

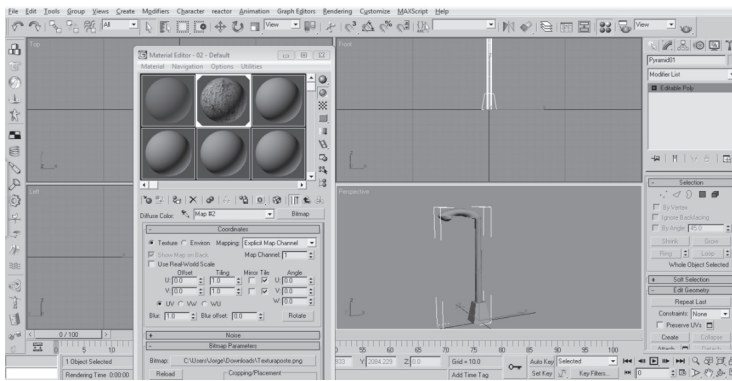


Fig. 6. Objetos.



Fig. 7. Personajes.

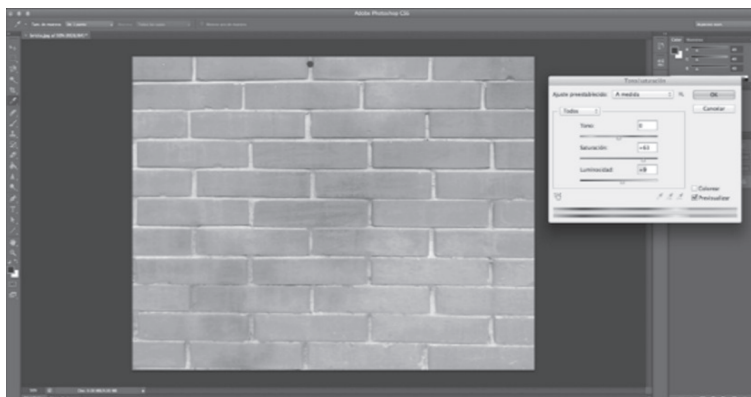


Fig. 8. Texturas.

Cabe señalar que para preservar la compatibilidad de tamaño entre los componentes se tomó en cuenta la optimización del número de polígonos que forman cada objeto y su escala dimensional. Además, para obtener mejores resultados de los equipos de cómputo utilizados en el proceso de modelado tridimensional se decidió trabajar cada objeto de manera independiente.

Por otro lado, para el modelado de los personajes se tomaron fotografías de algunos estudiantes (Fig. 11 y Fig. 12) para que concordaran con el contexto regional y universitario, por lo que estos responden a características (complexión, color de piel, estatura, etc.) propias de los jóvenes mexicanos.

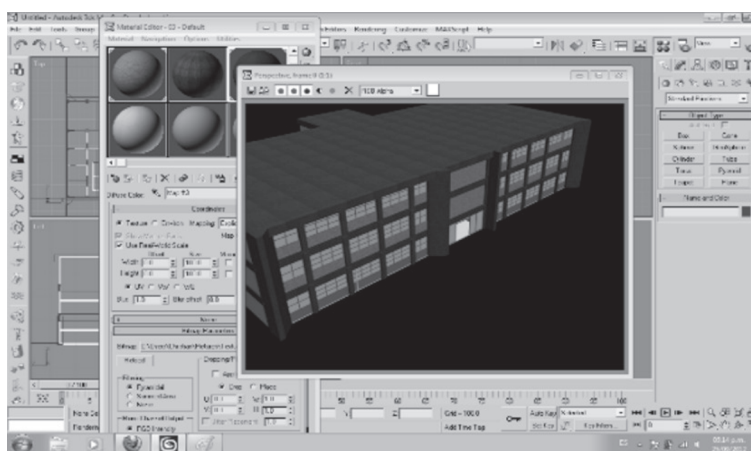


Fig. 9. Asignación de materiales “Edificio C”.

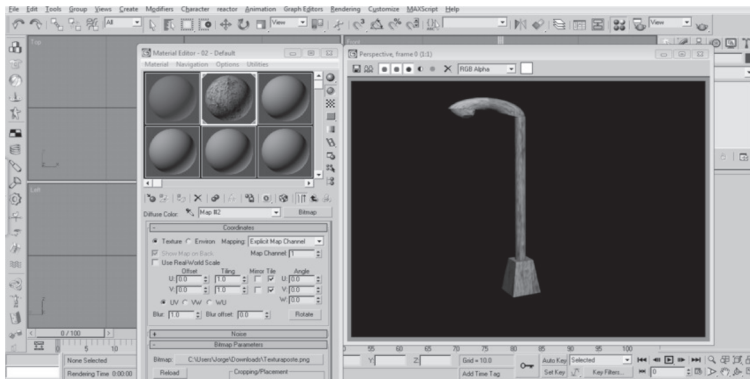


Fig. 10. Asignación de materiales “Lámpara”.



