



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

Maestría en Diseño Multimedia

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de

“Magíster en Diseño Multimedia”

Tema:

**“Aplicación de Realidad Aumentada como refuerzo didáctico
en el Parque Arqueológico Pumapungo”**

Autor: Edgar Marcelo Espinoza Méndez

Director: Diego Ponce Vásquez

Cuenca, Ecuador

2015

DEDICATORIA

Este trabajo no sería posible sin el apoyo incondicional y espiritual de mi esposa e hijos.

Gracias por la paciencia y empuje.

A mis padres. Gracias por inculcar en mí una filosofía de vida y por ser el gran ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Azuay, por darme la oportunidad de aportar con un proyecto que puede servir de partida para la generación de nuevas iniciativas tecnológicas.

A mi tutor de tesis, por darme el ímpetu necesario para la culminación de este proyecto.

Al Museo y Parque Arqueológico Pumapungo, del Ministerio de Cultura del Ecuador, por el apoyo logístico y humano.

A mis colegas y amigos que participaron, de distintas maneras, en la concreción de un logro profesional.

RESUMEN

Este proyecto enfoca el uso de la Realidad Aumentada, como un apoyo didáctico significativo en la enseñanza y difusión del patrimonio arqueológico de la ciudad de Cuenca, concentrado en el museo in situ del Parque Arqueológico Pumapungo.

El target definido de usuarios fueron niños de educación básica, comprendidos entre los 6 y 8 años de edad.

Como metodología pedagógica se usaron las teorías del aprendizaje en la educación, de Seymour Papert (Constructivismo) y John Dewey (Aprender haciendo), aplicadas en la elaboración de un juego lúdico, tipo rompecabezas, que sirve para mejorar la interacción de los niños con los entornos museográficos y reforzar el conocimiento impartido en las visitas guiadas al parque.

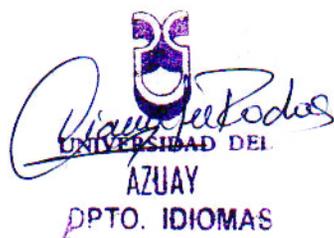
PALABRAS CLAVE

Realidad Aumentada, Pedagogía, Constructivismo, Aprender haciendo, Juego, Museo, Software libre.

ABSTRACT

This project focuses on the use of Augmented Reality as a significant didactic support in the teaching and dissemination of the archaeological heritage of the city of Cuenca, concentrated on *Pumapungo* in- situ Archaeological Park museum. The users' defined target was primary school children between the ages of 6 and 8. We used as pedagogical methodology Seymour Papert's Learning in Education theory (Constructivism), and John Dewey (Learning by Doing) theory, both applied in the elaboration of games such as puzzles which be used to improve the interaction of children with museographic environments and strengthen the knowledge given during the guided visits to the park.

KEYWORDS: Augmented Reality, Education, Constructivism, Learning by Doing, Game, Museum, Free Software




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	iii
PALABRAS CLAVE	iv
ABSTRACT Y KEYWORDS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
ESTADO DEL ARTE	3
CAPÍTULO 2	
MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1 LA ENSEÑANZA EN LOS MUSEOS	7
2.2 TEORÍAS DE APRENDIZAJE EN LA EDUCACIÓN DE LOS NIÑOS (SEYMOUR PAPERT Y JOHN DEWEY)	8
2.2.1 Seymour Papert (El Constructivismo)	8
2.2.2 John Dewey (El Aprender haciendo)	9
2.3 LOS JUEGOS DIDÁCTICOS O LÚDICOS, QUÉ BENEFICIOS TIENEN PARA LA PEDAGOGÍA EN NIÑOS	10
2.4 INCLUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE	12
2.5 LAS TICs Y E-LEARNING	13
2.6 LA REALIDAD AUMENTADA	14

2.7 EL SOFTWARE LIBRE Y CÓDIGO ABIERTO	16
2.7.1 Tipos de software para Realidad Aumentada	17
2.7.1.1 ATOMIC Authoring Tool (software libre)	18
2.7.1.2 ATOMIC Web Authoring Tool (software libre)	19
2.7.1.3 Aumentaty Author (software con licencia)	19
2.7.1.4 COLLADA (plugin libre)	20
2.7.1.5 AR Media (plugin con licencia)	21
2.7.2 Librerías de Realidad Aumentada	22
2.7.2.1 ARToolKit	22
2.7.2.2 OpenGL (Open Graphics Library)	23
2.8 SOFTWARE PARA MODELADO 3D	24
2.8.1 Software libre para modelado 3D	24
2.8.1.1 Blender	24
2.8.1.2 K3-D	24
2.8.1.3 Art of Illusion	25
2.8.1.4 TopMod3D	25
2.8.1.5 Seamless 3d	26
2.8.2 Software con licencia para modelado 3D	26
2.8.2.1 3D Studio Max	26
2.8.2.2 Autodesk Maya	27
CAPITULO 3	
DISEÑO	28
3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL STAND	28
3.1.2 Condicionantes de diseño y tecnología	28
3.1.3 Determinación de los espacios funcionales del stand	29
3.1.4 Consideraciones antropométricas	29
3.1.5 La propuesta	31
3.1.6 Construcción del stand – tecnologías y materiales	34
3.2 DISEÑO DEL JUEGO EN REALIDAD AUMENTADA	38
3.2.1 Desarrollo y temática del juego – rompecabezas	38
3.2.2 La propuesta	38
3.2.3 Desarrollo del juego	41
3.2.4 Modelado 3D de personajes y escenario en 3D Studio Max	43
3.2.5 Diseño de los marcadores	53
3.2.6 Programación del juego en Realidad Aumentada	55

3.2.7 Construcción y funcionamiento del freno electromecánico del juego	59
3.3 CREACIÓN DEL JUEGO EN REALIDAD AUMENTADA CON AR MEDIA	62
CAPITULO 4	
RESULTADOS	65
4.1 EVALUACION DE LOS RESULTADOS	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS

Figura 1. Recuperado de	14
Figura 2. Recuperado de	15
Figura 3. Gráfico del proceso de aumento	16
Figura 4. Esquema de funcionamiento ATOMIC Authoring Tool. Recuperado de	18
Figura 5. Interfaz ATOMIC Authoring Tool. Recuperado de	18
Figura 6. Interfaz ATOMIC WEB Authoring Tool. Recuperado de	19
Figura 7. Interfaz Aumentaty Autor. Recuperado de	20
Figura 8. Interfaz COLLADA. Recuperado de	21
Figura 9. Interfaz AR Media. Recuperado de	22
Figura 10. Interfaz Blender. Recuperado de	24
Figura 11. Interfaz K3-D. Recuperado de	24
Figura 12. Interfaz Art of Illusion. Recuperado de	25
Figura 13. Interfaz TopMod3D. Recuperado de	25
Figura 14. Interfaz Seamless 3D. Recuperado de	26
Figura 15. Interfaz 3D Studio Max. Recuperado de	27
Figura 16. Interfaz Autodesk Maya. Recuperado de	27
Figura 17. Espacios funcionales del stand	29
Tabla 1. Consideraciones antropométricas para diseño del stand	30
Figura 18. Amplitud del movimiento de las articulaciones	31
Figura 19. Eliminación de aristas	31
Figura 20. Transformación de los volúmenes del stand	32
Figura 21. Elementos que forman parte del stand	33
Figura 22. Propuesta gráfica y cromática	34
Figura 23. Optimización de material – máquina escuadradora	34
Figura 24. Proceso de cortado manual	35
Figura 25. Proceso de armado del stand	35
Figura 26. Proceso de armado del stand	35
Figura 27. Esquema de armado del torno	36
Figura 28. Prototipo de stand terminado	37
Figura 29. “Reconstrucción hipotética de edificaciones inkas”	39
Figura 30. Reconstrucción hipotética en el Parque Arqueológico Pumapungo	40
Figura 31. Dibujos del cronista Felipe Guamán Poma de Ayala	40
Figura 32. Secuencia del modelado, cargado de textura y extrusión del terreno	43
Figura 33. Secuencia del modelado del logotipo Mundo Pumapungo	44
Figura 34. Secuencia del modelado y cargado de textura para el Aqlla wasi	45
Figura 35. Secuencia del modelado y cargado de textura para la chacra y las piedras	46
Figura 36. Secuencia del modelado y cargado de textura para la olla, cántaro y leña.	47
Figura 37. Secuencia del modelado y cargado de textura del personaje.	48

Figura 38. <i>Secuencia del modelado y cargado de textura para la capa y el vestido</i>	49
Figura 39. <i>Secuencia de animación del bípodo</i>	50
Figura 40. <i>Esquema de ubicación de los elementos</i>	51
Figura 41. <i>Montaje de la escena final</i>	51
Tabla 2. <i>Cuadro de marcadores</i>	53
Figura 42. <i>Marcador terreno y estructura del rompecabezas</i>	54
Figura 43. <i>Sitio web en donde podemos crear marcadores</i>	55
Figura 44. <i>Archivos DAE y su previsualización en el sistema operativo OS X</i>	57
Figura 45. <i>Proceso de trabajo en la programación de la aplicación</i>	58
Figura 46. <i>Fuente DELTRONY Componentes Electrónicos</i>	59
Figura 47. <i>Entorno de programación basado en el lenguaje processing</i>	60
Figura 48. <i>Proceso de armado de la placa de control y la tarjeta Arduino</i>	61
Figura 49. <i>Componentes del freno electromecánico</i>	62
Figura 50. <i>Proceso de generación de los marcadores con AR Media</i>	63
Figura 51. <i>Pruebas de campo</i>	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Vistas y medidas del stand</i>	80
Cortes y detalles constructivos del stand	
Cortes y detalles constructivos del torno giratorio	
Cuadro de piezas para corte láser del torno y cubierta	
Anexo 2. <i>Primera propuesta para stand</i>	84
Anexo 3. <i>Propuestas para diseño de los marcadores</i>	85
Anexo 4. <i>Bocetos para el diseño del logotipo y la ambientación de la ilustración</i>	86
Anexo 5. <i>“Mundo Pumapungo” Ilustración del prototipo en Adobe Illustrator</i>	87
Anexo 6. <i>Código de programación para el juego en Realidad Aumentada</i>	88
Anexo 7. <i>Test de análisis de objeto (archivo PDF)</i>	94

INTRODUCCIÓN

La Realidad Aumentada es una tecnología que está consiguiendo protagonismo a nivel mundial. Sus aplicaciones en ámbitos culturales, científicos o educativos, demuestran la versatilidad que ofrece; por ello, es necesario aprovechar las fortalezas y ventajas que brinda para usarlas como refuerzo didáctico en el Parque Arqueológico Pumapungo, que forma parte de la Red de Museos Nacionales del Ministerio de Cultura del Ecuador. Este Ministerio en el año 2010 organizó el *Encuentro Nacional de Políticas de Museos* (Social, 2012), el mismo que reunió a diversos especialistas museísticos nacionales y extranjeros, para promover la valorización, preservación y puesta en valor del patrimonio cultural ecuatoriano, con la firme intención de concretar políticas públicas que fortalezcan un *Sistema Ecuatoriano de Museos (SIEM)* (Celi, Bedoya, & Cevallos, 2013a), que pretende que los museos sean *“una herramienta poderosa de transmisión de contenidos y de complementariedad pedagógica no formal”* (Celi et al., 2013, p.3), promulgando, de esta manera, la visita generalizada de estudiantes preescolares, escolares, colegiales y universitarios, así como la inclusión de grupos vulnerables, marginados y discapacitados.

El Parque Arqueológico Pumapungo del Ministerio de Cultura del Ecuador es uno de los museos más importantes del país, que *“contiene la reserva más importante de bienes etnográficos de características nacionales, es el encargado de promover investigaciones y exposiciones relacionadas a culturas populares, tradición oral, oficios, identidades simbólicas tradicionales.”* (Celi et al., 2013, p.14). Jonathan Kouperman, Director del Museo, resalta la importancia de la utilización de nuevas tecnologías multimedia, pues el proyecto SIEM, contempla, además, realizar inversiones para mejoras en todas las áreas del museo, ya que aparte de servir como atractivo se lo puede usar como medio didáctico para los visitantes.

El Parque Arqueológico Pumapungo requiere implementar mecanismos didácticos y de interés, acorde a las nuevas políticas educativas gubernamentales; es por ello que se debe plantear nuevas opciones pedagógicas que refuercen la educación no formal (*“el Artículo 347 de la Constitución de la República, establece que será responsabilidad del Estado: 3. Garantizar modalidades formales y no formales de educación* (Ecuador, 2011)), enfocados en la utilización de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada, que puede brindar al usuario experiencias nuevas en ambientes no inmersivos, ya que su fácil uso lo hace totalmente atractivo, especialmente para niños que, en general, están cada vez más acostumbrados a los avances tecnológicos que incentiven sus mentes.

El objetivo principal de este proyecto, es demostrar que se puede reforzar y mejorar la experiencia didáctica de los visitantes al Parque Arqueológico Pumapungo, mediante el uso de una aplicación en Realidad Aumentada y aplicada a un juego, con la utilización de

tecnologías, en su mayoría, basadas en software libre, que permite la realización de aplicaciones de gran utilidad y a menor costo, además de la posibilidad de poder fusionar elementos multimedia como video, sonido y 3D. El aplicativo planteado debe poder adaptarse y modificarse, según las necesidades del Parque, y en su primera etapa de proyecto se limitará a una área emblemática y previamente analizada por los responsables del parque; asimismo, tendrá un grupo de usuarios enfocados en nivel educación básica en edades comprendidas entre los 6 y 8 años.

Descrita la problemática del parque y los objetivos, se ha planteado las siguientes hipótesis que serán descritas en el desarrollo de la tesis:

- Las aplicaciones multimedia en Realidad Aumentada son útiles como mecanismo audiovisual de refuerzo didáctico.
- La Realidad Aumentada mejora la interacción de los visitantes con los entornos museográficos y tiene ventajas sobre otros métodos de integración.
- Es posible, en nuestro país, realizar una aplicación de Realidad Aumentada con recursos locales y adecuada a nuestra realidad.

CAPÍTULO 1

ESTADO DEL ARTE

El uso de Realidad Aumentada en el mundo es indiscutible. Es ampliamente utilizado para el entretenimiento y se lo puede utilizar con mucha facilidad en móviles, en campañas publicitarias y, si navegamos, en pocos segundos observamos un sin número de ejemplos de Realidad Aumentada; pero, si bien es cierto que la información práctica es numerosa, en terminología de investigación y aporte en el campo de la educación, ésta se encuentra en procesos de formación, evaluación o investigación. Trabajos que aporten, significativamente, en este campo son pocos, en relación a los prácticos.

Actualmente se encuentran en primicias los estudios sobre la incidencia de la Realidad Aumentada y la educación. Para establecer su relevancia se halla en experimentación qué tan útil es en el ámbito de la educación. Algunos datos muestran que puede ser utilizado con mucho éxito para el aprendizaje situado y constructivista; así también para el aprendizaje informal y turístico (FitzGerald & Adams, 2012). No es nuevo que se busque la interrelación de la educación con la tecnología, pues su impactante evolución en la última década de los sistemas informáticos y de comunicación, obligan a las diferentes ramas a una evolución constante y cambiante, pues no se puede dejar de lado las tendencias y el efecto que lleva consigo. Si bien los datos en la rama ahora son escasos, pero son de gran importancia ya que serán los canales básicos de los saberes donde se podrá experimentar una evolución de la educación, de la mano con la tecnología. Entre los puntos críticos, en el ámbito de la pedagogía, que han denotado algunos autores, es el cómo exponer a los alumnos la Realidad Aumentada, o el punto en sí que se quiere tratar; de tal manera que el dispositivo no intervenga como distracción de lo esencial que se quiere denotar o enseñar sino, al contrario, que aumente lo que se desea experimentar en los usuarios en un rol afín a la realidad y el entorno (FitzGerald & Adams, 2012).

