

Ensayo Expositivo

Desarrollo de personajes virtuales 3D para promover el sitio arqueológico de Monte Albán, Oaxaca

Recibido: 27-05-2022 Aceptado: 23-11-2022 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Monte Albán es la zona arqueológica más importante del estado de Oaxaca, declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1987; impacta por sus dimensiones y por su ubicación en la cima de un grupo de montañas en el centro de los valles centrales. Para su difusión, habitualmente se emplean folletos o guías turísticas impresas o multimedia, sin embargo, estos medios tienen un alcance limitado, provocando la falta de información y de interés por parte del turismo nacional y extranjero. En este sentido, los entornos virtuales han surgido como un canal de promoción y divulgación atractiva e interactiva capaz de aportar un interesante elemento diferenciador. En este artículo se presenta el desarrollo de dos personajes virtuales 3D para la promoción del sitio arqueológico de Monte Albán, describiendo cada paso, desde la definición del concepto, bocetos, modelado 3D, mapeado UV, texturizado, articulación y animación, utilizando las herramientas de Zbrush y 3dsMax. Las animaciones realizadas corresponden a las principales acciones de los personajes dentro un entorno virtual: condición inmóvil, caminar, correr y saltar. Los personajes fueron optimizados para bajo poligonaje, 8993 y 3880 polígonos respectivamente, probados y depurados en el motor gráfico Unity.

Abstract

Monte Albán is the most important archaeological zone in the state of Oaxaca, declared a World Heritage Site in 1987. It is impressive due to its size and its location on top of a group of mountains in the center of the central valleys. For its promotion, brochures or printed tourist guides are usually used. However, these means have a limited scope, causing a lack of information and interest on the part of national and foreign tourism. In this sense, virtual environments have emerged as an attractive and interactive promotion and dissemination channel capable of providing an interesting differentiating element. This paper presents the development of two 3D virtual characters for the promotion of the archaeological site of Monte Albán. Every step is described, from concept definition, sketching, 3D modeling, UV mapping, texturing, articulation, and animation, using Zbrush and 3dsMax tools. The animations made correspond to the main actions of the characters in a virtual environment: immobile condition, walking, running and jumping. The characters were optimized for low polygonage, 8993 and 3880 polygons respectively, tested and debugged in the Unity graphics engine.

Résumé

Monte Albán est la zone archéologique la plus importante de l'État d'Oaxaca, déclarée site du patrimoine mondial en 1987. Elle est impressionnante par sa taille et son emplacement au sommet d'un groupe de montagnes au centre des vallées centrales. Pour sa promotion, des brochures ou des guides touristiques imprimés sont généralement utilisés. Cependant, ces moyens ont une portée limitée, provoquant un manque d'information et d'intérêt de la part du tourisme national et étranger. En ce sens, les environnements virtuels se sont imposés comme un canal attractif et interactif de promotion et de diffusion capable de fournir un élément différenciateur intéressant. Cet article présente le développement de deux personnages virtuels 3D pour la promotion du site archéologique de Monte Albán. Chaque étape est décrite, depuis la définition du concept, l'esquisse, la modélisation 3D, le mappage UV, la texturation, l'articulation et l'animation, à l'aide des outils Zbrush et 3dsMax. Les animations réalisées correspondent aux principales actions des personnages dans un environnement virtuel: condition immobile, marche, course et saut. Les caractères ont été optimisés pour un faible polygonage, 8993 et 3880 polygones respectivement, testés et débogués dans le moteur graphique Unity.

Yuliana García Amaya*
Daniel Pacheco Bautista
Francisco Aguilar Acevedo
Ricardo Carreño Aguilera

Palabras clave: Personajes 3D, entornos virtuales, Monte Albán, Unity
Keywords: 3D characters, virtual environments, Monte Albán, Unity.
Mots-clés: Personnages 3D, environnements virtuels, Monte Albán, Unity.

Introducción

México cuenta con una gran riqueza cultural, basta mencionar que ocupa el primer lugar en América Latina y el sexto en el mundo en sitios declarados como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO (CONACULTA, s.f.). Monte Albán es la zona arqueológica más importante del estado de Oaxaca, hoy en día es patrimonio cultural de la humanidad y sus impresionantes ruinas la han convertido en uno de los principales atrac-

Universidad del Istmo

Correspondencia:
*yugarm@hotmail.com

tivos para visitantes nacionales y extranjeros. Sin embargo, el turismo en este sitio también se vio afectado por la pandemia del coronavirus, donde el número de visitantes a museos y zonas arqueológicas de México disminuyeron ante las restricciones sanitarias. De acuerdo con las estadísticas presentadas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, s.f.), en el año 2018 hubo 443,075 visitas a Monte Albán, en el 2019 se registró un total de 517,586 visitas, en el 2020 ante el cierre de sitios arqueológicos solo se recibieron 130,141 visitantes en los primeros meses del año y en el 2021 las cifras precisaron un total de 218,527 visitas.

En el contexto, las reconstrucciones y recreaciones virtuales en 3D, se han convertido en una herramienta valiosa para la promoción y divulgación del patrimonio cultural (Aparicio et al., 2021; Badillo & Vázquez, 2016; Hamed, Belal & Raafat, 2022; Kyrlitsias et al., 2020; Zuñiga et al., 2014), que permite acercar el pasado al presente, ofreciendo nuevas experiencias, más atractivas para el público. Un entorno virtual “es una aplicación para computadora que le permite al usuario navegar e interactuar con un ambiente tridimensional en tiempo real utilizando una interfaz de usuario (IU)” (Narciso, Hernández & Moreno, 2004, p. 97). Para que su eficacia sea plena, resulta necesario incluir personajes que permitan crear empatía con el contexto del lugar que se reconstruye; estos forman parte de la recreación virtual y permiten entender la significación cultural del ambiente reconstruido.