Fig. 11. Modelado de personajes 1.

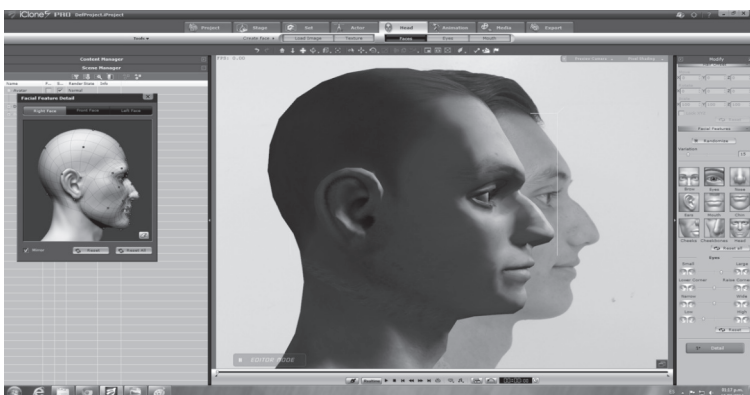


Fig. 12. Modelado de personajes 2.

Una vez terminado el personaje se exporta a una escena en *Marvelous Designer* para crear, texturizar y asociar su vestuario (Fig. 13). Posteriormente, se envió al entorno de trabajo de 3D Studio Max para asignarle una estructura ósea de acuerdo con su forma y dimensiones (Fig. 14).

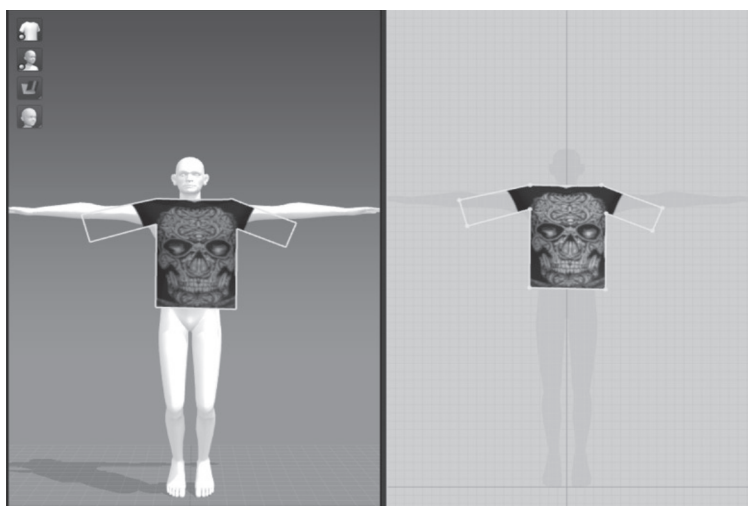


Fig. 13. Creación, texturización y asociación de vestuario.

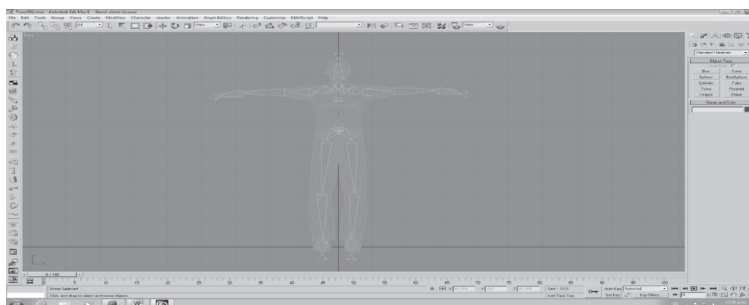


Fig. 14. Definición de estructuras óseas.

3.3.2 Animación e Integración

Para crear las animaciones de los personajes se consideró la conducta y el comportamiento definidos en la fase de diseño. Para ello, primeramente se insertaron puntos de anclaje (Fig. 15) con *iClone 3DXchange* para manipular y deformar la malla que integra a cada individuo y más adelante con el sensor KINECT de MICROSOFT y con MOCAP PLUG-IN de *iClone* se capturaron y se grabaron los movimientos para ser asignados a cada personaje (Fig. 16, Fig. 17 y Fig.18).