Actualmente se pretende la utilización de Realidad Aumentada en el campo de la educación, sobre todo, en las áreas donde los alumnos tienen más problemas para relacionarse con los temas de estudio; con ello, se busca la experiencia del alumno con la temática y la Realidad Aumentada con un fin trazado, que es el mejorar el aprendizaje. Un ejemplo de lo expuesto, está en la Universidad de Tasmania Australia, donde se realizan trabajos para disminuir la problemática de los estudiantes para el estudio de Anatomía, con uso de Realidad Aumentada háptica, con resultados que sus autores lo expresan como prometedores (Yeom, 2011). Asimismo, el uso de Realidad Aumentada está ampliándose en todas las ramas de la educación, pues involucra beneficios para la enseñanza, motivando a los estudiantes en varios temas, sobre todo, en aquellos donde no es posible una experiencia del estudiante directamente con lo real, facilita la creatividad y aporta un

enfoque al entorno al que se quiere estudiar, como la medicina, la ingeniería mecánica, matemáticas, geometría, en la historia, utilizada especialmente en museos, técnicas de e-learning, modelado de objetos, capacitación y libros (Yuen & Johnson, 2011); así también en el ámbito de la geografía y conocimientos espaciales como conceptos de rotación, variación de luz y temperatura, estudios que mostraron una mejoría significativa en la comprensión después de haber utilizado Realidad Aumentada (Shelton & Hedley, 2002).

Ambiente Interactivo para visualizar sitios turísticos, mediante Realidad Aumentada implementando Layar (Cuervo, Guillermo, & Salamanca, 2011).- En esta publicación, los autores realizan una investigación sobre el uso de Realidad Aumentada para sitios turísticos para Colombia, situándose en la Tunja Bogotá, para lo cual investigan el estado de arte del uso de realidad aumentada y otros sistemas como GPS para aplicaciones para esta ciudad, focalizándose especialmente en el uso de tecnología móvil como parte de aplicativo para la industria del turismo en un lugar geográfico específico, con la implementación de capas Layar, que es un navegador de realidad aumentada para dispositivos móviles, disponible y un sitio web para su administración, con el objetivo de usarlas para dar a conocer los principales sitios turísticos de esa región *“en un tiempo real y un alto grado de sencillez y efectividad”* (Cuervo et al., 2011), de tal manera que provean información al usuario, mediante el uso del servicio web desarrollado en Php, con un motor de datos seleccionado en Mysql. El resultado se definió en dos módulos: uno de aplicación móvil en Layar y otra como descripción como sitio Web, donde la primera ofrece una visualización de los sitios turísticos de Tunja, usando Realidad Aumentada para su ubicación con un desplegable, en forma detallada, a modo de listado con acciones definidas, donde posteriormente se cargará la web; y la otra, mostrará la información acerca del sitio turístico del proyecto.

Parte de las conclusiones que dan los autores es que al utilizar técnicas con Realidad Aumentada en aplicaciones móviles, se brinda al turismo una herramienta que beneficia notablemente, a la vez que recolecta información sobre los sitios de interés, que puede ser presentada de manera rápida y precisa en sistemas operativos como iOS, Android y Symbian.

Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas (Fabregat, 2012a).- En esta publicación, el autor explica cómo se puede acoplar los Sistemas Hipermedia Adaptativos y Realidad Aumentada para beneficio de los estudiantes en la enseñanza, mediante el uso de plataformas de e-learning, como herramienta en entornos adaptativos, colocando a éstos como partícipes directos del proceso de aprendizaje, generando interés en el desarrollo de sus destrezas y capacidades por medio de *“la experimentación y el aprendizaje diario”*; pues, como analiza el autor, *“los estudiantes aprenden no sólo con los materiales tradicionales disponibles sino que también lo hacen con las destrezas relacionadas con el encontrar, evaluar e interpretar los contenidos que*

estudian cuando se relacionan con el mundo real.” (Fabregat, 2012b); por lo tanto, con la experiencia del estudiante con el uso de Realidad Aumentada, éste puede obtener habilidades para conceptualizar, de mejor manera, el mundo que le rodea. Para ello, destaca la importancia del “modelado del usuario y la adopción”, que visto en varios aspectos da acceso al usuario a una interacción con la información de forma personalizada y adaptada a sus necesidades, en donde se puede incorporar entornos de aprendizaje como uso de TICs u otras estrategias de educación referentes.

Como otros autores, éste también hace hincapié en el auge del uso de tecnologías de Realidad Aumentada por la facilidad de alcance y su sencilla utilización, y coloca en forma clara las “*cuatro tareas*” (Fabregat, 2012b) para implementar Realidad Aumentada: 1). *La captación de la escena* o reconocimiento visual, 2). *Identificación de la escena*, que consiste en averiguar qué información el usuario quiere ver, 3). *Mezclar la realidad y la información aumentada* mediante la sobre posición de la escena real con la información que se quiere aumentar, usando librerías como ARToolkit, ARToolkit Plus y JARToolkit y 4). *Visualizar* la información en el entorno real. Se puede utilizar sistemas como Head Up Displays o de bajo costo como Layar.

Según el autor, en el ámbito de la educación, para posibilitar la explotación de los recursos relativos al uso de Realidad Aumentada ésta debe estar “*cuidadosamente en sintonía con los modelos pedagógicos*” (Fabregat, 2012b) y acorde a las necesidades del usuario, para que permita un beneficio idóneo en la experiencia educativa mediante escenarios de aprendizaje, que aumenten las posibilidades de adquisición, de comprensión del medio aumentado con el entorno real, mediante la interacción del usuario; de tal forma que sirva como apoyo y dinamice los contenidos, acorde a las características del entorno y del estudiante.

Las conclusiones indican que “*los entornos de e-learning adaptativos permiten un aprendizaje más personalizado y que cada estudiante vaya avanzando al ritmo de sus propias capacidades e intereses.*” (Fabregat, 2012b); pero, en muchos casos, estas tecnologías no pueden llegar a todos los estudiantes, ya sea por la inaccesibilidad o por la poca usabilidad de las herramientas. A futuro plantea “*la contribución de estos entornos al desarrollo del aprendizaje para todos, adaptado y personalizado a las características de los usuarios...*” (Fabregat, 2012b).

Interfaces vivenciales: espacios de inmersión y formación (Restrepo, 2010).- Es una investigación presentada por Isabel Cristina Restrepo Acevedo, quien nos demuestra que la Realidad Aumentada también puede verse asociada al atacar problemas de carácter social en Colombia, analizando una propuesta de reflexión con el desarrollo de una aplicación que trabaja en base al aumento de circulación de motociclistas en la ciudad de Medellín. En

ésta, la autora resalta el potencial del uso de Tecnologías de la Información y Comunicación para la formación de la ciudadanía; por otro lado, conceptualiza temas relacionados con el área y de interés como la interfaz, la interactividad, en un concepto donde los correlaciona con Realidad Aumentada, donde parte de sus objetivos es el incidir en la curiosidad y en la exploración a través de la experiencia, en la que, según la autora, se puede *“facilitar la posibilidad de generar un espacio para el aprendizaje basado en la experiencia”* (Restrepo, 2010). De una manera interactiva *“convierte al espectador en un interactor o actor principal”* (Restrepo, 2010), generando *“espacios de inmersión, en los cuales el individuo interactúa con visiones ampliadas de su cotidianidad”*, (Restrepo, 2010), que, según la autora, permitió integrar a varias disciplinas en el uso de Realidad Aumentada, dando un *“panorama bastante positivo para la continuidad de estos procesos”*(Restrepo, 2010).

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LA ENSEÑANZA EN LOS MUSEOS

El Consejo Internacional de Museos, dependiente de la UNESCO, ICOM, define al museo como *“una institución permanente, sin fines de lucro y al servicio de la sociedad y su desarrollo, que es accesible al público y acopia, conserva, investiga, difunde y expone el patrimonio material e inmaterial de los pueblos y su entorno para que sea estudiado y eduque y deleite al público”* (Maceira, 2008, p.3); sin embargo, de alguna manera general, diríamos que la primera visita que una persona realiza a un espacio museográfico podría ser recordada como el paseo o recorrido técnico guiado por un espacio lleno de recuerdos visuales e historias frágiles en nuestra memoria colectiva, de la cual podríamos recordar la fachada del museo visitado en épocas escolares. Es necesario comprender acerca de la importancia social o cultural, prestada a estos espacios, como herramienta en el ámbito educativo y el interés para con la información, explicada por un guía y retenida por el visitante, puntualmente, en este caso los niños.

Dentro de estos espacios de colectividad histórica se puede plantear aprendizajes formales y no formales, que contribuyan a metodologías de enseñanza. Si nos basamos en los conceptos de la educación formal, los museos cumplirían con una función parecida a una biblioteca *“desde la perspectiva de la educación formal, al museo se debe ir a hacer aquello que en la escuela no es posible o buscar respuesta a interrogantes previamente planteadas”* (Contexts, n.d. p.196). Es entonces cuando se deben organizar procesos a seguir antes, durante y después de la visita a un museo, siendo parte fundamental el diálogo y coordinación con la entidad educativa que efectuará la visita al mismo.

Como consecuencia de la formalidad podemos hablar, entonces, del aprendizaje no formal, en el cual es el propio visitante del museo quien debe interactuar ante el objeto o espacio intencionalmente preparado para la visita, estimulándolo culturalmente con sus conocimientos y potenciales preguntas o respuestas, generando un interés propio de conocimiento como usuario. Aunque su nombre sea denominado como “no formal”, esto no quiere decir que este tipo de aprendizaje sea completamente alejado de los procesos; es decir que se potencializa la experimentación sobre el objeto y el sujeto se vuelve parte del proceso previamente diseñado. Este tipo de concepciones son muy comunes en salones de países Europeos llamados “Science Centers” o “Museos de Tercera Generación”. Cabe indicar que más allá de mostrar objetos museográficos, estos centros responden a muestras de fenómenos naturales, principios científicos o exposición de ideas; pero siempre enfocándose en la interactividad como concepto base para el aprendizaje. Este tipo de procesos consolidan el principio de “interactivo” como un medio no formal del aprendizaje.

2.2 TEORÍAS DE APRENDIZAJE EN LA EDUCACIÓN DE LOS NIÑOS (SEYMOUR PAPERT Y JOHN DEWEY)

Cuando mencionamos palabras como aprender o educar, puede venir a nuestro pensamiento inmediato imágenes como la de profesores o padres como referentes de estos términos; pero cuántos de nosotros hemos considerado detenernos a cuestionar cuánto de nuestro conocimiento lo obtuvimos a través de nuestra propia exploración, sin que nadie nos lo enseñara, y razonar si fue el mejor camino hacia el aprendizaje de lo que hoy conocemos. El solo hecho de realizar este análisis nos permite controlar nuestro pensamiento lógico y respondernos acerca de las teorías de aprendizaje con las que fuimos educados. Este tipo de conceptos han sido estudiados, desarrollados y aplicados por “maestros” como Seymour Papert o John Dewey, quienes se convirtieron en cimientos estructurales para las teorías de aprendizaje, en la actualidad.

2.2.1 Seymour Papert (El Constructivismo)

Al hablar de teorías para estimular nuevos conceptos de aprendizaje, mencionaremos a Seymour Papert, uno de los personajes que más ha aportado al campo de la educación. Este informático, matemático, educador y escritor, plantea a principios de su carrera que las computadoras serían una herramienta útil para desarrollar de mejor manera la creatividad y el aprendizaje de los niños y la posibilidad de que, en un futuro, estas máquinas fueran un objeto personal de cada estudiante. Estos planteamientos los hizo aproximadamente en los sesenta, cuando las máquinas computarizadas eran objetos aún en desarrollo. Papert expone sus múltiples teorías en varios libros y publicaciones, siendo el libro **“MINDSTORMS, Children, Computers, and Powerful Ideas”** (DESAFIO A LA MENTE. Computadoras y Educación), en donde ejemplifica funcionalmente para nuestra investigación teorías funcionales con nuestra temática.

Podríamos resumir el libro de Papert diciendo que él invita a los niños a reflexionar sobre procedimientos para adquirir conocimientos, y ser ellos mismos quienes resuelven sus propias problemáticas, siendo programadores de su conocimiento en el aprendizaje; pero lo que realmente nos interesa son las teorías en las que se fundamenta para exponer este concepto. En primera instancia debemos considerar que Seymour Papert desarrolla una de sus concepciones del aprendizaje sobre el uso de las computadoras como aporte a la educación, y las describe como objetos amigables en el medio *“Su esencia es su universalidad, su poder es simular. Dado que es capaz de asumir un millar de formas y cumplir un millar de funciones puede resultar atractiva para un millar de gustos”* (Papert, 1981^a, p.14). Como ejemplificación o resultado de su teoría sobre las computadoras en la educación, desarrolla un lenguaje de programación denominado “Logo” (lenguaje de la tortuga), herramienta con la cual los niños, en este caso, y las máquinas, pueden

comunicarse en un lenguaje fácil y atractivo, siendo ellos desarrolladores de su universo de aprendizaje. *“La experiencia fundamental del aprendizaje no es la de memorizar datos o practicar destrezas. Más bien es llegar a conocer la Tortuga, explorar lo que ella puede y no puede hacer”* (Papert, 1981^a, p.160); pero la visión de Logo, con este resultado, no es dejar completamente solo al niño con sus cuestionamientos intelectuales, se basa en construir procesos que vinculen al niño con el educador; es decir, los niños comprenden que el educador también es un alumno y que todos, incluido el maestro, aprenden de sus errores, dando origen a otra teoría válida *“Compartir el problema y la experiencia de resolverlo permite al niño aprender del adulto, no “haciendo lo que el maestro dice” sino “haciendo lo que el maestro hace””* (Papert, 1981^a, p.137).

Una instancia clave que Papert expone son las potenciales problemáticas o errores en el proceso de aprendizaje, generándose espontáneamente como problemáticas de exploración y cómo éstas pueden ser transformadas en teorías favorables con el uso del sentido común, relacionándolo con algo ya existente para después construir soluciones a través del análisis del problema encontrado o planteado. *“La escuela enseña que los errores son malos; la última cosa que uno desea es examinarlos, detenerse en ellos, o reflexionar sobre ellos... La filosofía de la depuración propone una actitud opuesta. Los errores nos benefician porque nos llevan a estudiar lo que sucedió, a comprender lo que anduvo mal y, a través de comprenderlo, a corregirlo”.* (Papert, 1981^a, p.135)

El estudio de Seymour Papert llega a ser considerado como “constructivismo”, a diferencia de su inspiración Piaget, que toca teorías de “construccionismo”. Básicamente, la diferencia está en que Papert toma las teorías de Piaget y las evoluciona, dándole a la herramienta u objeto, en este caso la computadora, una mayor inclusión, que puede ser usada por el niño para hacer planteamientos acerca de su pensamiento. Las teorías de Seymour Papert llegaron a tener éxito en el campo educativo, sobre todo, en la pedagogía de los niños, dando paso a que se apliquen o relacionen en diferentes campos, como el de la Industria LEGO, colaborando con un producto programable en Logo, llamado LEGO Mindstorms.

“De manera que en mi propia reflexión he colocado mayor énfasis en dos dimensiones implícitas pero no elaboradas en la propia obra de Piaget: el interés en las estructuras intelectuales que podrían desarrollarse, en oposición a aquellas que realmente se desarrollan actualmente en el niño, y el diseño de ambientes de aprendizaje que estén en consonancia con ellas...” (Papert, 1981^a, p.186)

2.2.2 John Dewey (El Aprender haciendo)

El propósito general de pensadores como John Dewey no se aleja de la función principal de evolucionar las formas de educación o aprendizaje. Así como autores como Papert lo exponen y aplican, este autor se interesó, en sus inicios, por la enseñanza pública, para

después elaborar fundamentos de su filosofía en la educación, basados en el pragmatismo. Sus trabajos de estudio en la pedagogía resultaban consecuentes para comprobar la validez de la experimentación, como uno de sus grandes principios. Dewey se convenció que enfrentarse a situaciones problemáticas que aborden nuestro interés, tendría como resultado una experiencia de crecimiento activo, sobre todo, en los niños.