En este artículo se propone el desarrollo de personajes virtuales 3D para la difusión y/o promoción del sitio arqueológico de Monte Albán y está organizado de la siguiente manera: se presenta brevemente el contexto histórico de Monte Albán, posteriormente se indica la metodología de diseño utilizada, así como la descripción detallada de cada etapa del proceso, finalmente se presentan los resultados seguidos de una sección de conclusiones.

Contexto histórico de Monte Albán, Oaxaca

Monte Albán, es una ciudad prehispánica, antigua capital de los zapotecos; erigida en la cima de tres cerros. No solo es la fundación más antigua (500 a.C.) de la cultura zapoteca, sino que trascendió por al menos 13 siglos (Robles, 2011, p.34). Su construcción duró más de 1000 años, sin embargo, hasta la fecha solo se ha explorado un pequeño porcentaje

(Oliveros, 2002, p. 81). Cronológicamente la historia de Monte Albán se divide en cinco etapas (Oliveros, 2002, p. 81). La primera, denominada Monte Albán I, marca el inicio de la formación de la ciudad, caracterizada por la existencia de comunidades con varios miles de habitantes, por la construcción de edificios monumentales de piedra, por el uso del calendario y la escritura, así como por el surgimiento de una estratificación social. Durante la segunda etapa, el desarrollo de la cultura zapoteca se manifiesta en la cerámica de Monte Albán, al mismo tiempo se desarrolló el sistema de escritura glífica en estelas e inscripciones en las lápidas que forman los edificios. Monte Albán III corresponde a la época de mayor esplendor de la ciudad; en esta etapa la cultura es ya propiamente zapoteca y corresponde a su máximo poderío económico y político; en esta época se realizó la mayoría de las construcciones que conforman la ciudad. Monte Albán IV marca un periodo de decadencia, durante el cual los mixtecos llegan a Oaxaca; la ciudad es abandonada por los zapotecos y ocupada por los recién llegados, es así como empieza a convertirse en un gran cementerio mixteco (Ávila, 2002, p. 92).

Cuando Monte Albán se convirtió en una ciudad fantasma, las clases dirigentes emigraron en dos grupos: los guerreros y la burocracia civil se fueron a Zaachila, mientras que los sacerdotes se trasladaron a Mitla donde realizaron nuevas construcciones (Aylla, 2005). Monte Albán V corresponde al periodo de ocupación mixteca. Monte Albán se convirtió de lleno en un majestuoso cementerio real (Ávila, 2002, p. 93). En el año 1450 d.C. el impulso expansionista mixteco aminoró por la aparición de otra fuerza aún más poderosa, los mexicas, quienes, regidos por Moctezuma, conquistaban varias poblaciones ocupadas tanto por zapotecos como mixtecos.

Monte Albán se consolidó como la ciudad más importante de la región, para ello acudió al recurso de la guerra, de conquista y sometimiento, prueba de ello es el abundante número de los llamados “Danzantes” (más de 200) que corresponden a los gobernantes derrotados de los sitios vecinos, quienes fueron humillados y sacrificados públicamente (Arellano, 2013, p. 23). Los motivos más importantes por los que pelear, eran la obtención de mano de obra esclava y el tributo; otras razones eran por el control de las rutas de los mercaderes y la obtención de tierras. La guerra era exclusiva casi siempre de la clase dirigente, los campesinos

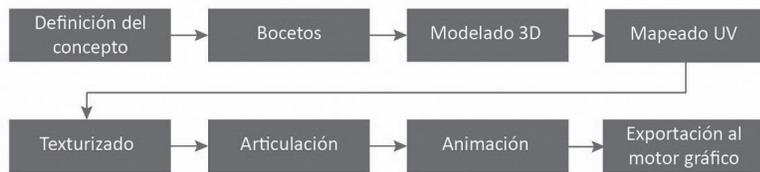


Figura 1. Metodología para el desarrollo de personajes 3D

nos participaban en ella obligados por su condición de servidumbre y solo se reclutaba a adultos fuertes. Para ir a la guerra, un guerrero zapoteco lucía su ropaje de gala: máscara que, según su rango, podía ser de jaguar, de muerte o simple pintura facial con los colores de la noche y de la muerte, taparrabos con faldellín, capa y sandalias de piel; armaduras acolchadas de algodón para su defensa y cascabeles en los talones para hacer sentir su presencia (Robles, 2000).

Dentro de la cosmovisión zapoteca, la muerte era un aspecto fundamental, por lo que las tumbas son uno de sus rasgos más distintivos, en ellas se refleja su idea de religión y la fuerte diferencia que existía entre sus clases sociales. Los zapotecos tenían la creencia de que ciertos animales eran sagrados y les otorgaban tributos especiales, al murciélago lo relacionaban con la fertilidad, al tlacuache con la regeneración, mientras que el jaguar tenía una connotación mágica (Fernandez, 2005). Para los zapotecos el jaguar era un dios muy importante, vinculado con los montes, la tierra y la lluvia, era el símbolo del poder y del dominio (Ávila, 2002, p. 98). La figura del jaguar aparece representada con mucha frecuencia en Monte Albán, comúnmente con atavíos, lo que ha permitido pensar que estos animales estaban en cercana convivencia con los humanos. En el suroeste de Mesoamérica, se representó a los felinos en poses antropomorfas o zoomorfas y figuras humanas con atributos de jaguar (Urcid, 2009).