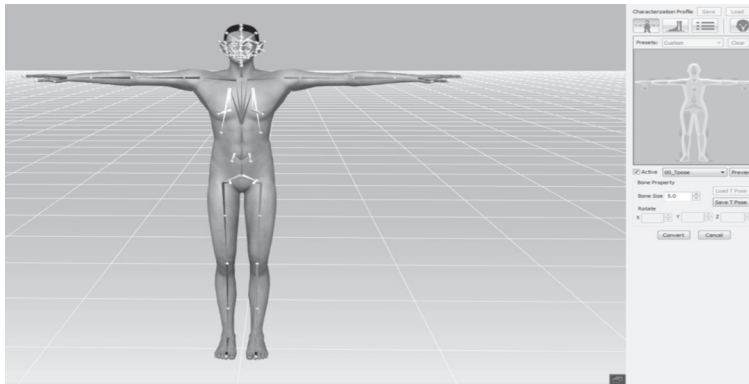


Fig. 15. Asignación de puntos de control.



Fig. 16. Captura de movimiento.

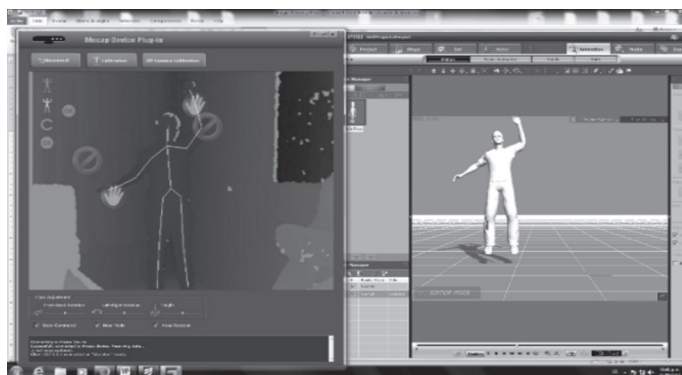


Fig. 17. Grabación de movimiento.

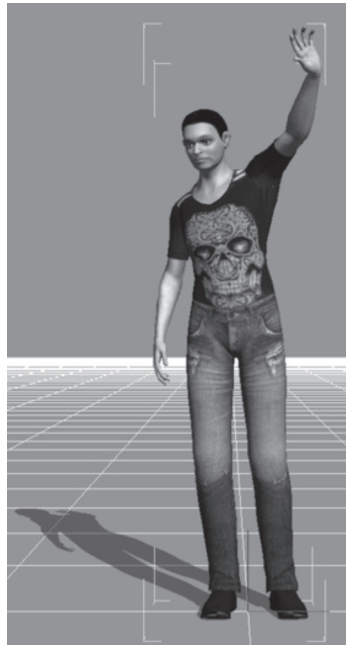


Fig. 18. Personaje animado.

Finalmente, se integran todos los componentes dentro del motor de representación de tiempo real de escenarios tridimensionales (Fig. 19 y Fig. 20) *Unity Pro*, que tiene la ventaja de gestionar de manera adecuada los recursos de cómputo sin la necesidad de sacrificar la calidad de representación de los gráficos. Además, provee un modelo de interacción con el usuario basado en sensores y efectores comunes (teclado, *mouse*, *joystick*, monitores de computadoras, etc.), y sofisticados (sensores de movimiento, guantes para manipulación de objetos virtuales, lentes de visión estereoscópica con seguimiento de movimiento de cabeza, etc.).

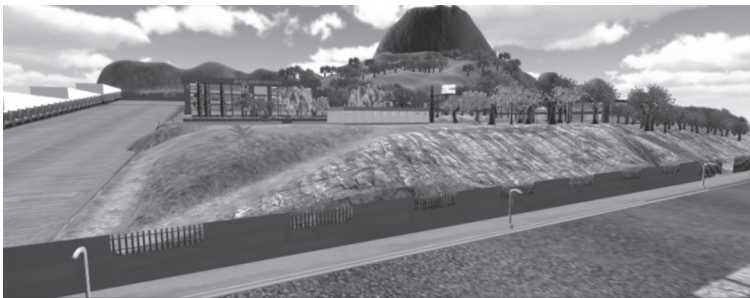


Fig. 19. Grabación de movimiento.



Fig. 20. Personaje animado.