Al estudiar a Dewey nos encontramos con fuertes teorías acerca de la escuela, el niño, los métodos de enseñanza, la democracia en la educación y teorías pedagógicas como *“el alumno como centro de la acción educativa, el aprender haciendo, la escuela como el lugar donde el valor del conocimiento es resolver”* (Dewey, 2002 p.3), tomado por objeto de investigación el estudio acerca de la teoría del aprender haciendo.

Dewey desarrolla teorías como la del “aprender haciendo”, que es aquella en la que los niños desarrollan aptitudes precisas para resolver problemáticas planteadas por ellos mismos, mediante la exploración y la investigación dentro de un espacio; es decir, aprender de su experiencia, buscando generar en ellos indagación e interés, estimulando a una respuesta más creativa para futuras situaciones que se den en su aprendizaje.

“Recordemos nuestra infancia, me imagino que cada uno de nosotros aprendió a andar en bicicleta; cuando lo hiciste por primera vez nadie te dio un manual de instrucciones para que lo leyeras antes, ni te dieron a conocer la historia de la bicicleta, ni cómo se creó la primera, simple y sencillamente aprendiste andando en bicicleta.” (“Aprender - Ensayos de Colegas - Inkidolphin,” n.d.)

Tanto Dewey como Papert son portadores de teorías que, hoy en día, se desarrollan como aportes a la enseñanza actual en los niños y en las escuelas contemporáneas. La aplicación, crítica o estudio de éstas son, en la actualidad, un referente conceptual para la aceptación dentro del campo de la investigación de la educación para niños, ya que más que un fin transcendental, cumplen un aporte social.

2.3 LOS JUEGOS DIDÁCTICOS O LÚDICOS, QUÉ BENEFICIOS TIENEN PARA LA PEDAGOGÍA EN NIÑOS

En los niños la palabra “juego” está directamente relacionada con la diversión, y en la pedagogía con el aprendizaje que éste puede estimular en ellos. Si no es su principal actividad, los juegos se presentan como un estimulante ante los niños para que éstos desarrollen diferentes habilidades cognitivas, de concentración o de interacción social. El jugar puede considerarse como una acción de distracción, pero también como una guía eficaz aplicada para hacer entender a un niño la realidad. Mediante éste, las personas,

sobre todo, los más pequeños experimentan un aprendizaje que los hace crecer en el entorno educativo. Independientemente de su edad, el jugar se vuelve parte de las actividades lúdicas que acompañarán su conocimiento. *“Los niños crecen jugando, una parte muy importante de su desarrollo tiene que ver con el juego, ya que es un estímulo para acrecentar su inteligencia y su creatividad; los juegos didácticos contribuyen a que los niños piensen más, que puedan razonar más y que puedan tener una mayor capacidad de análisis y síntesis.”* (“Juguetes didácticos: Diversión y aprendizaje - ProQuest,” n.d.)

La cantidad de juegos, hoy en día, es innumerable y, por objetos de estudio de esta tesis, nos enfocaremos a los juegos utilizados en edades escolares, guiando nuestro enfoque a juegos lúdicos para el aprendizaje, como los famosos rompecabezas. La función que éstos cumplen en los niños es prioritaria, ya que estimulan la concentración en la actividad, mediante la resolución de problemáticas paso a paso, refuerzan el desarrollo de percepciones de espacio, el desarrollo de la memoria, incrementan su agilidad mental y su motricidad fina. Conseguir un diseño atractivo, combinando variables en formas, tamaños, gráficos, texturas, etc., despiertan la atracción y concentración del usuario sobre el mismo.

“Muchos juegos ofrecen ser didácticos y entretenidos; sin embargo, según la especialista, hay algunos factores que hay que tomar en cuenta al buscarlos: que estimulen la imaginación, es decir, la facilidad natural del niño para crear historias e imaginar lugares donde puede estar con este material; y que produzca situaciones narrativas que propicien el diálogo y la convivencia con otros compañeros, con sus maestros o con sus padres, lo que estimula a su vez las habilidades lingüísticas.” (“Juguetes didácticos: Invitan a aprender - ProQuest,” n.d.)

Entre los beneficios pedagógicos de armar rompecabezas están:

- *“Ejercitan la memoria visual, puesto que tienen que recordar cómo era el dibujo que deben reconstruir.*
- *Trabajan la motricidad fina de los dedos a través de la manipulación de las piezas y el agarre de pinza.*
- *Potencian las habilidades espaciales y matemáticas.*
- *Mejoran las habilidades para percibir el mundo en imágenes, lo cual es la antesala del desarrollo de capacidades para la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.*
- *Desarrollan la capacidad de entender, aprender y organizar las formas espaciales.*
- *Hacen que se practique la comparación y el análisis.*
- *Potencian la concentración.”*

(“Hacer puzles, una actividad lúdica y pedagógica | Edukame,” n.d.)

2.4 INCLUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE

En la actualidad, al hablar de tecnología estamos directamente ligados a mencionar un computador y a la inclusión que la sociedad le ha dado dentro de su estilo de vida, sin importar condición social, étnica o de género; entonces, es lógico pensar en la introducción, en la incorporación de herramientas tecnológicas para el avance en el área del aprendizaje.

Si describimos a una computadora (Máquina electrónica capaz de almacenar información y tratarla automáticamente mediante operaciones matemáticas y lógicas, controladas por programas informáticos) como un avance tecnológico de crecimiento indefinido, aceptada actualmente en la sociedad, en la mayoría de espacios públicos y personales, la programación de una computadora es, entonces, el vínculo directo entre la inteligencia humana con la inteligencia artificial o mecánica que creamos en la máquina; es decir, *“Programar una computadora no significa ni más ni menos que comunicarse con ella en un lenguaje que tanto la máquina como el usuario puedan “comprender””*. (Papert, 1981^a p.19)

Es básico, lógico e indispensable, razonar sobre este concepto para, solo entonces, poder incluirlo como parte del aprendizaje tecnológico e incorporarlo como una herramienta a la cual programamos para un fin determinado. El uso correcto de las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) como canales de interactividad resultarán claves para determinar la inclusión de la tecnología en el aprendizaje, aplicado en determinado software, brindando al usuario mayor protagonismo en su propio aprendizaje.

Si revisamos las teorías de aprendizaje, ya analizadas, éstas sugieren un tipo de comunicación tan clara, guiada a través de procesos interactivos amigables e interesantes, que brinden al usuario una experiencia dentro de su propio proceso; es decir, *“se envuelve en el experimento, se hace parte de él, plantea sus propias preguntas (o son planteadas por el museo); se sugieren algunas posibles respuestas y es el visitante quien extrae sus propias conclusiones”* (Jiménez & Palácio, 2010 p.234)

El campo de estudio donde se aplicará este documento son los museos, y los referentes de inclusión, en estos espacios, sugieren importantes características de la usabilidad interactiva en estos centros que consisten, por un lado, en la motivación que representa para el visitante ser parte activa en las exhibiciones; pero, sobre todo, y en lo posible, a que sea capaz de razonar autónomamente sobre sus experiencias. Por el otro, el uso de las nuevas tecnologías de la información y las telecomunicaciones contribuyen a realizar una divulgación de la ciencia y la tecnología con mayores recursos, provenientes de las denominadas TICs. *“Vale la pena resaltar, también, que con la interactividad se da la oportunidad de experiencias de carácter lúdico que «exaltan la belleza de la tecnología y la naturaleza» (Parque Explora, s. f.), que divierten y entretienen al visitante.”* (Jiménez & Palácio, 2010 p.250)

2.5 LAS TICs Y E-LEARNING

En la actualidad, y desde hace ya tiempo, el uso de herramientas tecnológicas se ha ido perfeccionando a pasos agigantados como un vehículo dentro del aprendizaje, y la razón cabe en que este tipo de herramientas le dan al individuo una infinidad de alternativas para ejecutarlas en diferentes actividades de estudio. Uno de los motivos por los cuales se prefiere esta herramienta en el campo de estudio, es que las nuevas generaciones se están educando en un contexto visual y auditivo que predominan frente a lo textual, los formatos multimedia e interactivos llaman más la atención del estudiante, y el uso del internet facilita un acceso discreto y universal sobre su curiosidad. El desarrollo profesional de estos campos deben ser utilizados como una herramienta en el desarrollo tecnológico, es decir *“los programadores y diseñadores deberían colaborar con profesores y educadores para producir aplicaciones software realmente eficaces desde el punto de vista pedagógico.”* (Gallego, 2001 p.35)

Las TIC's (Tecnologías de la información y la comunicación) son herramientas que potencializan y dan un fácil uso a los procesos, tanto de enseñanza como de aprendizaje, en el medio contemporáneo. Si bien los estudiantes son los que las dominan mejor que los profesores, cabe considerar que el uso de estos sistemas de enseñanza son de obligación educativa para el maestro, y su entorno de enseñanza está llamado a ser parte de su formación, en la actualidad. El denominado “e-learning” ayuda en este proceso como una herramienta para los docentes y de aplicación para los estudiantes o profesionales.

“El secreto para que la combinación entre la enseñanza y las nuevas tecnologías funcione es poner en contacto a estos dos grupos de profesionales. Solo así se consiguen aplicaciones pedagógicamente efectivas.” (Gallego, 2001 p.36)

Evocando los inicios de la inclusión tecnológica en el campo de la educación, recordamos un principio básico para el uso de cualquier sistema tecnológico ***“no se trata de que las máquinas programen a los niños, sino de que éstos programen a las máquinas”*** (Papert, 1981 p.17); es decir, desarrollar software educativos mediante las nuevas tecnologías es un reto que la comunidad nos exige a través de nuevas tecnologías para la aplicación y evolución de nuevos conceptos. El Uso que, hoy en día, podemos dar a las Tic's en la enseñanza es amplio, como por ejemplo aplicaciones multimedia interactivas para el aula o un espacio de aprendizaje, herramienta de acceso a la información (bibliotecas virtuales), como instrumento que potencie la creatividad del alumno, plataformas online, entre otras.

“En el futuro, y como ciudadanos de la ‘Sociedad de la Información’, todos tendremos el objetivo de aprender -para adaptarnos a una sociedad en continuo cambio- y también

enseñar –comunicando a los otros nuestro conocimiento esforzándonos por hacerlo inteligible. Así que no nos preocupemos, que trabajo, desde luego, es lo que no les va a faltar a los pedagogos en estas alboras del recién estrenado milenio...” (Gallego, 2001 p.42)

2.6 LA REALIDAD AUMENTADA

Se podría definir la Realidad Aumentada como la mezcla de información virtual de cualquier tipo: imágenes, texto o figuras 3D, con información física, en un mismo escenario y en tiempo real. La Realidad Aumentada, tiene como objetivo ampliar la realidad que percibimos con nuestros sentidos, enriquecer un objeto real físico, con cualquier tipo de información digital, utilizando dispositivos tecnológicos y por supuesto un sistema informático.

La Realidad Aumentada es una tecnología que está avanzando rápidamente, sobre todo, en el campo de la educación, ya que son diversas la utilidades que ésta puede brindar, dentro y fuera del aula, mediante aplicativos didácticos, que permiten que los alumnos interactúen, perciban y controlen objetos virtuales, que de otra manera sería imposible.

En cualquier sistema de Realidad Aumentada se necesita dispositivos tecnológicos que identifiquen el escenario real, que lo clasifiquen, y visualicen tanto el entorno real como la información digital.

Los componentes necesarios para un sistema de Realidad Aumentada son los siguientes:
(Figura 1)

- **Cámara:** indispensable para captar el escenario.
- **Marcador:** el elemento que activará la Realidad Aumentada.
- **Información virtual:** los datos que recibirá el usuario.
- **Pantalla:** en donde se visualizará la información aumentada.
- **Software:** que se encargue de interpretar la información y reproducirlo en dispositivos.

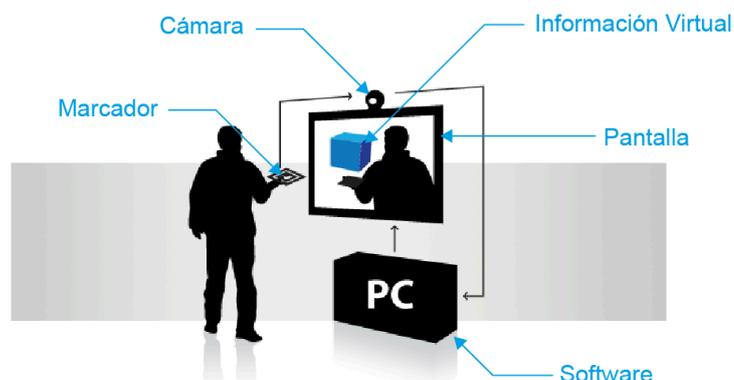


Figura 1. Recuperado de

<http://www.ar-books.com/interior.php?contenido=ra.php>

Además de estos componentes, los sistemas de Realidad Aumentada, requieren al menos cuatro tareas fundamentales para llevar a cabo el proceso de aumento: (Figura 2)

1. **Captación de la escena:** es la tarea más importante. Consiste en la identificación del escenario que se va a aumentar. Existen diferentes tipos de dispositivos físicos que recogen la realidad que va a ser ampliada. Se pueden clasificar en dos grandes grupos:
 - **Dispositivos de captura:** son dispositivos que capturan imágenes o videos que se encuentran aislados de los dispositivos de visualización.
 - **Dispositivos de captura-visualización:** éstos se encargan de capturar la escena real y mostrarla con información aumentada al usuario.
2. **Identificación de las escenas o escenarios:** consiste en identificar el escenario físico real que se va a aumentar. Esto puede llevarse a cabo de dos maneras, con o sin marcadores.
 - **Reconocimiento por marcadores:** un marcador o patrón es un símbolo impreso (generalmente sobre una hoja), el cuál reconocerá el sistema y realizará el proceso de aumento.
 - **Reconocimiento sin marcadores:** este proceso se realiza mediante el reconocimiento de imágenes o estimación de posición.
3. **Fusión de la realidad y el aumento:** en este punto se sobrepone la información virtual que se quiere ampliar sobre el escenario real capturado.
4. **Visualización:** es la última tarea que se lleva a cabo, y en la que se mostrará la escena real con la información de aumento. (Figura 3)



Figura 2. Recuperado de

<http://www.ar-books.com/interior.php?contenido=ra.php>

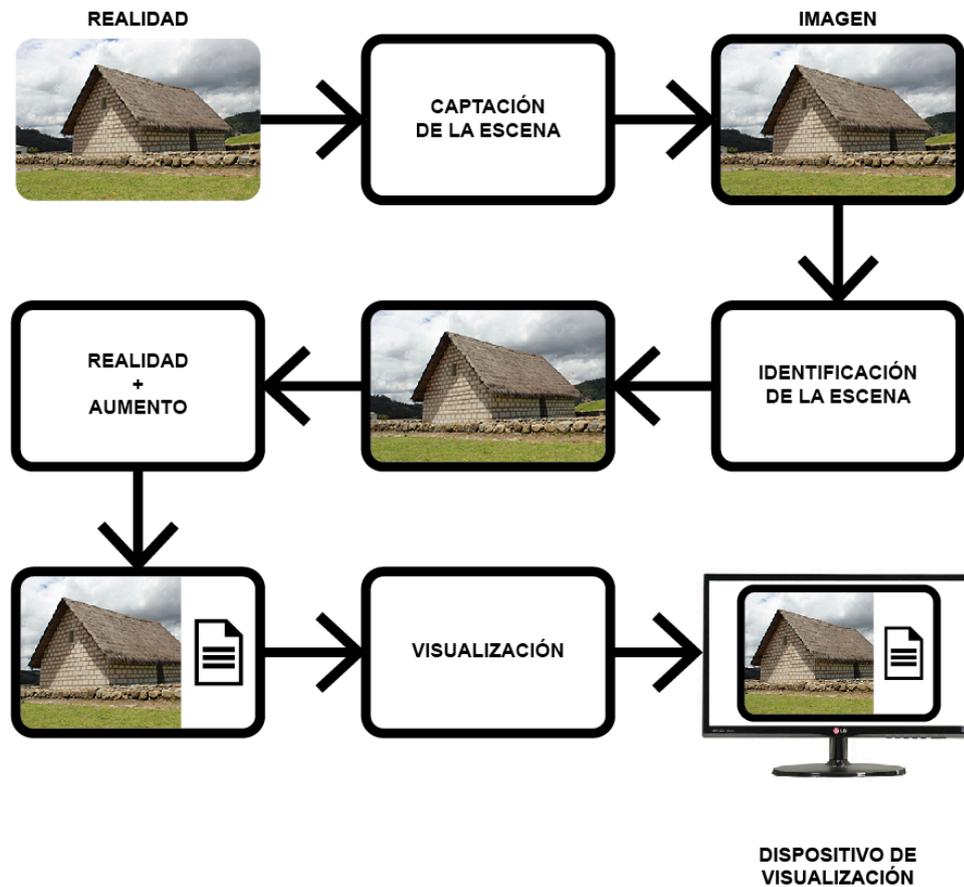


Figura 3. Gráfico del proceso de aumento

2.7 EL SOFTWARE LIBRE Y CÓDIGO ABIERTO

En el desarrollo de trabajos en Realidad Aumentada, el uso de software y librerías especializadas para este tipo de proyectos es muy importante. En internet se pueden encontrar algunas aplicaciones que fueron basadas en los conceptos del software libre y código abierto y están a disposición de los usuarios, ya que esto permite el intercambio de conocimientos, actualizaciones, mejoras y contribuciones para aumentar las prestaciones que cada uno de ellos puede ofrecer. A continuación se describe, brevemente, las características de cada uno de ellos para entender después el funcionamiento de las librerías en el desarrollo de aplicaciones en Realidad Aumentada.