Desarrollo de personajes virtuales

El desarrollo de personajes conlleva un proceso artístico y técnico que involucra diversas etapas. En la Figura 1 se presenta un esquema de la metodología empleada en este trabajo, basada en Franson & Thomas (2007).

Como en todo proceso creativo, en el diseño de personajes se comienza por crear la idea, es decir, mediante un concepto general se define cómo será el personaje. Tras revisar el contexto histórico de Monte Albán y de la cultura zapoteca (Pohl & McBride, 1991; Stresser-Péan, 2012; Marcus & Flannery, 2001),

se identifica que la guerra era una actividad esencial para los zapotecos, de la cual obtenían beneficios que aseguraba su vida de nobles, es así como surge la idea de crear un guerrero zapoteco como primer personaje. Por otra parte, uno de los animales presentes en la vida cotidiana y en la cosmovisión zapoteca fue el jaguar, en general de los más reverenciados en Mesoamérica y que aparece representado con mucha frecuencia en Monte Albán; debido a la importancia que tenía este animal, se propone realizar un jaguar como segundo personaje. En la Figura 2 se observa al personaje 5 Flor representado en el código Nutall, del cual se identificaron las prendas que viste y que sirvió de referencia para proponer la vestimenta del guerrero; también se observa una urna con representación de un jaguar.

Teniendo definida la idea de cada personaje, el siguiente paso es realizar los bocetos o dibujos que corresponden a las primeras previsualizaciones. Para representar la figura humana del guerrero se utilizó un canon de ocho cabezas de alto, es decir, se puede dividir el cuerpo en ocho partes iguales, siendo la cabeza la unidad. Este canon antropométrico corresponde al cuerpo humano adulto ideal y es recomendado para personajes heroicos. En la Figura 3 se presenta la hoja modelo del guerrero zapoteco y del jaguar donde se observan los detalles de la vestimenta y accesorios. Enseguida se procede a realizar el modelado 3D de los personajes. El flujo de trabajo es

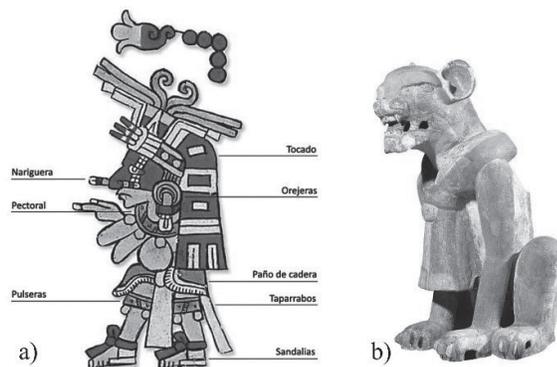


Figura 2. Referentes visuales, a) personaje 5 Flor y b) urna de jaguar. Fuentes: Hermann (2008), Urcid (2009).

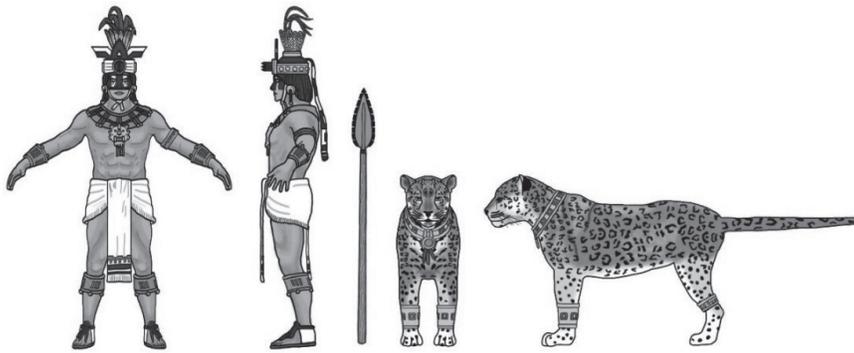


Figura 3. Hoja modelo del guerrero y del jaguar.

primeramente crear una malla en alta resolución que contenga todos los detalles de geometría y de color; posteriormente realizar una retopología para obtener una malla de baja resolución a la que le son transferidos todos los detalles de la primera.

La técnica de escultura digital en Zbrush permite esculpir modelos en alta resolución sobre un material virtual que se asemeja a la arcilla. Zbrush dispone de “tools” o modelos ya creados que facilitan el modelado de personajes. Las formas geométricas básicas tales como cubos, esferas, cilindros o conos se pueden modificar y mezclar para crear un modelo base. Una vez que se tiene el modelo definido, se procede a darle detalle, para ello Zbrush dispone de una variedad de pinceles y *alphas* que permiten esculpir sobre el modelo 3D y modelar objetos desde la base creada. En la Figura 4 se observa el modelo en alta re-



Figura 4. Modelo en alta resolución del guerrero.



Figura 5. Modelado del jaguar a partir de *Zspheres*.

solución del guerrero zapoteco, el cual se compone de 52 millones de polígonos en su totalidad.

Otra herramienta disponible son las *Zspheres* que son esferas que se utilizan a modo de articulaciones unidas entre sí, y que, una vez creada la forma principal, estas se convierten en polígonos. En la Figura 5 se observa el modelo base del jaguar creado con *Zspheres* y el modelo terminado que se compone en su totalidad de 24 millones de polígonos.