3.3.3 Programación

En esta actividad se crearon y/o editaron los *scripts* en JavaScript (Fig. 21) y en C# (Fig. 22) necesarios para producir los eventos descritos en etapas anteriores.

```
Using UnityEngine;
using System.Collections;

public class Chuck: MonoBehaviour { //CLASE
COMPORTAMIENTO DE CONTEXTO

    public Animator _animChuck;
    public bool _entrarChuck; // INSTANCIA AL
PARÁMETRO BOOL

    void OnTriggerEnter (Collider other) // DENTRO DEL
COLISIONADOR
    {

        if (other.CompareTag ("Player")) // COMPARAR TAG, y
reconocer PLAYER
        {
            Debug.Log ("Entre"); // MUESTRA EN CONSOLA
ENTRE

            _animChuck.SetBool ("entrar", true); //
REPRODUCE ANIMACION DE TRANSICION SI EL
PARAMETRO ENTRAR ES VERDADERO
        }
    }

    void OnTriggerExit (Collider other) // FUERA DEL
COLISIONADOR
    {
        if (other.CompareTag ("Player")) // COMPARAR TAG y
reconoce PLAYER
        {

            _animChuck.SetBool ("entrar", false); //
REPRODUCE ANIMACION DE TRANSICION SI EL
PARAMETRO ENTRAR ES FALSO
        }
    }
}
```

Fig. 21. Asignación y ejecución de animación de personaje.

```

Using UnityEngine;
using System.Collections;

public class Chuck: MonoBehaviour { //CLASE
COMPORTAMIENTO DE CONTEXTO
    public string [] answerButtons;

    public string [] Questions;

    bool DisplayDialog=false;

void Start () { //USAR PARA INICIALIZAR
}

void Update () { //ACTUALIZACIÓN UNA VEZ POR
MARCO
}

void OnGUI () {

GUILayout.BeginArea (new Rect (400,200, 400, 400)); //
MARCO, COLOR, TAMAÑO, ETC.

}

```

Fig. 22. Asignación y ejecución de cuadros de texto en objetos para la presentación de la información de las diferentes áreas académicas y de servicio.

3.3.4 Pruebas

Una vez finalizada la producción de cada iteración, se obtuvo un entregable funcional, al cual el equipo de trabajo le realizó las pruebas necesarias para contrastar lo obtenido con lo planeado en fases anteriores. En los casos en que fue pertinente, se depuraron las fallas encontradas, ejecutándose este proceso tantas veces sea necesario hasta lograr el producto acordado.

3.4 Fase de Evaluación

En esta fase la visita virtual se puso a consideración del cliente, el cual verificó que el producto no contenía errores y dio paso a las pruebas por parte de los usuarios, que se llevaron a cabo mediante la selección de un grupo de estudiantes de la misma Universidad dividido en dos partes; los primeros hicieron un recorrido por los escenarios de la visita virtual

con ayuda de los integrantes del equipo de trabajo; la tarea de estos últimos consistió en resolver las dudas y anotar los problemas que surgían; y la segunda parte realizó el recorrido sin ningún tipo de ayuda. Al finalizar se les pidió que respondieran un test con el propósito de evaluar la usabilidad.

3.5 Fase Cierre y Entrega Final

En la fase de cierre, la visita virtual fue entregada al cliente debidamente construida (empaquetada) para despliegue web y montada en el servidor del Centro Universitario UAEM Ecatepec, lista para que pueda ser visualizada desde cualquier navegador.

4. Conclusión

El uso de la metodología para el desarrollo evolutivo de escenarios tridimensionales permite la planificación de un proceso lógico y estructurado para el desarrollo de visitas virtuales. Debido a que en cada una de las fases, sus actividades generan información pertinente tomando en cuenta el punto de vista y la colaboración de los integrantes (equipo de trabajo), el cliente y/o usuarios; eliminando alternativas no atractivas al comienzo del proyecto y admitiendo la entrega de productos intermedios operacionales en lapsos de tiempo estimado.

La metodología propuesta se probó en la creación de la visita virtual del Centro Universitario UAEM Ecatepec, cumpliendo con las expectativas esperadas, obteniendo un producto que cumple con los niveles de calidad, requisitos y funcionalidad planteados al inicio del proyecto. Sin embargo, para aprovechar las bondades del trabajo paralelo de esta metodología se recomienda contar con equipos de desarrollo grandes para realizar dentro de las actividades tareas simultáneas y de esta manera cumplir con los tiempos de entrega acordados.

5. Trabajo Futuro

Actualmente, desde la página Web del Centro Universitario UAEM Ecatepec en el link <http://www.uaemex.mx/CUEcatepec/RVUAEMECATEPEC/RVUAEMECATEPEC.html> se está probando la visita virtual y se pretende medir el impacto que genera en la difusión de dicha universidad.