Software Libre: se refiere a todo tipo de programas que pueden ser copiados, estudiados, modificados y redistribuidos de forma gratuita y libremente de varias formas, por los usuarios.

Richard M. Stallman, fundador de la Free Software Foundation, una organización no lucrativa, dedicada a promover el uso y desarrollo del software libre, definió las cuatro libertades o principios del software libre:

“1. La libertad de ejecutar el programa sea cual sea el propósito.

2. *La libertad para modificar el programa para ajustarlo a tus necesidades. (Para que se trate de una libertad efectiva en la práctica, deberás tener acceso al código fuente, dado que sin él la tarea de incorporar cambios en un programa es extremadamente difícil.)*
3. *La libertad de redistribuir copias, ya sea de forma gratuita, ya sea a cambio del pago de un precio.*
4. *La libertad de distribuir versiones modificadas del programa, de tal forma que la comunidad pueda aprovechar las mejoras introducidas.”(Stallman, 2004, p. 19)*

El Software de código abierto o en inglés open source: se refiere a que el código fuente del software está disponible para que todos los usuarios puedan adaptar e incluso mejorar dicho código, según sus necesidades.

Eric S. Raymond lidera el movimiento del Código Abierto, cuyas directrices determinan que *“El código abierto no significa sólo acceso al código fuente. Los términos de distribución de software de código abierto deben cumplir con los siguientes criterios:*

1. *Libre redistribución.*
2. *Código Fuente.*
3. *Obras Derivadas.*
4. *Integridad del código fuente del autor.*
5. *No discriminación contra personas o grupos.*
6. *No discriminación en función de la finalidad perseguida.*
7. *Distribución de la licencia.*
8. *La licencia no debe ser específica de un producto.*
9. *La licencia no debe restringir otro software.*
10. *La licencia debe ser tecnológicamente neutral” (“The Open Source Definition | Open Source Initiative,” n.d.)*

2.7.1 Tipos de software para Realidad Aumentada

Existen diferentes tipos de Realidad Aumentada. Dependerá de la aplicación que se quiera desarrollar para utilizar uno u otro; es por eso que existen varios programas que permiten la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada. Dentro de estos encontramos software libre y software con licencia. Es necesario recalcar que para implementar proyectos de Realidad Aumentada, además se requiere software para programación y software para el tratamiento de imágenes y modelado 3d.

A continuación citaremos algunos tipos de software para desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada.

2.7.1.1 ATOMIC Authoring Tool (software libre)

Una herramienta que funciona en las plataformas más utilizadas en la actualidad. Tiene una interfaz, diseñada para el uso de la librería Artoolkit. Permite desarrollar de manera rápida y sencilla pequeñas aplicaciones de Realidad Aumentada.

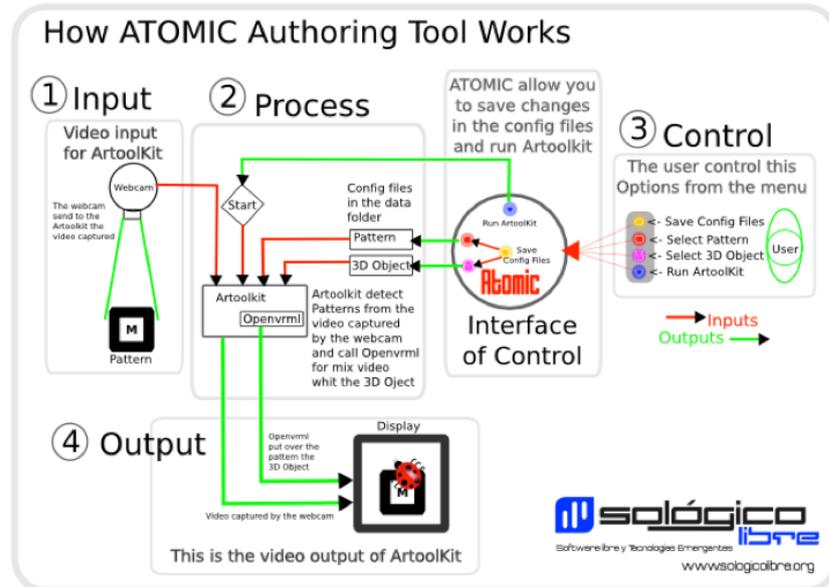


Figura 4. Esquema de funcionamiento ATOMIC Authoring Tool. Recuperado de <http://www.solologiclibre.org/projects/atomic/es/index.php?page=Como+funciona+ATOMIC>

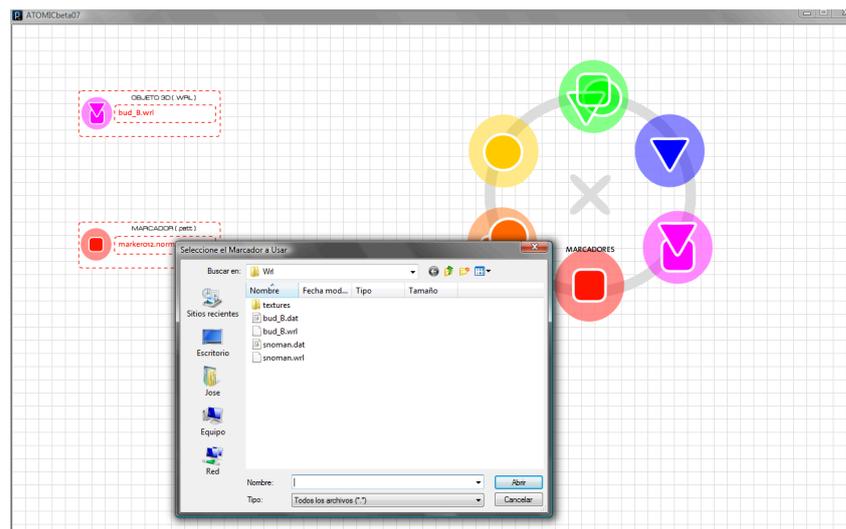


Figura 5. Interfaz ATOMIC Authoring Tool. Recuperado de <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomicsscreenshot.png>

Link de descarga: <http://atomic-project.sourceforge.net/>

2.7.1.2 ATOMIC Web Authoring Tool (software libre)

Esta interfaz está desarrollada en el lenguaje Processing y su núcleo en Action Script 3. La primera versión de esta herramienta fue lanzada en marzo de 2010, y nació como un proyecto más de ATOMIC Authoring Tool. Permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada para ser exportadas a cualquier sitio web, ésta su principal característica.

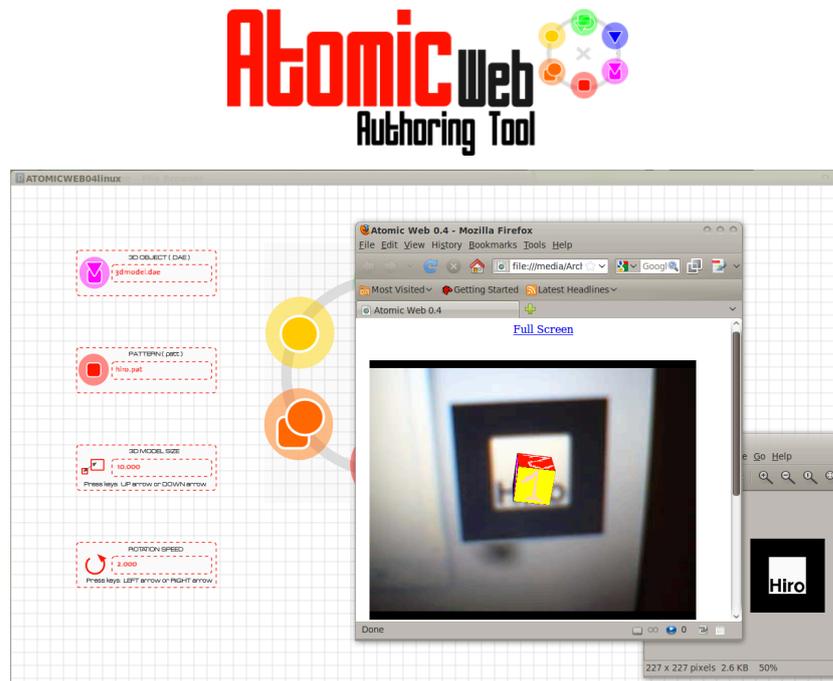


Figura 6. Interfaz ATOMIC WEB Authoring Tool. Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/ATOMIC_Web_Authoring_Tool

Link de descarga: <http://www.sologolibre.org/projects/atomicweb/es/>

2.7.1.3 Aumentaty Author (software con licencia)

Es una herramienta que permite la construcción de contenido de Realidad Aumentada, sin necesidad de tener conocimientos de programación. La aplicación de Realidad Aumentada se construye a través de una interfaz gráfica de usuario. Al igual que ARToolkit, utiliza marcadores para reconocer el espacio tridimensional. Esta herramienta se complementa con Aumentaty Viewer, necesaria para visualizar los proyectos desarrollados.

El manejo de esta herramienta, al no necesitar conocimientos de programación, resulta fácil e intuitivo, ya que con el sencillo proceso de arrastrar y soltar se puede crear una aplicación de Realidad Aumentada.

La interfaz de usuario de esta herramienta se divide en cuatro zonas:

Menú: en donde se encuentran las diferentes opciones: Fichero, cámara, ver, idioma, ayuda.

Panel Izquierdo: marcas y bibliotecas.

Panel Central: visualizador de la escena de Realidad Aumentada.

Panel Derecho: herramientas de edición.



Figura 7. Interfaz Aumentaty Autor. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=rq6mIXq-SXo>

Link de descarga: <http://author.aumentaty.com/>

La versión comercial cuesta 50 € + IVA

2.7.1.4 COLLADA (plugin libre)

Creado en sus inicios por Sony Computer Entertainment. Pasó luego a ser propiedad The Khronos Group. Es un formato de archivo (.DAE) que sirve para el intercambio de archivos 3D. Este formato ha sido adoptado por la ISO como una especificación estándar y tiene licencia de software MIT, Massachusetts Institute of Technology.

Este plugin forma parte del conjunto de herramientas OpenCOLLADA Tools que existe para los sistemas operativos Windows, Mac OS X y Linux y trabaja con la mayor parte de software para la creación de contenido 3D.

OpenCOLLADA ha generado COLLADAMax y COLLADAMaya que permiten exportar escenas o partes de escenas con una formidable reducción de datos y, por ende, un mejor rendimiento del consumo de memoria.

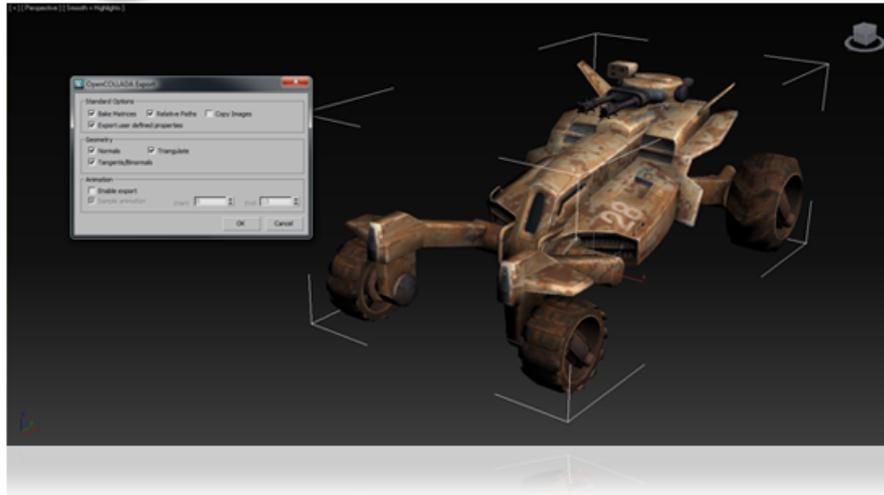


Figura 8. Interfaz COLLADA. Recuperado de

http://www.garagegames.com/products/torque-3d/overview/asset_pipeline

Link de descarga:

<https://github.com/KhronosGroup/OpenCOLLADA/wiki/OpenCOLLADA-Tools>

2.7.1.5 AR Media (plugin con licencia)

Es un plugin desarrollado por Inglobe Technologies para dar soluciones rápidas de Realidad Aumentada basadas en contenidos 3D existentes, lo que permite conseguir buenos resultados y sin la necesidad de programación previa. Cuenta, además, con su propio visualizador de contenido llamado AR Media Player.

Este plugin está disponible para la mayoría de software como: Autodesk 3dsMax, Autodesk Maya, Trimble SketchUp, Maxon Cinema 4D, Vectorworks y Nemetschek Scia Engineer.

Podemos descargar la versión gratuita de prueba o comprar la licencia por 249 €. en el siguiente link:

http://www.armedia.it/armedia_products.php



Figura 9. Interfaz AR Media. Recuperado de http://www.software-shop.com/in.php?mod=ver_producto&prdID=488)

2.7.2 Librerías de Realidad Aumentada

2.7.2.1 ARToolKit. Creado originalmente por Hirokazu Kato en 1999 y mantenida por HIT Lab de la Universidad de Washington, desarrollado en lenguaje C/C++. Es una biblioteca (librería) de software para crear aplicaciones de Realidad Aumentada. “Está basado en un algoritmo de detección de bordes y un método rápido de estimación de la orientación” (González, Albusac, Vallejo, & Castro, p. 24), lo que hace que sea una de las herramientas más intuitivas y la más utilizada para desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada.

“Algunas de las características más destacables son:

- **Tracking de una cámara.** ARToolKit en su versión básica soporta de forma nativa el tracking de una cámara, aunque puede utilizarse para tracking multicámara (si el programador se hace cargo de calcular el histórico de percepciones). La biblioteca soporta gran variedad de modelos de cámaras y modelos de color.
- **Marcas negras cuadradas.** Emplea métodos de tracking de superficies planas de 6 grados de libertad. Estas marcas pueden ser personalizadas, siempre que el patrón no sea simétrico en alguno de sus ejes.
- **Rápido y Multiplataforma.** Funciona en gran variedad de sistemas operativos (Linux, Mac, Windows, IRIX, SGI...), y ha sido portado a multitud de dispositivos portátiles y Smartphone (Android, iPhone, PDAs...).
- **Comunidad Activa.** A través de los foros¹ y listas de correo se pueden resolver problemas particulares de uso de la biblioteca.
- **Licencia libre.** Esto permite utilizar, modificar y distribuir programas realizados con ARToolKit bajo la licencia GPL v2.” (González, Albusac, Vallejo, & Castro, p.16)

ARToolkit, es una librería que está compuesta de tres módulos:

“Vídeo: Este módulo contiene las funciones para obtener frames de vídeo de los dispositivos soportados por el Sistema Operativo. El prototipo de las funciones de este módulo se encuentra el fichero de cabecera video.h.