Cuando el modelo ya está terminado, se texturiza, asignando a cada parte del personaje un material acompañado por mapas de textura. En los programas de modelado 3D se suele realizar comúnmente el mapeado UV después del modelado y antes del texturizado, sin embargo, en ZBrush este proceso se realiza a la inversa, ya que se puede aplicar texturas directamente a la superficie sin que sean necesarias las coordenadas UV, lo que es imposible en otros programas. En la Figura 6 se observa el modelo 3D del guerrero completamente texturizado, y en la Figura 7 el modelo del jaguar con los colores y materiales propuestos.

Tras finalizar la etapa de texturizado, el siguiente paso es realizar una retopología, la cual consiste básicamente en rediseñar la malla para reducir la cantidad de polígonos; la optimización del modelo conlleva a un mejor desarrollo, sobre todo a la hora de animar y procesar en tiempo real.

Mediante la herramienta *Zremesher* en Zbrush se realiza una retopología automática en la que se indica la carga poligonal deseada y el programa realiza el cálculo; una vez generada la malla en baja resolución, se transfieren a esta los detalles de geometría y de color del modelo de alta resolución. En la Figura 8 se presenta una comparativa entre la malla en alta resolución y la malla en baja resolución del guerrero, la cual conserva los mismos detalles que la primera,



Figura 6. Texturizado del guerrero.



Figura 7. Texturizado del jaguar.

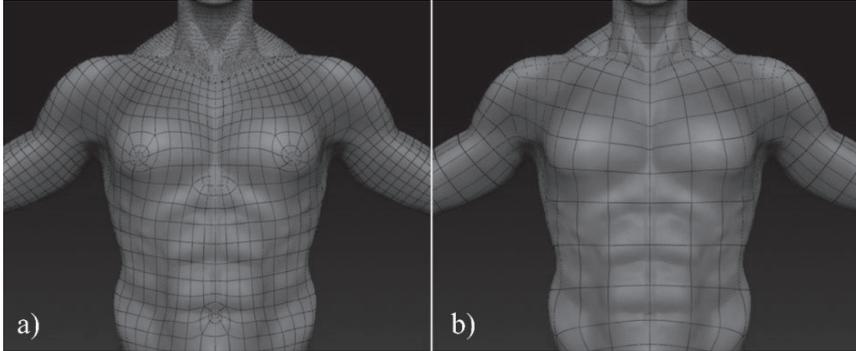


Figura 8. Retopología del guerrero, malla a) en alta resolución y b) en baja resolución.

pero con menor cantidad de polígonos. Por lo que, el personaje completo que se componía de 52 millones de polígonos se redujo a 8993 polígonos. El mismo proceso se realizó para el jaguar, el cual se redujo de 24 millones a 3880 polígonos.

Los mapas de textura son necesarios para exportar el personaje al programa de animación conservando sus texturas y detalles. Uno de ellos es el mapa UV, conocido en ZBrush como *unwrap* o despliegue, ya que es como si la malla se desvolviera o fuera desplegada sobre un plano 2D. Para realizar este proceso se utiliza el plugin *UV Master* de ZBrush que permite definir cortes en la geometría, generando los mapas UV de manera automática. Por último, los mapas UVs generados se asignan al modelo de baja

resolución. En las Figuras 9 y 10 se observan las costuras en el cuerpo de los personajes y la distribución de los UVs desplegados.

Para crear los mapas de textura o imágenes proyectadas sobre el modelo 3D se utiliza la herramienta *Exportador Multi Mapa* de ZBrush que sirve para generar y exportar los mapas disponibles en el programa. El mapa difuso (denominado mapa de color en Zbrush) incluye los colores del modelo, el mapa normal básicamente representa el volumen y el mapa de desplazamiento controla la perturbación del relieve en una sola dirección; combinando estos dos últimos suele ser suficiente para recrear los detalles. Una vez obtenidos los mapas de textura para cada parte del personaje, estos se exportan junto con la malla del

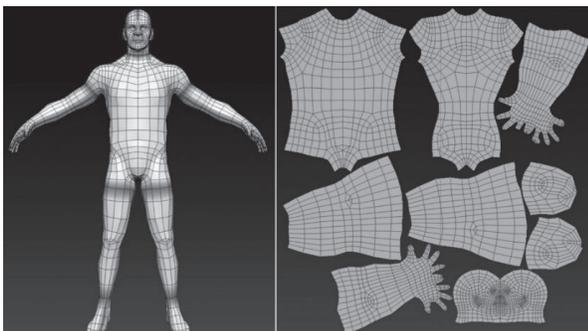


Figura 9. Costuras finales y distribución de UVs del guerrero.

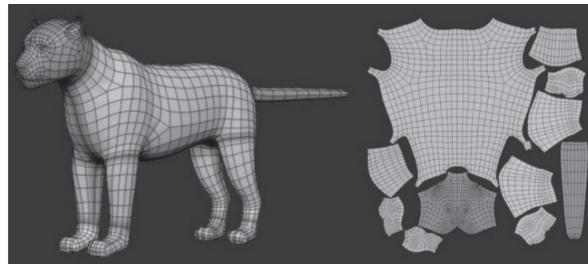


Figura 10. Costuras finales y distribución de UVs del jaguar.