Por otra parte, se entiende que al ser un producto desarrollado con una calidad de representación alta en cada uno de sus componentes, se origina como debilidad el consumo de tiempo en la descarga de la visita virtual desde el sitio web de donde se encuentra almacenada, para lo cual, se propone revisar exhaustivamente el modelado 3D de cada

componente para eliminar aún más los vértices que no se utilizan y editar las texturas, esto con la finalidad de disminuir su tamaño sin perder la calidad de los componentes y de las imágenes.

Agradecimientos

Agradecemos al Centro Universitario Ecatepec de la Universidad Autónoma del Estado de México por los apoyos brindados durante el desarrollo del presente proyecto.

Referencias

- [1] S. P. Mateus and J. E. Giraldo, *Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con realidad virtual*, Información Tecnológica, 23 (3) 95-102, 2012.
- [2] M. Pérez, E. Zabre and E. Islas, *Realidad virtual: un panorama general*, Boletín IIE, Instituto de Investigación Electrónicas, 28 (2) 39-44, 2004.
- [3] C. Gurău, *Virtual reality applications in tourism. Information and communication technologies*, Support of the tourist industry, USA: IGI Global, pp. 180-197, 2007.
- [4] I. Galván, M. Pérez, S. González, G. Arroyo, E. Rodríguez, M. Salgado, A. Ayala y J. Vázquez, *Estado actual y prospectiva de aplicaciones de realidad virtual en el sector electrónico*, Boletín IIE Instituto de Investigación Electrónica, 35 (3) 99-108, 2011.
- [5] C. Kirner and T. Kirner, *Virtual reality and augmented reality applied to simulation visualization, Simulation and modeling: Current Technologies and Applications*, USA: IGI Global, pp. 391-419, 2008.
- [6] F. Pérez, *Presente y futuro de la tecnología de la realidad virtual*, Creatividad y Sociedad, 16 1-39, 2009.
- [7] C. Pérez-Salas, *Realidad virtual: un aporte para la evaluación y el tratamiento de personas con discapacidad intelectual*, Terapia Psicológica, 26 (2) 253-262, 2008.
- [8] D. Guttentag, *Virtual reality: Applications and implications for tourism*, *Tourism Management*, 31 (5) 637-651, 2010.
- [9] A. Hartholt, M. Grimani, A. Leeds and M. Liewer, *Virtual reality exposure therapy for combat-related posttraumatic stress disorder*, *Computer*, 47 (7) 31-37, 2014.

- [10] M. Bruce and H. Regenbrecht, *A virtual reality claustrophobia therapy system-implementation and test*, Virtual Reality Conference 2009 IEEE, 2009 pp. 179-182.
- [11] J. A. Zúñiga, J. J. Amador, C. Mejía, A. Morales and C. Mota, *Desarrollo de un entorno virtual tridimensional como herramienta de apoyo a la difusión turística de la zona arqueológica de Teotihuacán*, Acta Universitaria, 24 (4) 34-42, 2014.
- [12] F. Bruno, S. Bruno, G. De Sensi, M. Lunchi, S. Mancuso and M. Muzzupappa, *From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition*, Cultural Heritage, 11(1) 42-49, 2010.
- [13] B. Ashmore and J. E Grogg, *Library virtual tours: a case study*, Research Strategies, 20 (1) 77-88, 2005.
- [14] H. C. Gutiérrez and C. R. Zenteno, *Recorrido inmersivo del Palacio de Minería*. INMERSYS, 2012, Recuperado en: <http://www.palaciomineria.unam.mx/recorrido/rinmersivo.php>, Consultado el 03 de Marzo de 2014.
- [15] M. Calderón-Sambarino, M. Acevedo-Mosqueda and F. Felipe-Durán, *Visita virtual al Palacio de Bellas Artes de la ciudad de México, empleando técnicas de modelado tridimensional*, Científica, 16 (3) 123-133, 2012.
- [16] Z. Pan, W. Chen, M. Zhang, J. Liu and Wu, *Virtual reality in the Digital Olympic Museum*, Computer Graphics and Applications, 29 (5) 91-95, 2009.
- [17] A. Rizzo, L. Soares, L. Nomura, M. Cabral, L. Dullely, M. Guimarães, R. Lopes and M. Zuffo, *Virtual hang-gliding over Rio de Janeiro*, 2004. Recuperado en: <http://resumbrac.com/vr04/soares.pdf>. Consultado el 18 de Agosto de 2014.
- [18] Instituto Nacional de Antropología e Historia, *Paseos Virtuales*, 2010, Recuperado en: <http://www.inah.gob.mx/index.php/catalogo-paseos-virtuales>, Consultado el 19 de Agosto de 2014.