AR: Este módulo principal contiene las funciones primordiales de tracking de marcas, calibración y estructuras de datos requeridas por estos métodos. Los ficheros de cabecera ar.h, arMulti.h (subrutinas para gestión multipatrón) y param.h describen las funciones asociadas a este módulo.

Gsub y Gsub_Lite: Estos módulos contienen las funciones relacionadas con la etapa de representación. Ambas utilizan GLUT, aunque la versión “_Lite” es más eficiente y no tiene dependencias con ningún sistema de ventanas concreto. En estos módulos se describen los ficheros de cabecera gsub.h, gsub_lite.h y gsubUtil.h.” (González, Albusac, Vallejo, & Castro, p. 24).

Link de descarga: www.hitl.washington.edu/artoolkit/

2.7.2.2 OpenGL (Open Graphics Library). Un API, multiplataforma y multilenguaje para desarrollar aplicaciones que procesen gráficos 2d y 3d. Cuenta con más de 250 funciones diferentes. La primera versión de OpenGL fue publicada en enero de 1992. Su funcionamiento consiste en reconocer primitivas geométricas simples: puntos, líneas y polígonos y convertirlos en píxeles.

Esta API, se basa en procedimientos de bajo nivel, lo que lleva a que el programador debe establecer pasos necesarios puntuales para renderizar una escena. Open GL, permite añadir nuevas funcionalidades por medio de extensiones. Estas extensiones introducen, entre otras, nuevas funciones y constantes en funciones ya existentes.

Link de descarga: <http://www.opengl.org/>

2.8 SOFTWARE PARA MODELADO 3D

Este término se refiere a gráficos creados a partir de programas especializados en la generación de formas, mediante un proceso de cálculos matemáticos sobre geometrías tridimensionales en un computador, consiguiendo así efectos de iluminación, animación y renderizado.

2.8.1 Software libre para modelado 3D

2.8.1.1 Blender: Es tal vez el software más popular por su fácil manejo y prestaciones. Fue desarrollado en la década de los 90 en un estudio holandés de animación 3D llamado NeoGeo, y dedicado al modelado, renderizado y animación de gráficos 3D. Sus principales características: compacto, multiplataforma, de libre distribución, desarrollado en lenguaje Python; permite además la edición de audio y sincronización de video.



Figura 10. Interfaz Blender. Recuperado de

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Blender_Version_2.570.jpg

Link de descarga: <http://www.blender.org/>

2.8.1.2 K3-D: Es un software libre de animación y modelado 3d. Cuenta con un motor de procedimiento, orientado a plugins, lo que hace que sea una herramienta muy versátil, intuitiva, consistente y muy potente.

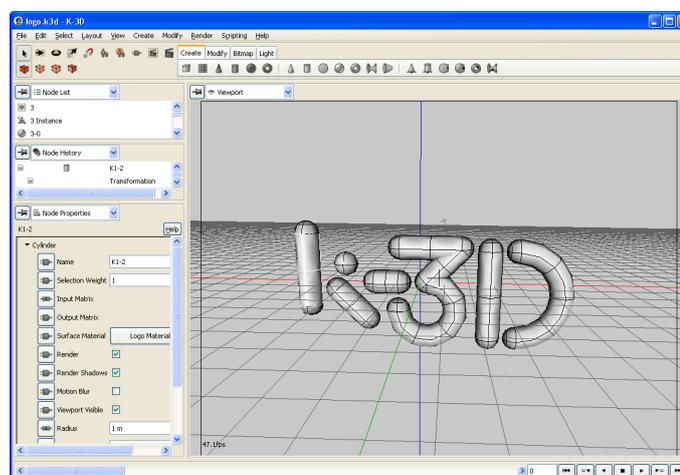


Figura 11. Interfaz K3-D. Recuperado de

<http://en.wikipedia.org/wiki/K-3D>

Link de descarga: <http://www.k-3d.org/>

2.8.1.3 Art of Illusion: Un software libre, de código abierto, desarrollado en lenguaje java por Peter Eastman, es un software de modelado 3D, además de texturado. Cuenta con una interfaz limpia, diseñada para ser simple de usar y fácil de aprender. Una de las características más excepcionales de esta herramienta es su editor de texturas.

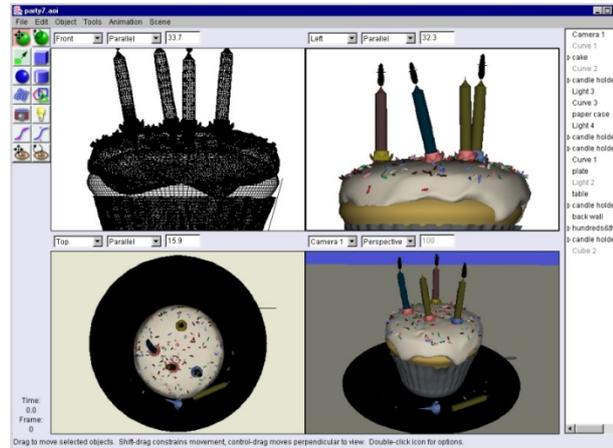


Figura 12. Interfaz Art of Illusion. Recuperado de <http://www.artofillusion.org/screenshots>

Link de descarga: <http://www.artofillusion.org/downloads>

2.8.1.4 TopMod3D: Un software libre y de código abierto, multiplataforma, para modelado 3D. Efectivo, eficiente y amigable. Diseñado y desarrollado por el Dr. Vinod Srinivasan. Ha evolucionado gracias a portes de estudiantes de diferentes facultades de la Universidad de Texas. Esta herramienta permite crear, fácil y rápidamente, modelos complejos, estáticamente agradables. Alrededor de 78.000 descargas de este software se han realizado a partir de agosto de 2007.

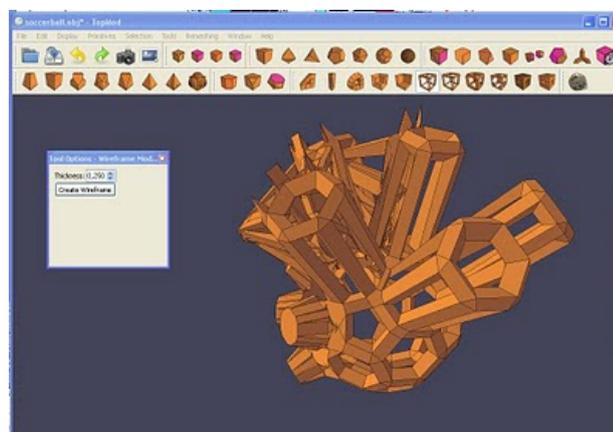


Figura 13. Interfaz TopMod3D. Recuperado de <http://gargon3d.blogspot.com/2010/02/topmod3d-un-3d-distinto.html>

Link de descarga: <https://code.google.com/p/topmod/downloads/list>

2.8.1.5 Seamless 3d: Un software de código abierto para modelado 3D y animación para web, disponible para todas las licencias MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Una herramienta práctica y poderosa. Cuenta con varios tutoriales y foros en los que se comparten conocimientos sobre el uso de la herramienta. Además, en su página web, cuenta con una gran cantidad de recursos descargables y editables.

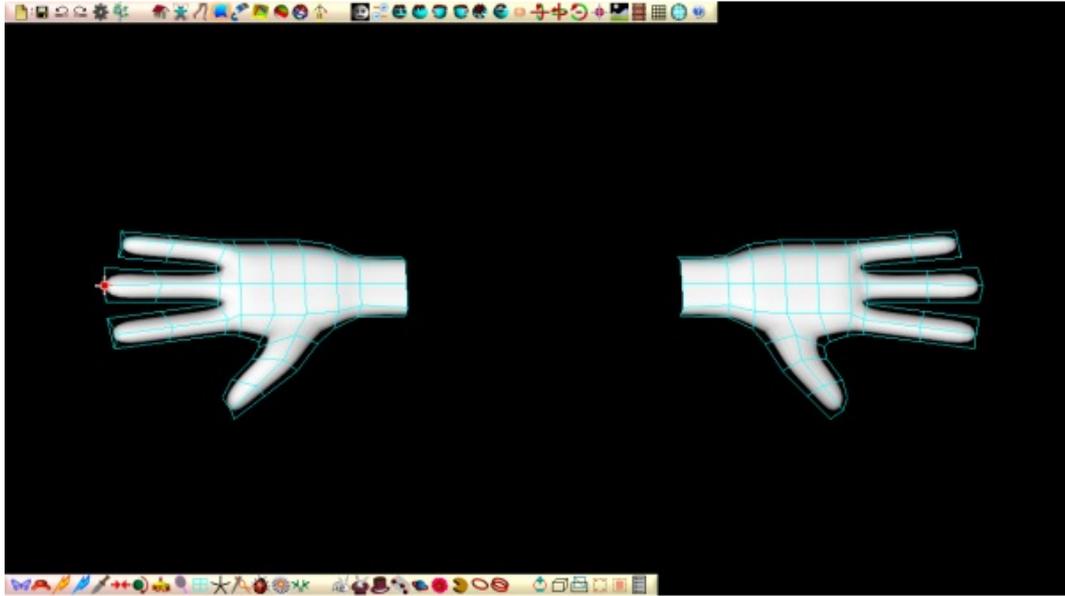


Figura 14. Interfaz Seamless 3D. Recuperado de <http://www.seamless3d.com/tut/index.html>

Link de descarga: <http://www.seamless3d.com/download/index.html>

2.8.2 Software con licencia para modelado 3D

2.8.2.1 3D Studio Max: Una solución completa de simulación, animación y renderización, desarrollado por Autodesk. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1990 con una gran cantidad de funcionalidades, desde dibujos de curvas planas, hasta un editor de mallas. Su arquitectura está basada en plugins, lo que le permite dar mejores características al software sin necesidad de actualizarlo. Es uno de los programas de animación 3d más utilizado en la actualidad, por la potencia y el tiempo de respuesta de la herramienta. Compatible con plataformas Windows. La licencia de este producto actualmente rodea los 1560 € al año, se la adquiere on-line en el siguiente link:

http://store.autodesk.es/store/adsk/es_ES/pd/productID.297305600?mktvar004=ilt_www_e_mea_es_nc_TopSell_2

CAPITULO 3

DISEÑO

3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL STAND

El stand sirve como mecanismo de apoyo para el correcto desarrollo de la actividad de aprendizaje-juego interactivo, en el cual el usuario podrá manipular el juego de manera cómoda y segura, para un mejor desenvolvimiento de los mismos.

3.1.2 Condicionantes de diseño y tecnología

A continuación se describen las principales condiciones tomadas en cuenta para el diseño del stand.

Diseño

- **Funcionales:** el stand debe permitir el correcto uso y manipulación por parte de los usuarios.
- **Estéticas:** se debe atraer el interés de los pequeños, mediante el uso de colores llamativos.
- **Conceptuales:** se debe aplicar un diseño sencillo que no compita con la aplicación de Realidad Aumentada, pero que, al mismo tiempo, sea parte de la misma.
- **Organizacionales:** facilidad de ubicación y disposición en cualquier ambiente que sea destinado.
- **Seguridad:** para evitar daños físicos en los niños, se debe eliminar vértices y aristas que puedan resultar peligrosas.
- **Antropométricas:** basadas en normativas internacionales según el rango de edad de los usuarios, para que brinde comodidad y permita su correcto uso y funcionamiento dentro del ambiente que se le designe.

Tecnológicas y Materiales

- **Tecnológicas:** el diseño del stand debe permitir su fácil construcción y reproducción.
- **Materiales:** que se puedan conseguir con facilidad y no se discontinúen del mercado.
- **Calidad:** se debe usar materiales que garanticen el uso y la durabilidad del mismo.
- **Rigidez:** los niños no deben poder mover con facilidad el stand, ya que el mismo posee componentes que podrían sufrir algún daño mecánico en su funcionamiento.
- **Resistencia:** al desgaste, golpes y derrame de líquidos sobre el mismo.
- **Acabados:** lisos y brillantes que brinden la sensación de confort al usarse, y además faciliten la limpieza y mantenimiento.

3.1.3 Determinación de los espacios funcionales del stand

Como primer paso para desarrollar el diseño del stand se determinaron tres áreas funcionales, que se muestran a continuación, y que serán descritas más detalladamente en el avance de la propuesta:

1. **Área de interacción**, o actividad de juego.
2. **Área de soporte**, lugar donde se ubicará el monitor y cámara web para la ejecución del juego.
3. **Área de contención**, que albergará las partes mecánicas, electrónicas y sistema de sonido. (Figura 17)

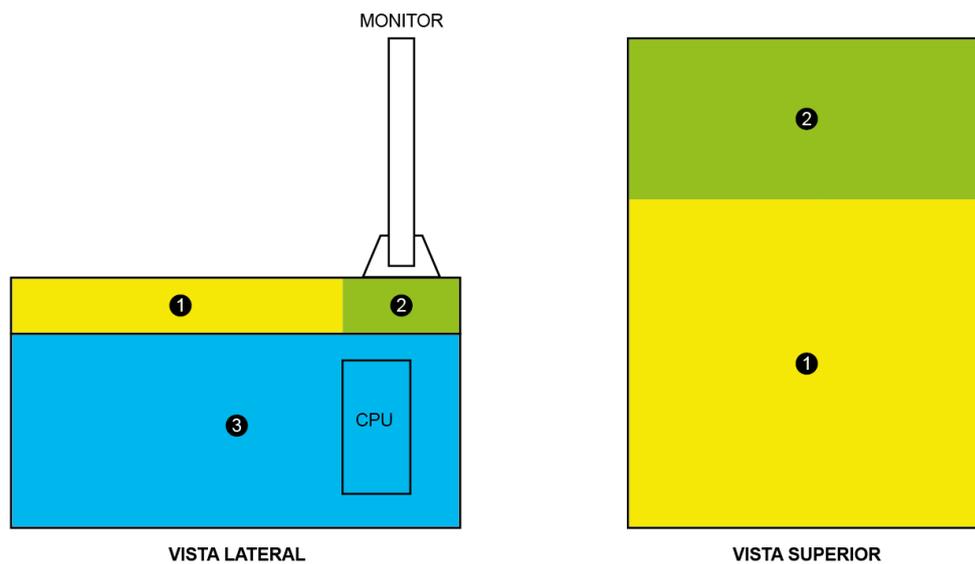


Figura 17. Espacios funcionales del stand

3.1.4 Consideraciones antropométricas

Para brindar mayor comodidad y facilidad de uso por parte de los niños, se tomó en cuenta condiciones antropométricas básicas para niños en posición erguida (para considerar las dimensiones del stand) y los grados de amplitud de movimiento de las articulaciones, tanto de cabeza (para el alcance de visión) como de la cintura (para determinar el alcance del cuerpo flexionado), tomadas del libro "Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores" (Tabla 1 y Figura 18), el cual nos da un conjunto de normas que se deben seguir para el correcto diseño del stand. Entre las principales tenemos:

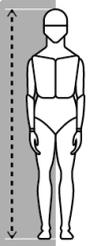
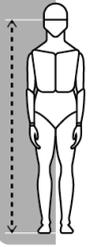
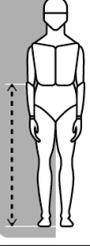
MEDIDA	DEFINICIÓN	SELECCIÓN DE PERCENTIL
 <p>ESTATURA</p>	<p>Estatura es la distancia vertical desde el suelo a la coronación de la cabeza, tomada en una persona de pie, erguida y con la vista dirigida al frente.</p>	<p>La holgura es un factor funcional operativo y, por consiguiente, se elige el percentil de categoría más elevada. Dado que la altura de techo no suele ser una dimensión problemática, el diseñador tenderá a acomodar la proporción de población más cercana al 100 %.</p>
 <p>ALTURA DE OJOS</p>	<p>La altura de ojos es la distancia vertical desde el suelo a la comisura interior del ojo, tomado en una persona de pie, erguida y con la vista dirigida al frente.</p>	<p>La altura estará relacionada con la altura de ojo de la persona más baja (percentil 5° o menos)</p>
 <p>ALTURA DE CODO</p>	<p>La altura de codo es la distancia vertical desde el suelo hasta la depresión que forma la unión de brazo y antebrazo.</p>	<p>Tomando las medidas del 5° percentil que tiene la menor altura de codo.</p>
 <p>ALCANCE DEL DEDO PULGAR</p>	<p>El alcance del dedo pulgar es la distancia que se toma desde la pared contra la que el individuo en observación apoya sus hombros hasta la punta del dedo pulgar; el brazo está completamente estirado y las puntas de los dedos medio y pulgar en contacto.</p>	<p>Esta es una típica situación en que hay que acomodar a la población de menor estatura, puesto que el factor funcional en juego es la extensión y, en consecuencia, se eligen los datos del 5 percentil.</p>
 <p>ANCHURA MÁXIMA DEL CUERPO</p>	<p>La anchura máxima del cuerpo es la mayor distancia horizontal del cuerpo, incluyendo los brazos.</p>	<p>El 5° percentil es el idóneo.</p>

Tabla 1. consideraciones antropométricas para diseño del stand.