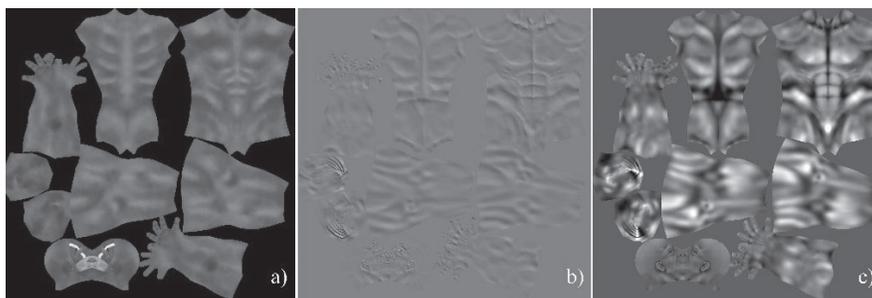


Figura 11. Mapas de textura del cuerpo del guerrero, a) difuso, b) normal y c) de desplazamiento.

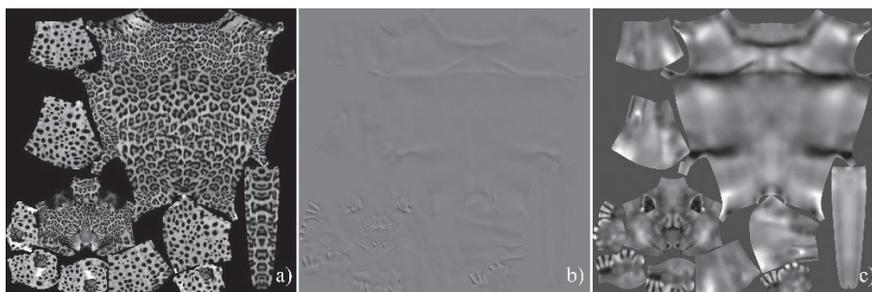


Figura 12. Mapas de textura del cuerpo del jaguar, a) difuso, b) normal y c) de desplazamiento.

modelo en formato .OBJ para su manipulación en el programa de 3dsMax y continuar con los demás procesos. En las Figuras 11 y 12 se presentan los mapas de textura obtenidos para el cuerpo de los personajes, en un tamaño de 2048 × 2048 píxeles.

Posteriormente, se realiza la articulación, o la creación del esqueleto que otorgará movimiento al personaje. El software de 3dsMax dispone de un *biped* que incluye toda la jerarquía de huesos que se necesita para animar el personaje, su uso facilita este proceso, ya que no se tiene que crear y nombrar cada hueso por separado. El *biped* se ajusta al tamaño y forma del modelo mediante las herramientas

de mover, escalar y rotar, el resultado se observa en la Figura 13.

El sistema de huesos es vinculado a la malla a través del modificador Skin y una vez que el esqueleto ha sido asignado, pueden moverse los huesos manualmente deformando la piel del personaje. El proceso de ajustar la malla para que el personaje se anime sin dobleces o torceduras extrañas se le conoce como *Skinning*. En la Figura 14 se observa el área de movilidad de los personajes al flexionar la pierna, los vértices de color rojo indican una mayor movilidad, los de amarillo son de mediana movilidad y los de azul de muy poca o casi nula movilidad.

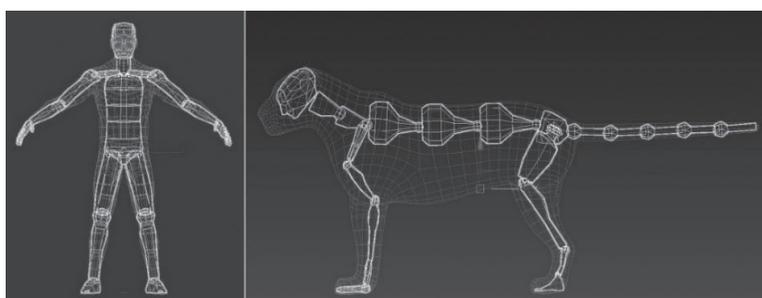


Figura 13. Creación del esqueleto para el guerrero y el jaguar.

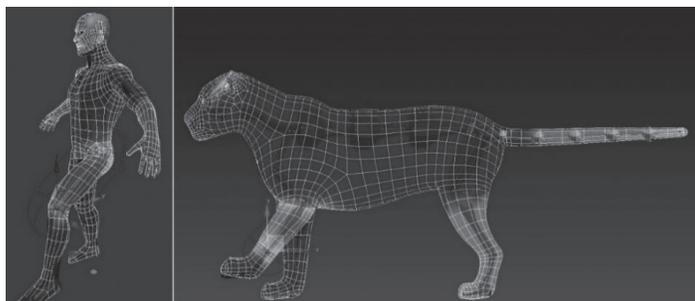


Figura 14. Área de movilidad en la pierna de los personajes.

Tabla 1. Fotogramas en las acciones de los personajes.

Animación	No. de fotogramas	
	Guerrero	Jaguar
Inmóvil	80	180
Caminar	30	24
Correr	24	10
Saltar	38	18

La animación es la última etapa en el desarrollo de los personajes y se basa en marcar fotogramas clave con las posiciones dominantes y el programa realiza una interpolación que permite visualizar movimientos con fluidez. Las animaciones consideradas son: condición inmóvil, caminar, correr y saltar. En la Tabla 1 se muestra el número de fotogramas empleados en las animaciones para cada personaje.