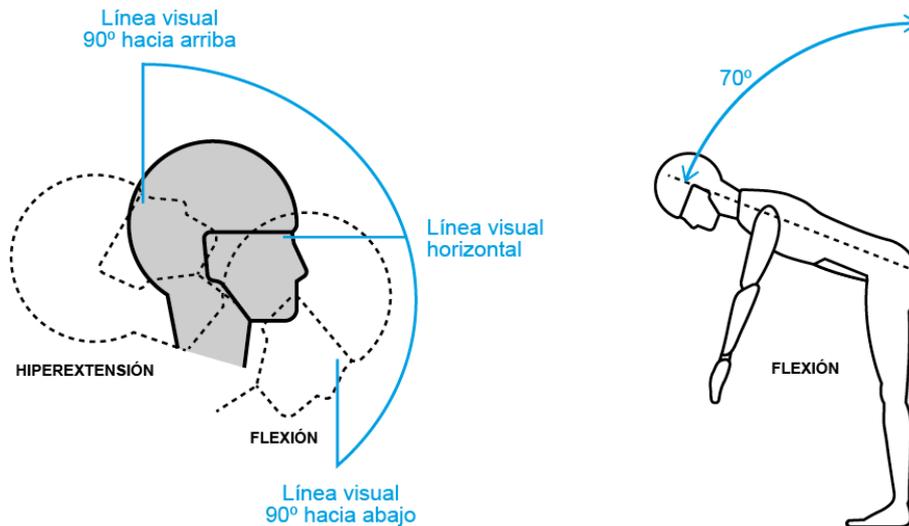


Figura 18. Amplitud del movimiento de las articulaciones)

3.1.5 La propuesta

El diseño toma como forma básica inicial al cuadrado (figura geométrica asociada con estabilidad y de fácil pregnancia en los niños); y, teniendo en cuenta la condicionante de seguridad en el diseño se optó, como parte básica y fundamental, la eliminación de aristas, en mayor grado, para dar detalles estéticos sencillos y sin perder la forma original, y en menor grado, para eliminar las aristas que podrían producir algún tipo de lesión en los usuarios. (Figura 19)

Por funcionalidad, se propone el desplazamiento interno del volumen frontal e inferior para que cuando el niño se acerque demasiado al stand, no le sea incómoda la posición de los pies. Además, este desplazamiento permite delimitar más el área de contención, separándola del piso, para que efectos como la humedad o las bajas temperaturas puedan dañar el computador instalado al interior. (Figura 20)

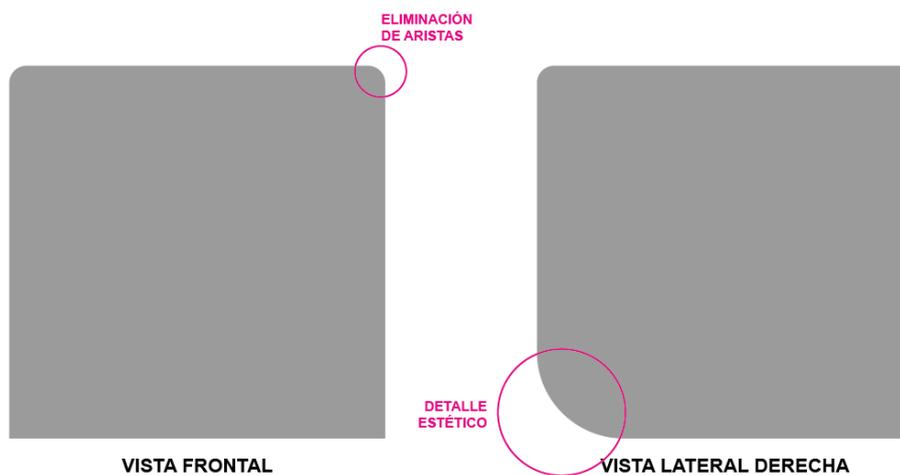


Figura 19. Eliminación de aristas

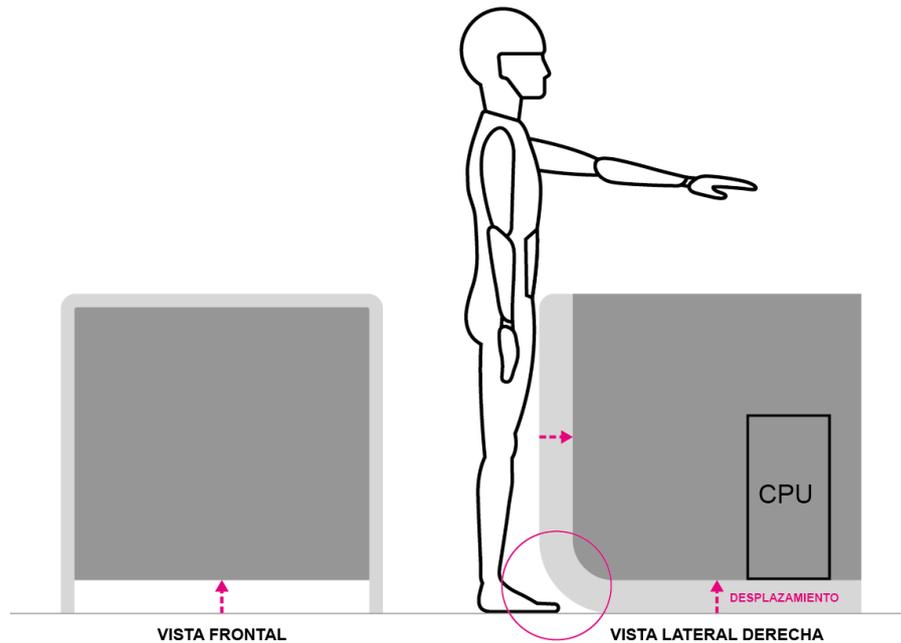


Figura 20. Transformación de los volúmenes del stand

Realizado el proceso de concepción formal, vamos a concretar la descripción de las tres áreas predeterminadas como espacios funcionales.

Área de interacción. Es el eje central del stand, en donde se realiza la actividad misma del juego tipo rompecabezas. Tiene como parte principal un torno giratorio que le permitirá al usuario rotar y acomodar mejor los elementos y, al mismo tiempo, esto le facilita visualizar el proceso constructivo de las animaciones en 3D en el monitor, además de permitirle escoger varias posiciones de visualización de las mismas. Aquí también se muestran las instrucciones básicas de funcionamiento del juego.

Área de soporte. Aquí colocaremos el monitor en donde se proyecta el juego, que le permite al usuario mirar el desarrollo interactivo entre las piezas del rompecabezas que van siendo colocadas y el resultado que producen las mismas. Adicionalmente tiene una cámara web, que detecta los marcadores de Realidad Aumentada para enviarlos al computador y éste a la vez los procesa convirtiéndolas en imágenes tridimensionales, con los motivos en que se desarrolla la temática del juego.

Área de contención. Es el lugar en el que se encuentran las partes mecánicas y tecnológicas que están conectadas entre sí, para lograr la magia del movimiento de la aplicación. Se halla formado por las siguientes partes:

- El sistema de rotación del torno, estructurado en madera con un eje central en acero.
- El mecanismo de freno electromecánico del torno, formado por un servomotor.

- Una Tarjeta Arduino, que es la que sirve de conexión entre el servomotor y el computador.
- Un computador (CPU) en donde está instalada la aplicación de Realidad Aumentada.
- Sistema de sonido para dar mayor energía al desarrollo del juego.
- Cables de conexión al monitor.

En el siguiente esquema se describe lo anteriormente dicho. (Figura 21)

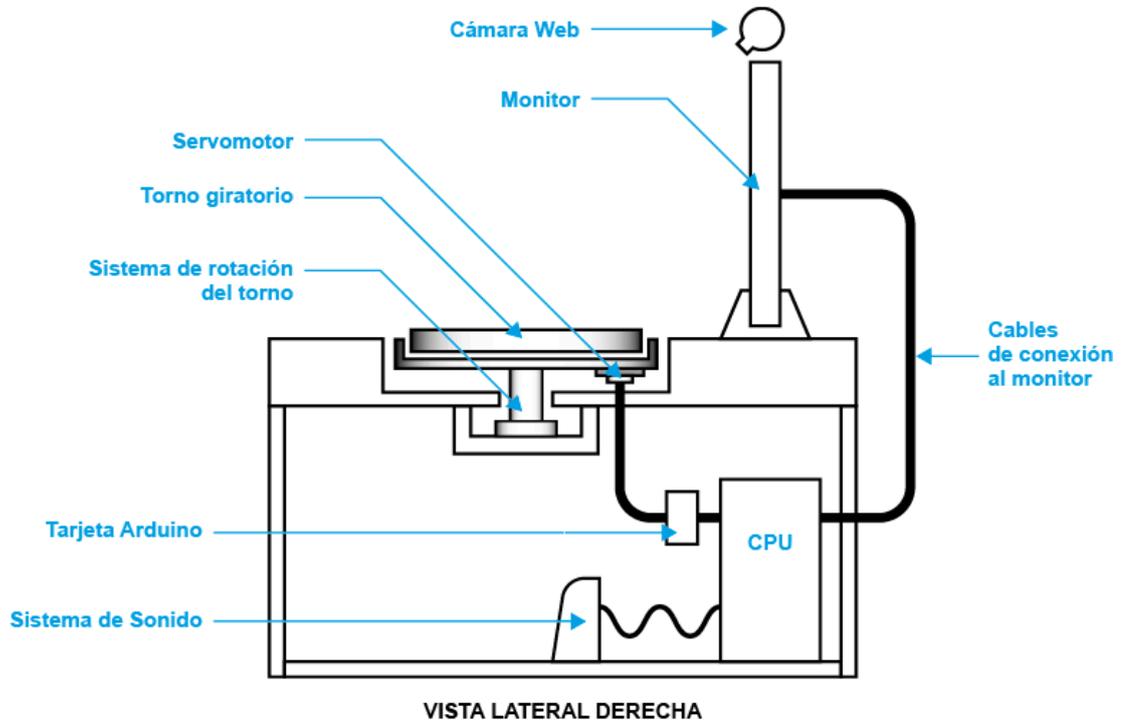


Figura 21. Elementos que forman parte del stand

Para la concreción cromática y de diseño del stand se utilizó un color en tono verde, asociado por excelencia con el crecimiento, la tranquilidad, la fertilidad y sobre todo con la naturaleza. Para reforzar este concepto asociamos una gráfica tipo paisaje, emulando un ambiente amistoso de carácter infantil con ilustraciones sencillas y vistosas.

La imagen o logotipo del juego llamado **Mundo Pumapungo**, representa una construcción tipográfica en base a la geometría trapezoidal, característica de las puertas de ingreso a las diversas edificaciones o santuarios Inkas, lo que evoca a una invitación a ingresar al **Mundo Pumapungo**, un mundo rico en historia, cultura y cosmovisión andina, representada en la letra "O" en donde se incluye la "Chacana" o Cruz del Sur, que es también parte del logotipo del Parque Arqueológico Pumapungo.



Figura 22. Propuesta gráfica y cromática

3.1.6 Construcción del stand - tecnologías y materiales

Para la construcción del stand se utilizó como materia prima los tableros de MDF (madera prensada), que tiene la característica de ser un material homogéneo y resistente en el cual se pueden dar excelentes acabados y terminados, con un ahorro de pintura y sellantes. Además el MDF permite trabajar con facilidad ya que se puede utilizar herramientas no muy sofisticadas para conseguir cortes precisos, acordes al diseño que se propone. Las láminas técnicas, detalles constructivos y especificaciones de materiales se encuentran en la sección de anexos (Anexo 1).

La descripción de los procesos constructivos, se explican continuación:

- a) **Cortado:** Iniciamos con un despiece del stand para hacer una optimización del material y proceder a cortar la plancha de MDF en la máquina escuadradora para los cortes largos de los elementos de mayor tamaño. El siguiente paso es realizar los cortes pequeños que dan los detalles formales al stand, como lo son las curvas inferiores y las perforaciones para los elementos funcionales, como el torno giratorio en la parte superior y las salidas de cableado en la parte posterior. Los cortes de las piezas del torno se los realizó con una cortadora láser por ser elementos de menor grosor y tamaño.



Figura 23. Optimización de material – máquina escuadradora



Figura 24. Proceso de cortado manual

b) **Armado:** Una vez que se tiene las piezas a la medida se procede a la estructuración del stand en base del plano y sus especificaciones. Para lograr una buena estructuración usamos tornillos tirafondo (tripa pato) de #6x2 pulgadas y clavillos 18/50 para su fijación. Para dar la curvatura inferior del bloque central se utilizó varios segmentos a lo largo del mueble, acoplándolos a la curva previamente trazada. Se eliminaron las aristas y vértices que puedan causar algún tipo de daño a los usuarios.



Figura 25. Proceso de armado del stand



Figura 26. Proceso de armado del stand

El torno es un conjunto de piezas que se arman en secuencia. El eje de movimiento encaja a presión con los soportes. El inferior, que es el que da la estabilidad al conjunto, va empotrado internamente a las paredes del stand. El torno se monta al final, una vez que está pintado todo el conjunto y se sella con un acrílico para impedir que el mismo pueda ser removido del stand.

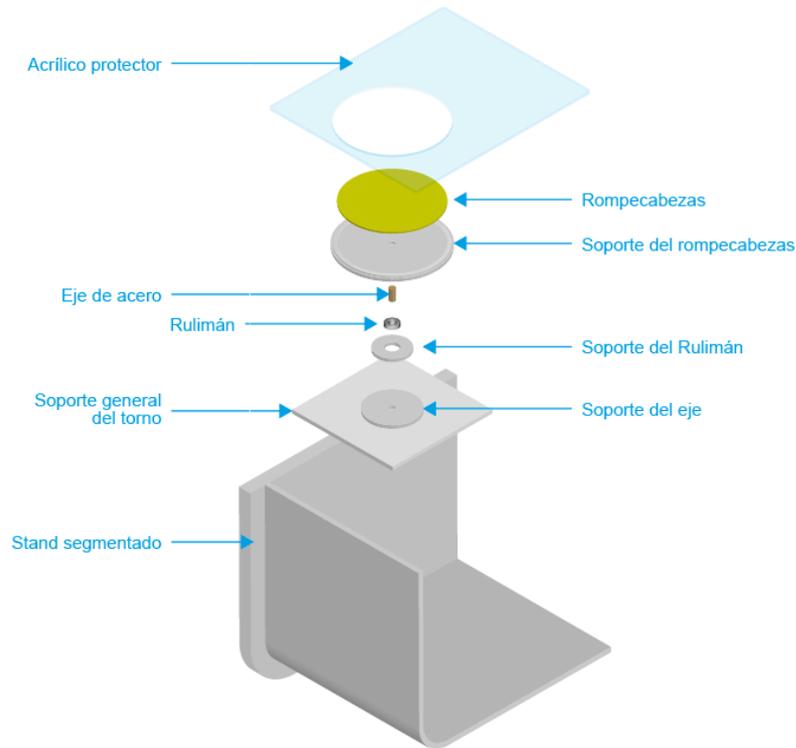


Figura 27. Esquema de armado del torno)

- c) **Acabado:** Para el acabado del mueble se procedió a masillar las huellas dejadas por los clavillos y los tornillos; luego se da una mano de sellador catalizado para cerrar el poro del MDF; sobre esto se utiliza el fondo gris de carro para tener un acabado liso que corrija las irregularidades o imperfecciones que se pueden producir en los procesos de trabajos anteriores; después se da un fondo de color blanco que funciona de base del color final para que no sea afectado por el color gris anteriormente colocado; y, por último, se pasa la laca automotriz de color verde. Vale la pena indicar que los niveles de contaminación de los materiales químicos utilizados pierden su toxicidad al momento de secarse. Los motivos diseñados se imprimieron en vinil adhesivo de alta resistencia para luego ser colocados en los lugares designados.