Para personajes que se animan en tiempo real, la animación se compone de ciclos cortos y movimientos que se encadenan para hacer una animación continua, estos necesitan ser de esta manera con el fin de preservar la interactividad, ya que el usuario no desearía esperar mucho tiempo para que la acción se complete. Las figuras 15 y 16 muestran como ejemplo, los fotogramas clave de la animación caminar para el guerrero y el jaguar respectivamente.

Los fotogramas mostrados en las imágenes representan las poses clave para un primer paso; las mismas poses en sentido opuesto generarán un segundo paso, y de esta manera formar una animación cíclica, donde la animación se ejecuta en un bucle continuo, con la acción volviendo a su punto de partida, es decir, el primer y último fotograma presentarán la misma pose.

Resultados

Los modelos junto con las texturas y animaciones fueron exportados al motor gráfico de Unity con la finalidad de verificar que las características finales de los personajes resultaran apropiadas para su uso en un entorno virtual, en particular se verificó que la estructura ósea de los personajes coincidiera con la estructura ósea predefinida de Unity y que cada una de las animaciones realizara los bucles apropiados, también que las texturas fueran importadas y optimizadas correctamente y que la cantidad de polígonos en los modelos permitiera procesarlos ágilmente. Se crearon los scripts que permitieron controlar la dirección y el movimiento de los personajes a través de las flechas del teclado. Posteriormente, se incluyeron las animaciones, para esto, se creó un controlador

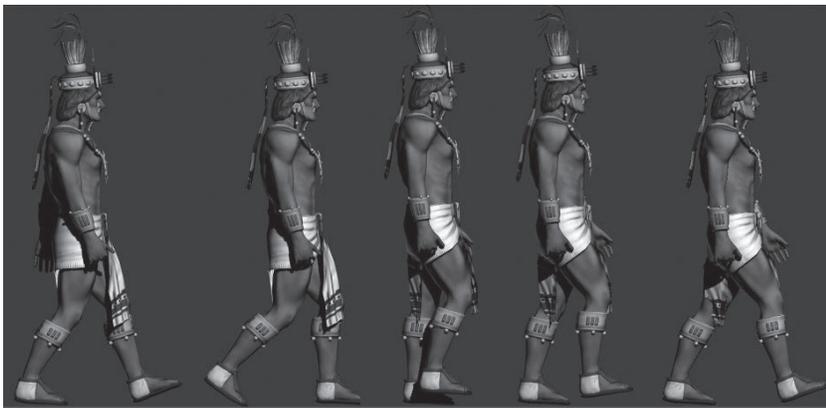


Figura 15. Ciclo caminar del guerrero.

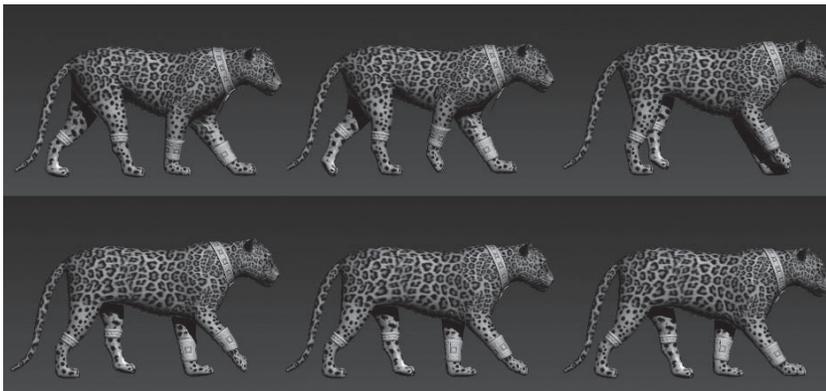


Figura 16. Ciclo caminar del jaguar.

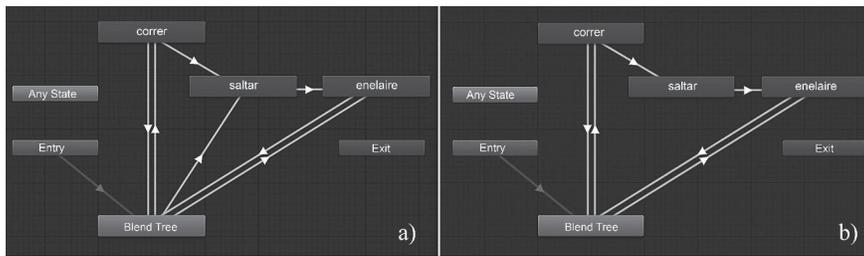


Figura 17. Controlador de animación, a) del guerrero y b) del jaguar.

de animación, este controla la lógica del personaje animado y se compone de estados vinculados por transiciones; los estados son la representación de los clips de animación y las transiciones dirigen el flujo de una animación de un estado a otro mediante flechas, como se observa en la Figura 17.

Una vez que los personajes fueron implementados en Unity, se verificó mediante una prueba de movimiento que todo el proceso se completara de manera correcta y que los personajes respondieran

adecuadamente al control del usuario. En la Figura 18 se observa el guerrero dentro de la escena de Unity en posición inmóvil; y en la Figura 19 cuando el personaje se encuentra caminando, mostrado en vista lateral y frontal.

En la Figura 20 se observa el jaguar corriendo dentro de la escena de Unity, mostrado en vista lateral y frontal; y en la Figura 21 cuando da un salto, para el cual fue necesario manejar dos estados, cuando el personaje toma impulso para dar el salto y cuando se encuentra suspendido en el aire.

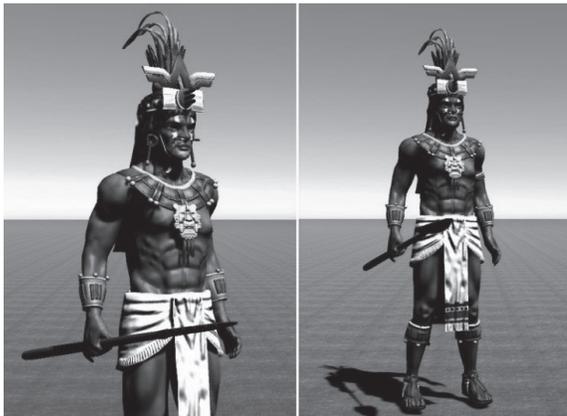


Figura 18. Guerrero en posición inmóvil.

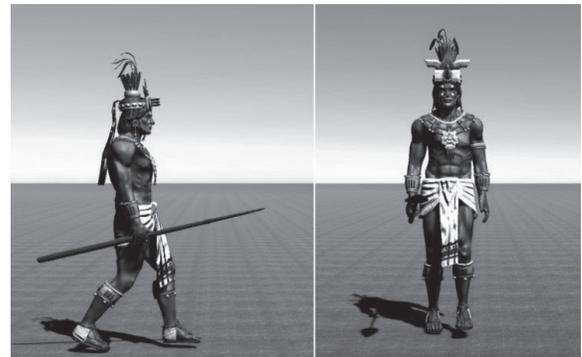


Figura 19. Guerrero que realiza la acción caminar.

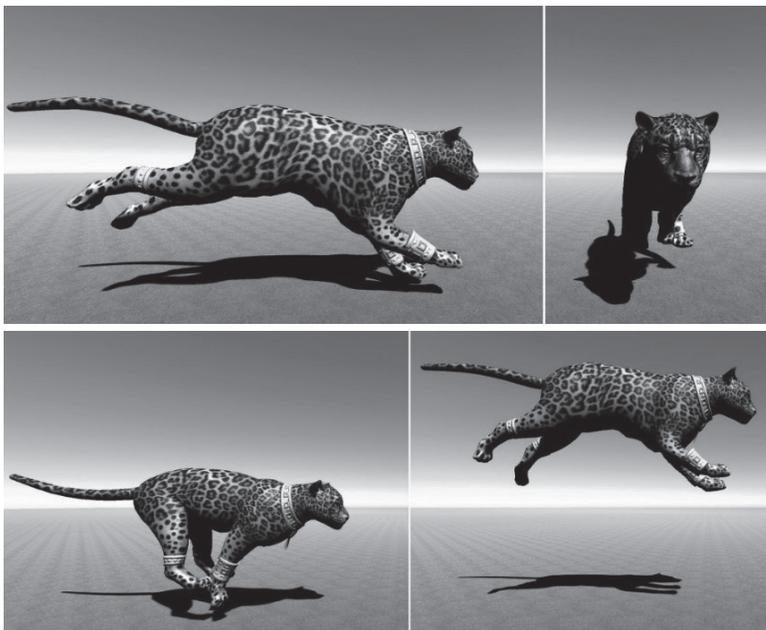


Figura 20. Jaguar que realiza la acción correr.

Figura 21. Jaguar que realiza la acción saltar.

Como se pudo observar en las imágenes, los personajes poseen características individuales y tienen un aspecto adecuado al contexto de Monte Albán, los modelos poseen una topología y un acabado correcto y las texturas incorporadas aportan detalle. La cantidad de polígonos en los personajes permitió procesarlos sin problemas.

Conclusiones

El desarrollo de los personajes implicó un proceso creativo y técnico que involucró la realización de diversas tareas, mediante un proceso controlado que llevó a una definición completa. El uso de herramientas de escultura digital del software ZBrush favoreció el modelado 3D y el texturizado de los modelos, permitiendo esculpir una malla en alta resolución y posteriormente mediante una retopología, generar una malla de baja resolución a la que le fue transferida los detalles de geometría y de color. De esta manera, se obtuvieron modelos de bajo poligonaje y más ligeros para procesarlos digitalmente. Una articulación apropiada a la forma de cada personaje originó un comportamiento gráfico adecuado, suficiente para controlar las deformaciones y obtener movimientos equilibrados. La implementación de los modelos y animaciones en el motor gráfico de Unity permitió probar las acciones de los personajes y realizar la programación de las secuencias de movimiento. En términos generales, los personajes cumplen con los requerimientos necesarios para su uso dentro de un entorno virtual y sus acciones responden adecuadamente al control del usuario. Las verificaciones de compatibilidad fueron acertadas, tanto a nivel geométrico, de texturas, esquelético y de animaciones.

Bibliografía

Aparicio, P., García, A., Muñoz, I., & Fernández, N. (2021). Reconstrucción virtual en 3D del castillo de Gauzón (Castrillón, Principado de Asturias). *Virtual Archeology Review*, 12(25), 158-176.

Arellano, A. (2013). *Divertimento bélico*. México: Cacciani.

Ávila, R. M. (2002). *Los pueblos Mesoamericanos*. México: Instituto Politécnico Nacional.

Ayala, A. (2005). *La epopeya de México I: De la prehistoria a Santa Anna*. México: Fondo de la Cultura Económica.

Badillo, D. J., & Vázquez, M. G. (2016). El patrimonio cultural y las tecnologías digitales experiencias recientes desde México. *"PATRIMONIO": Economía Cultural y Educación para la Paz (MEC-EDUPAZ)*, 2(14), 289-319.