Figura 28. Prototipo de stand terminado)

3.2 DISEÑO DEL JUEGO EN REALIDAD AUMENTADA

El juego busca conseguir la atención del usuario y enfocarla hacia la Realidad Aumentada, la cual como mecanismo interactivo propicia la activa participación del mismo mediante la creación de un ambiente no inmersivo; es decir, la información se presenta de manera visual en la pantalla, permitiendo al niño interactuar con los demás elementos que forman parte del juego.

3.2.1 Desarrollo y temática del juego - rompecabezas

El concepto básico del juego es el de un rompecabezas de nivel básico, el mismo que puede ser resuelto de manera aleatoria o sistemática a través un conjunto de piezas que, al ser colocadas en el soporte del stand, irán presentando en pantalla animaciones u objetos en 3D; éstas al ser unidas correctamente, permitirán que se libere el movimiento del torno giratorio aumentando así la interactividad entre el aplicativo y el usuario.

3.2.2 La propuesta

El juego en Realidad Aumentada se denomina “**Mundo Pumapungo**”, y pretende ser un refuerzo y complemento didáctico, entretenido e interactivo para las visitas guiadas que se brindan a los niños de 6 a 8 años que visitan el Parque Arqueológico. El mismo trata de enseñar, de manera hipotética, como pudo haber sido el emplazamiento inka en Pumapungo. Aquí debemos recalcar que no se utiliza elementos gráficos o arquitectónicos reales de la cultura inka, tales como la vestimenta o vivienda, ya que el proyecto se basa en el desarrollo del juego en Realidad Aumentada con la aplicación de estilo inka, tomando elementos visuales de ilustraciones en publicaciones de historia o las ilustraciones del cronista indígena Felipe Guamán Poma de Ayala. Como referencia habitacional se toma al Aqlla wasi, *“Esta reconstrucción hipotética, basada en los modelos inkas, de uno de los aposentos del Aqlla wasi, lugar de residencia de las mujeres consagradas al Sol y al inka, solo quiere dar una idea de cómo habrán sido estas habitaciones...”* (Banco Central del Ecuador, 2003, p. 40), construcción que se halla actualmente en el Parque Arqueológico Pumapungo. El desarrollo de un juego adicional enfocado al estudio antropológico o etnográfico de la cultura inka sería una extensión futura del proyecto, como material didáctico adicional enfocado a esos temas.

Para el desarrollo del juego partimos de la concepción del rompecabezas y su base de soporte que, para este caso, está formado por cuatro fichas. Cada una de éstas incorpora un marcador (elemento que activa la Realidad Aumentada) con temas relacionados a los principales espacios arqueológicos del Parque Pumapungo, el tipo de construcción que tiene, la actividad que se desarrollaba en ella y el entorno que la rodea. A medida que se va armando el rompecabezas, en la pantalla empieza a formarse un ambiente 3D, acorde a la temática que toque.

Para entender el desarrollo del juego, se explica a continuación los elementos que forman parte del rompecabezas propuesto.

- **El Terreno**, es el soporte del conjunto de escenas en 3D.
- **La Vivienda**, hace referencia a las principales construcciones o vestigios que se encuentran actualmente en el Parque Pumapungo, y que son parte del recorrido que realizan los visitantes acompañados de los guías del parque. *“Algunos edificios gubernativos o sacros de Tomebamba, como ocurría con el Cusco, se orientaban según interpretaciones astrales... ..Materiales de su arquitectura fueron similares almohadillados, con la cara ligeramente abultada, gracias a la talla y pulimento, unidos con fina algamasa de barro y arena... ..y las cubiertas fueron impermeabilizadas con paja.”* (Banco Central del Ecuador, 2003, p. 16)

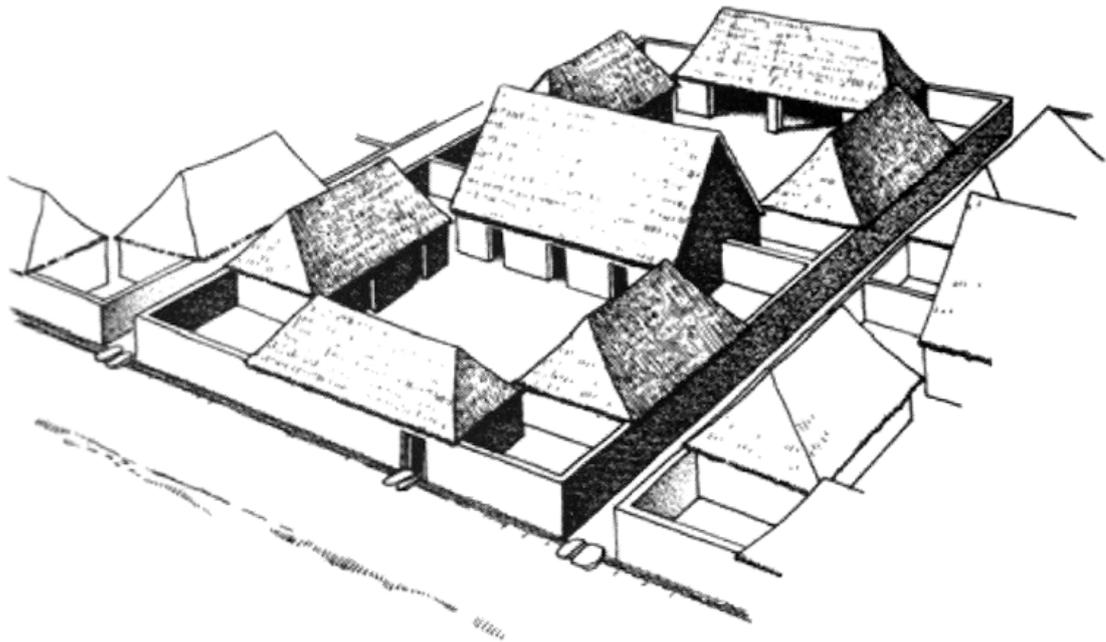


Figura 29. “Reconstrucción hipotética de edificaciones inkas” (Banco Central del Ecuador, 2003, p. 16)



Figura 30. Reconstrucción hipotética en el Parque Arqueológico Pumapungo.

- **El Personaje**, muestra quien o quienes habitaban o eran usuarios continuos de las viviendas o edificaciones. Entre algunos podemos mencionar: el emperador, soldados, aqllas, mamakunas, sacerdotes, chaskis, etc. Las animaciones 3D de estos personajes van acorde al tipo de actividad que realizaban.

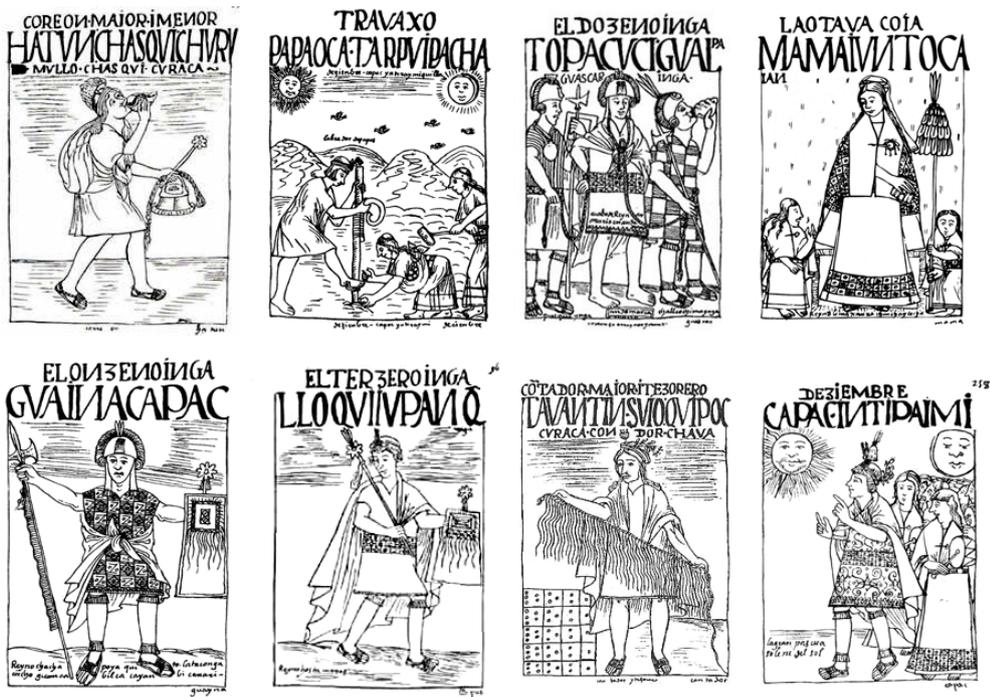


Figura 31. Dibujos del cronista Felipe Guamán Poma de Ayala que muestran personajes inkas.

- **El ambiente**, ejemplifica un contexto de las labores y trabajos agrícolas del pueblo inka. El maíz y la papa eran los productos alimenticios por excelencia. El cultivo del maíz era tan prolijo que esta práctica está presente en rituales y en ciclos de festividades religiosas de los pueblos indígenas, hasta la actualidad. Además de rescatar la importancia de la agricultura en la época, nos ayuda a crear un ambiente más amigable en la interfaz del juego.
- **Video**, sirve de complemento al ambiente 3D presentado en pantalla. Al ser de tipo narrativo incluye información más detallada sobre la temática del rompecabezas en construcción, permitiendo así que el mensaje didáctico llegue de mejor manera a los receptores para una mayor comprensión de la propuesta educativa.

Estos elementos están presentes en todas las temáticas que forman parte de los diferentes rompecabezas del juego, y cada uno de ellos diferenciado por los marcadores que lo forman.

Los temas relacionados con los espacios del parque, que pueden ser parte del conjunto de rompecabezas, son:

- La Kancha.
- Los Cuarteles o Kallankas.
- Aqlla Wasi.
- El Qurikancha: espacio sagrado.
- Las Terrazas de ascenso al Qurikancha.
- El Túnel.
- Horno arqueológico.
- Canal - Baños - Laguna.
- Palacio Exterior.

3.2.3 Desarrollo del juego

Para el desarrollo del juego se necesita la interacción de un guía del parque, que es el que tiene que inducir la acción y la explicación inicial de los elementos que forman parte del aplicativo, su ubicación y en donde se debe armar el rompecabezas. La versatilidad del stand, al permitir su posición aleatoria, le faculta al guía organizarlo de manera que pueda desarrollar actividades grupales, individuales o competitivas. Hasta este punto llega la intervención del guía, ya que el niño es el que debe recoger, probar, ajustar, e interactuar con el aplicativo y con el stand, para aprender a resolver la problemática que se le presenta mediante el descubrimiento y aprendiendo a partir de la experimentación. Esto como parte de los principios de las teorías del constructivismo de Papert y el aprender haciendo de Dewey.

El juego como tal, consiste en recoger las fichas de un contenedor, ya sea individual o en conjunto, para colocarlas en el soporte del rompecabezas (*Figura 10*) que previamente se encuentra bloqueado (el servomotor actúa como mecanismo de freno). Aquí el niño debe encontrar los grupos de fichas que coincidan entre ellas para ir armando el tema de rompecabezas que le tocó al azar. Los modelos 3D que se presentan en la pantalla dependen de la ficha que se coloque primero, y según el orden aleatorio en las que el usuario las siga armando y éstas vayan encajando, se irá construyendo el esquema final de Realidad Aumentada. Cada ficha, como se indicó anteriormente, tiene un marcador que, al ser detectado por la cámara, presenta una animación. En el momento en que el rompecabezas se arma correctamente, el torno giratorio se desbloquea (el servomotor se desactiva), permitiendo que el usuario lo pueda girar para poder apreciar en global el esquema 3D en Realidad Aumentada, correspondiente al tema que le tocó.

Para la demostración del juego se tomó como ejemplo tipo de funcionamiento el Aqlla Wasi, que según Cecilia Aguilera, funcionaria del Museo Pumapungo y encargada del Parque Arqueológico Pumapungo, es el lugar que más atrae a los visitantes, por tener una edificación in situ.

Rompecabezas “Aqlla Wasi”

Vivienda: Aqlla Wasi que era una especie de convento donde vivían las Aqllas.

Personaje: Las Aqllas o mujeres consagradas al Dios Sol, eran cuidadas por las Mamakunas, que les enseñaban a hacer tejidos, cerámica y otros productos para el inka y los gobernantes.

Entorno: Vegetación andina donde predomina el cultivo del maíz.

Video: Para esta demostración se tomó como referencia un video explicativo del tipo de viviendas inkas en Ecuador, del cual se editaron las partes que hacen referencia al Aqlla Wasi.

Los videos completos se pueden ver en los siguientes links:

<https://www.youtube.com/watch?v=5FM6Y79RWoo> (Ingapirca: reconstrucción virtual del sitio inca - 1/2)

<https://www.youtube.com/watch?v=M-5q2fZzG8E> (ingapirca, reconstrucción virtual y arqueoastronomía - 2)

3.2.4 Modelado 3D de personajes y escenario en 3D Studio Max

Terreno

La concreción del modelado del terreno se lo hace por medio *-Splines-*. Se dibuja el contorno del terreno para posteriormente darle un *-Modificador extrude-* que le proporciona un espesor predeterminado al gráfico y así simular la volumetría. La textura se la aplica en una de las caras del objeto que, en este caso, es un diseño modificado de una imagen bajada de internet para adaptarla a nuestro modelado.