CONACULTA. (s.f.). *Patrimonio cultural inmaterial y turismo: salvaguardia y oportunidades* [Folleto]. Recuperado el 27 de mayo de 2021 de https://www.cultura.gob.mx/turismocultural/pdf/pat_inmaterial.pdf.

Fernández, I. (2005). *Historia de México I*. México: Pearson Education.

Franson, D., & Thomas, E. (2007). *Game character design complete*. Estados Unidos: Thomson Course Technology.

Hamed, N. A., Belal, M., & Raafat, M. (2022). Building Virtual Environment for Safeguarding Archeological Ruins Case Study—El-Sheikh Ibada (Antinoopolis). In *Conservation of Architectural Heritage* (pp. 489-500). Springer, Cham.

Hermann, M. A. (Marzo-Abril de 2008). Los códices de la Mixteca alta. Historias de linajes y genealogías. *Arqueología Mexicana*, 15(90), 48-52.

INAH. (s.f.). *Estadística de visitantes*. Recuperado el 10 de enero de 2022 de <http://estadisticas.inah.gob.mx>.

Kyrlitsias, C., Christofi, M., Michael-Grigoriou, D., Banakou, D., & Ioannou, A. (2020). A Virtual Tour of a Hardly Accessible Archaeological Site: The Effect of Immersive Virtual Reality on User Experience, Learning and Attitude Change. *Frontiers in Computer Science*, 2(23), 1-11.

Marcus, J., & Flannery, K. (2001). *La civilización zapoteca*. México: Fondo de Cultura Económica.

Narciso, F., Hernández, D., & Moreno, C. (2004). Ambiente Virtual de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de los Andes. *Revista Ciencia e ingeniería*, 25(2), 97-105.

Oliveros, A. (Mayo-Junio de 2002). Monte Albán, Oaxaca. La ciudad de la gente de las nubes. *Arqueología Mexicana*, 10(55), 80-87.

Pohl, J., & McBride, A. (1991). *Aztec, Mixtec and Zapotec Armies*. New York: Osprey Publishing.

Robles, N. (2000). Monte Albán y los zapotecos. *México desconocido*, 3.

Robles, N. (Enero-Febrero de 2011). Monte Albán. *Arqueología Mexicana*(107), 34-38.

Stresser-Péan, C. (2012). *De la vestimenta y los hombres. Una perspectiva histórica de la indumentaria indígena en México*. México: Fondo de la Cultura Económica.

Urcid, J. (Marzo-Abril de 2009). El simbolismo del jaguar en el suroeste de Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*, 12(72), 40-46.

Zuñiga, J. A., Amador, J. J., Mejía, C., Morales, A. M., & Mota, C. I. (2014). 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.

Universidad Tecnológica de la Mixteca UTM



Infraestructura

104 Ha. de dimensión
113 Edificios
48 Laboratorios
9 Talleres
Parque Tecnológico
Parque Solar Fotovoltaico
Agavetum



9 Institutos de Investigación

Instituto de Agroindustrias

Instituto de Computación

Instituto de Ciencias Sociales y
Humanidades

Instituto de Diseño

Instituto de Electrónica
y Mecatrónica

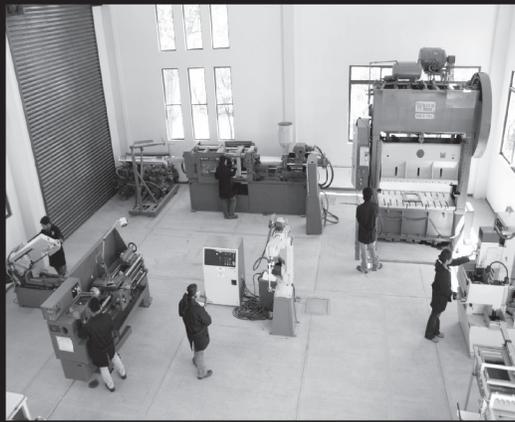
Instituto de Física y Matemáticas

Instituto de Hidrología

Instituto de Minería

Instituto de Ingeniería Industrial y
Mecánica Automotriz

Oferta Educativa



Licenciaturas

Ingeniería en Electrónica

Ingeniería en Computación

Ingeniería en Diseño

Ingeniería en Alimentos

Ingeniería Industrial

Ingeniería en Mecatrónica

Ingeniería en Física Aplicada

Ingeniería en Mecánica Automotriz

Ingeniería Civil

Licenciatura en Ciencias Empresariales

Licenciatura en Matemáticas Aplicadas

Licenciatura en Estudios Mexicanos
(modalidad virtual)



Posgrado

Doctorado en Robótica

Doctorado en Modelación Matemática

Doctorado en Tecnologías de Cómputo Aplicado

Doctorado en Electrónica con especialidad en Sistemas Inteligentes Aplicados

Maestría en Robótica

Maestría en Medios Interactivos

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Tecnologías de Cómputo Aplicado

Maestría en Tecnología Avanzada de Manufactura

Maestría en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos

Maestría en Modelación Matemática

Maestría en diseño de Muebles

Maestría en diseño de Modas

Maestría en Ciencias de Materiales

Maestría en Electrónica con opción en Sistemas Inteligentes Aplicados

Maestría en Computación con especialidad en Sistemas Distribuidos (modalidad virtual)

INFORMES

Consulta las bases y requisitos en
www.utm.mx