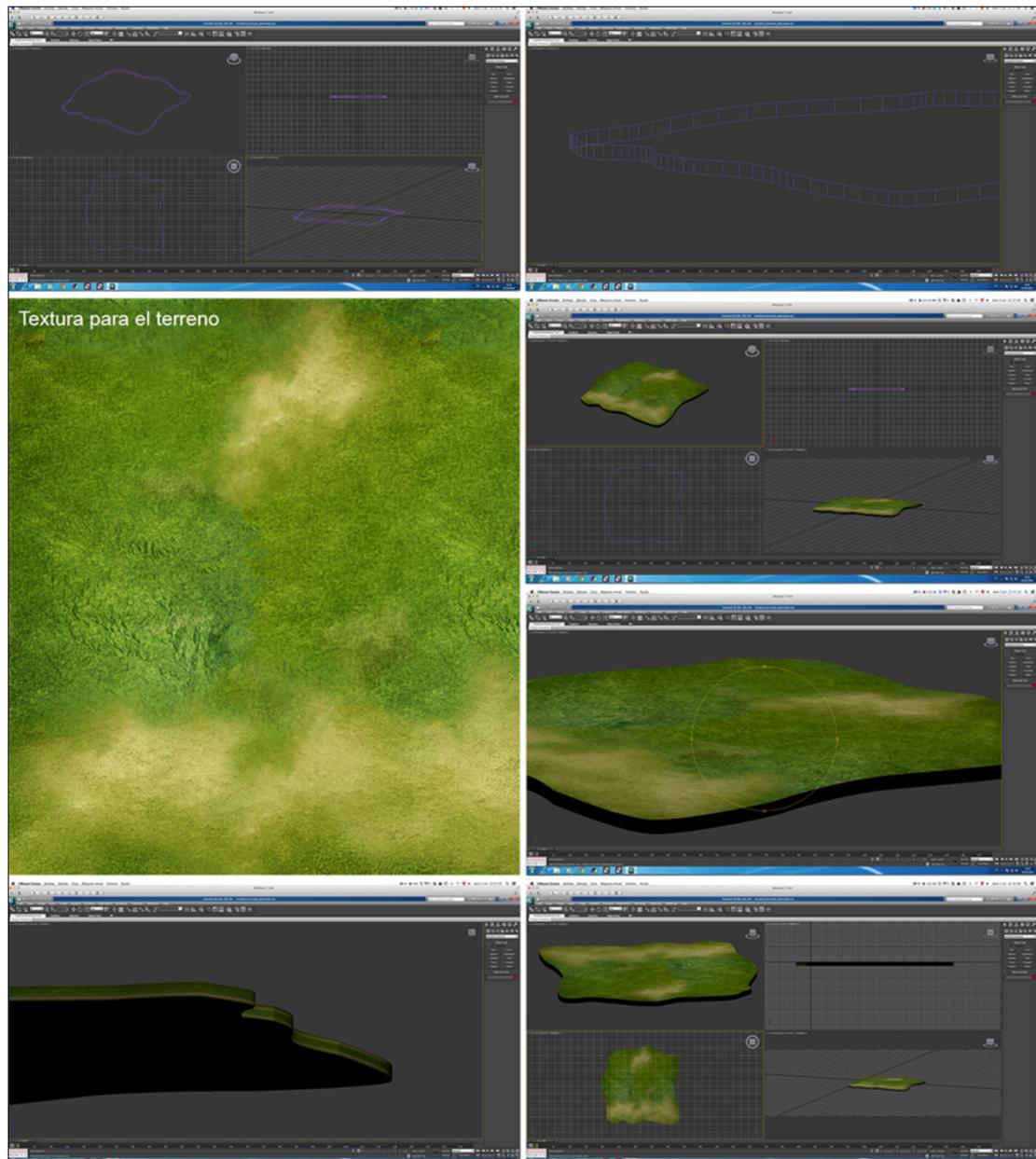


Figura 32. Secuencia del modelado, cargado de textura y extrusión del terreno.

Logo Mundo Pumapungo

Para el modelado 3D del logotipo se ha utilizado un gráfico importado desde Adobe Illustrator, al cual se le ha aplicado un *-Modificador Extrude-* + herramientas *-Inset-* y *-Bevel-* para lograr detalles tridimensionales en las letras. Para dar al objeto la apariencia de piedra, se ha trabajado con un tipo de material llamado *-Multi Sub Objetcs-*; con él se puede utilizar varias texturas dentro de un mismo objeto; de igual forma se ha hecho uso del modificador *-UVW Mapping-* que maneja las texturas, las corrige y asigna correctamente al objeto modelado. Al usar objetos importados de Illustrator, no es posible controlar la cantidad de polígonos de creación por el alto número de detalles presentes en el diseño del logotipo. Finalmente al logotipo se le ha dado una *-Animación básica de giro-*, para que así el logo se lo pueda admirar desde cualquier punto de vista.

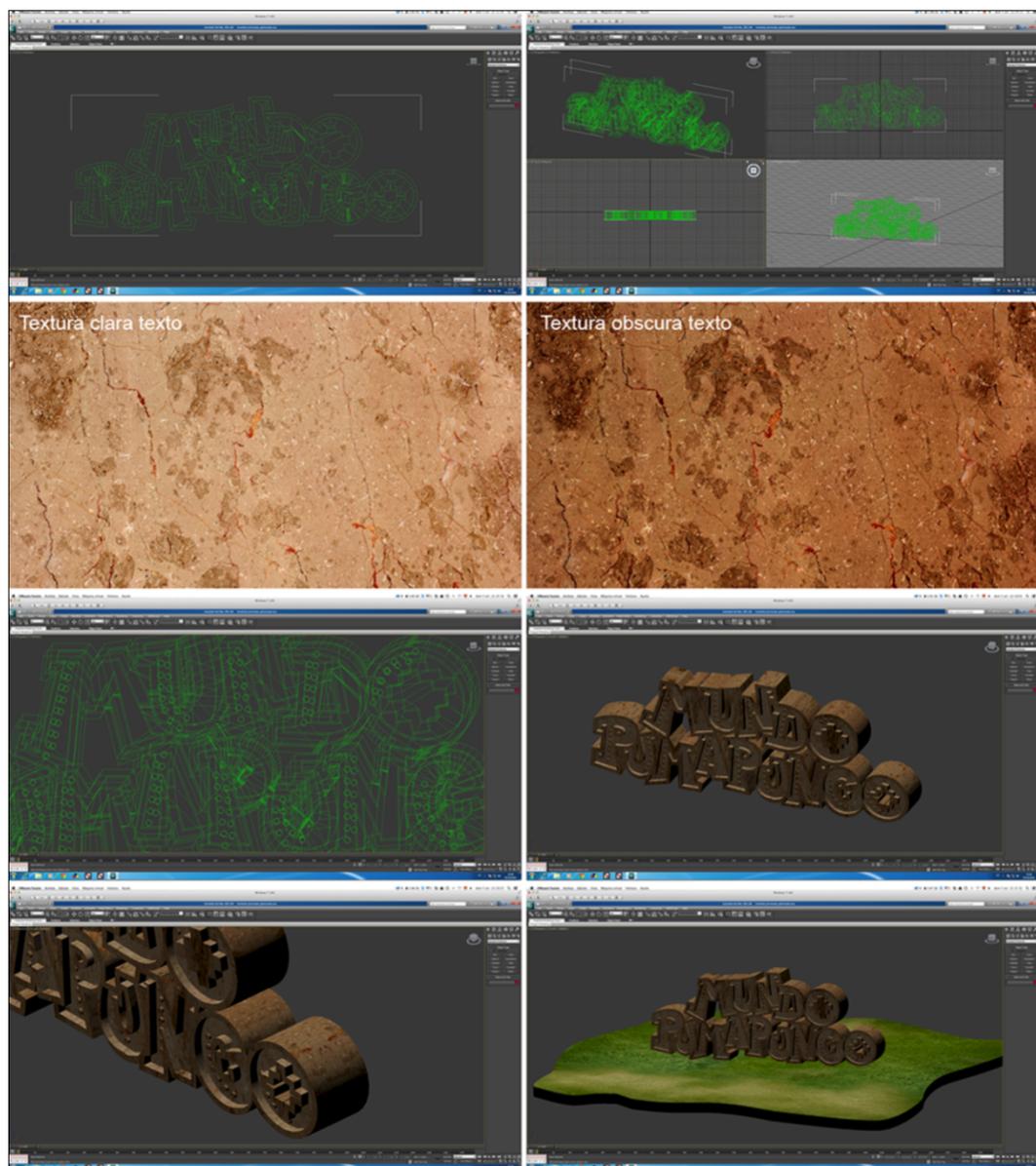


Figura 33. Secuencia del modelado, cargado de textura y extrusión del logotipo Mundo Pumapungo.

Aqlla wasi

Con respecto al modelado de la casa se parte de una caja en donde se incrustan polígonos que sirven para dar la forma de la puerta y ventana; el techo es un plano doblado con detalles de vigas que atraviesan la edificación y simulan la estructura del mismo. Se usó texturas con *-Modificador unwrap UVW-* para que se ajusten a cada detalle del objeto. Estas fueron construidas en Adobe Illustrator y Adobe Photoshop en base a los requerimientos formales del Aqlla wasi para representar la piedra almohadillada y el techo de paja.

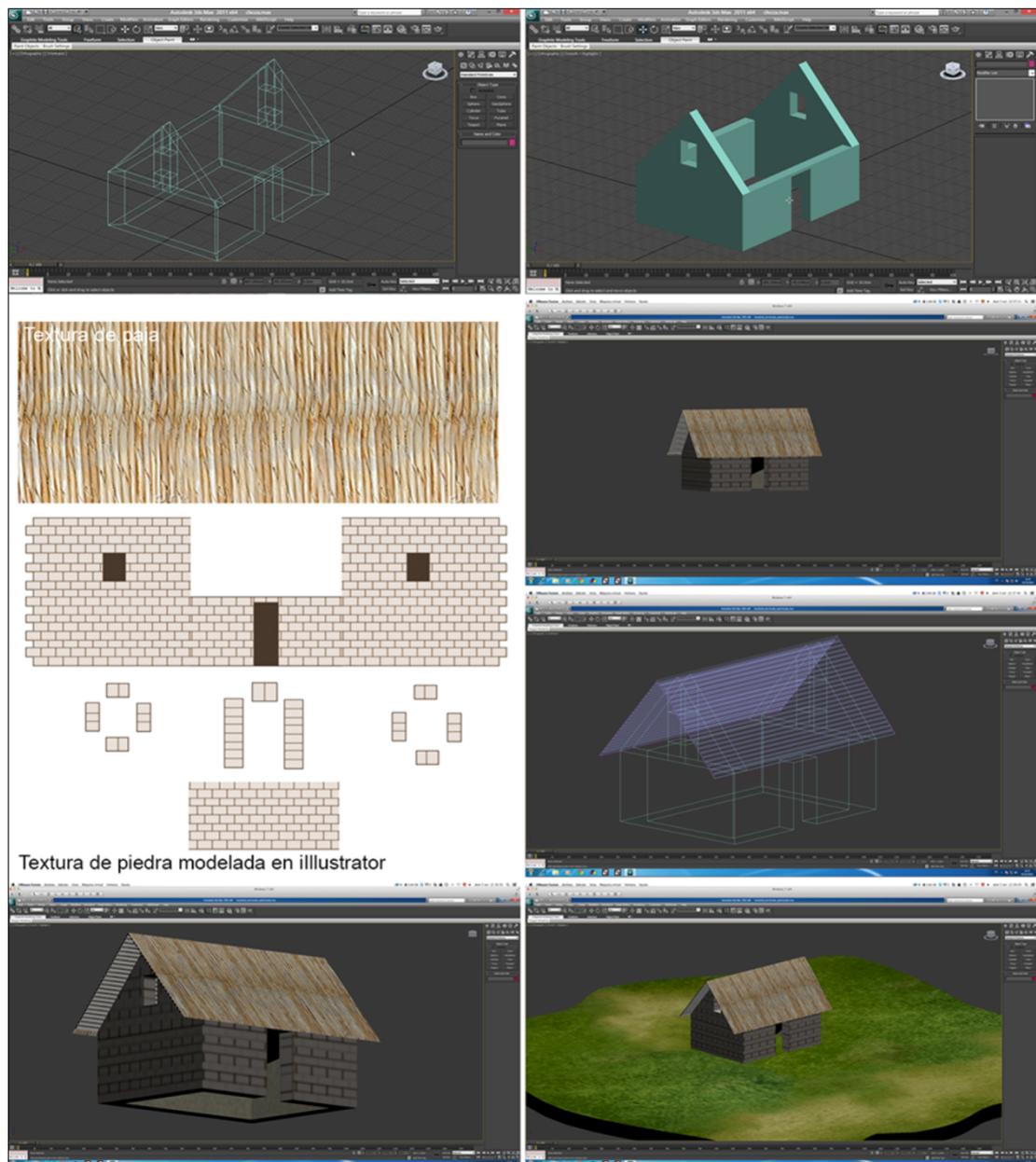


Figura 34. Secuencia del modelado y cargado de textura para el Aqlla wasi.

Ambientación

Para el modelado del maíz, se utilizó figuras básicas como cilindros y planos para formar el tallo y las hojas; una vez modelado la planta se emplea un objeto de composición llamado -*Skater*- para crear grupos duplicados o copias, de forma aleatoria, que pueden ser distorsionados indistintamente para que no parezca un clon del original. La misma herramienta sirvió para crear las organizaciones de piedras que representan otro tipo de vestigios y surgen a partir de un modelado primario.

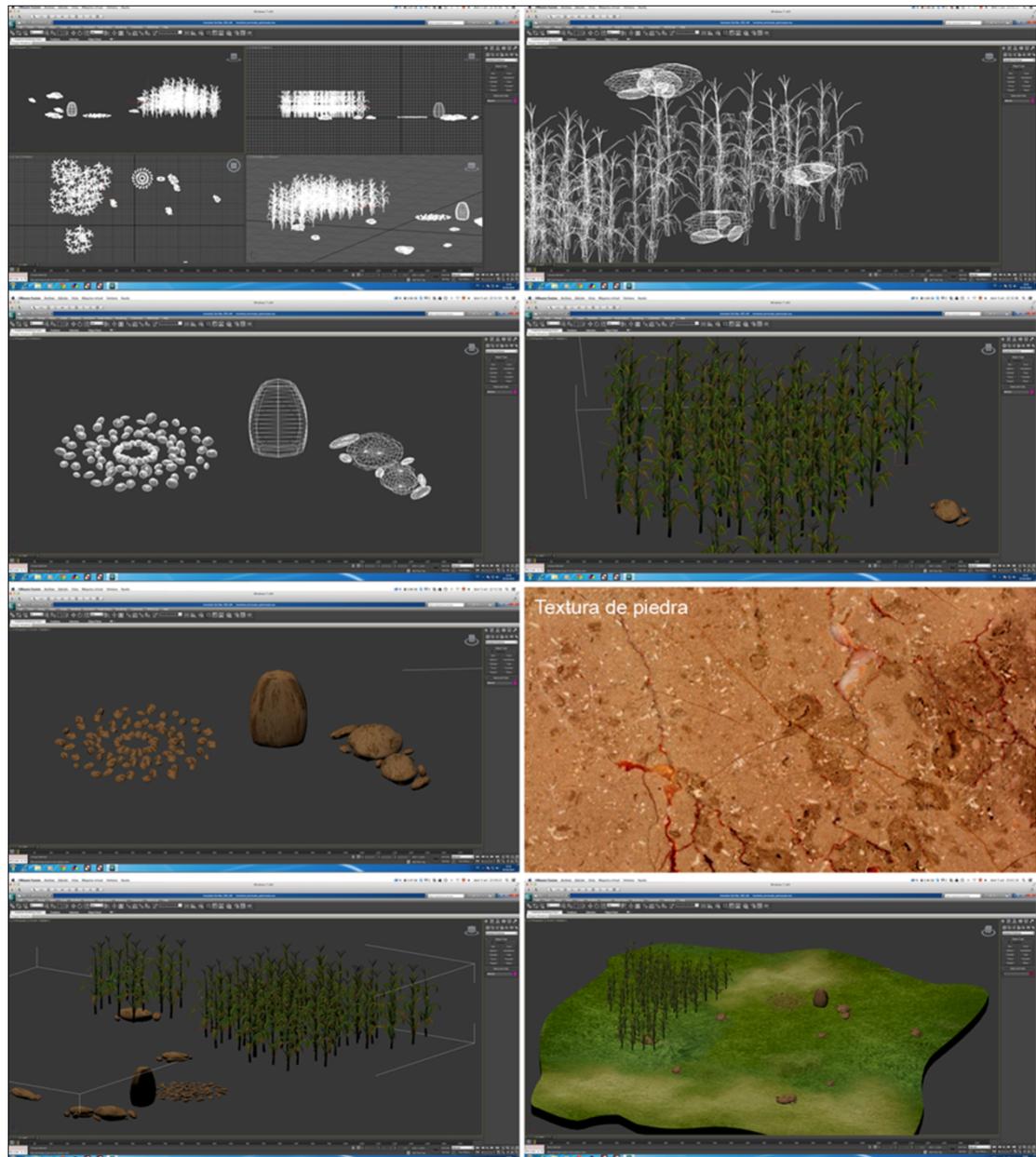


Figura 35. Secuencia del modelado y cargado de textura para la chacra y las piedras.

Para modelar la olla, el cántaro y la leña, se utilizó, como forma básica, el cilindro. Se aplicó un -Modificador de Optimización- para poder lograr la menor cantidad de polígonos. Las texturas fueron descargadas de internet, tomando como referencia cerámica inka.

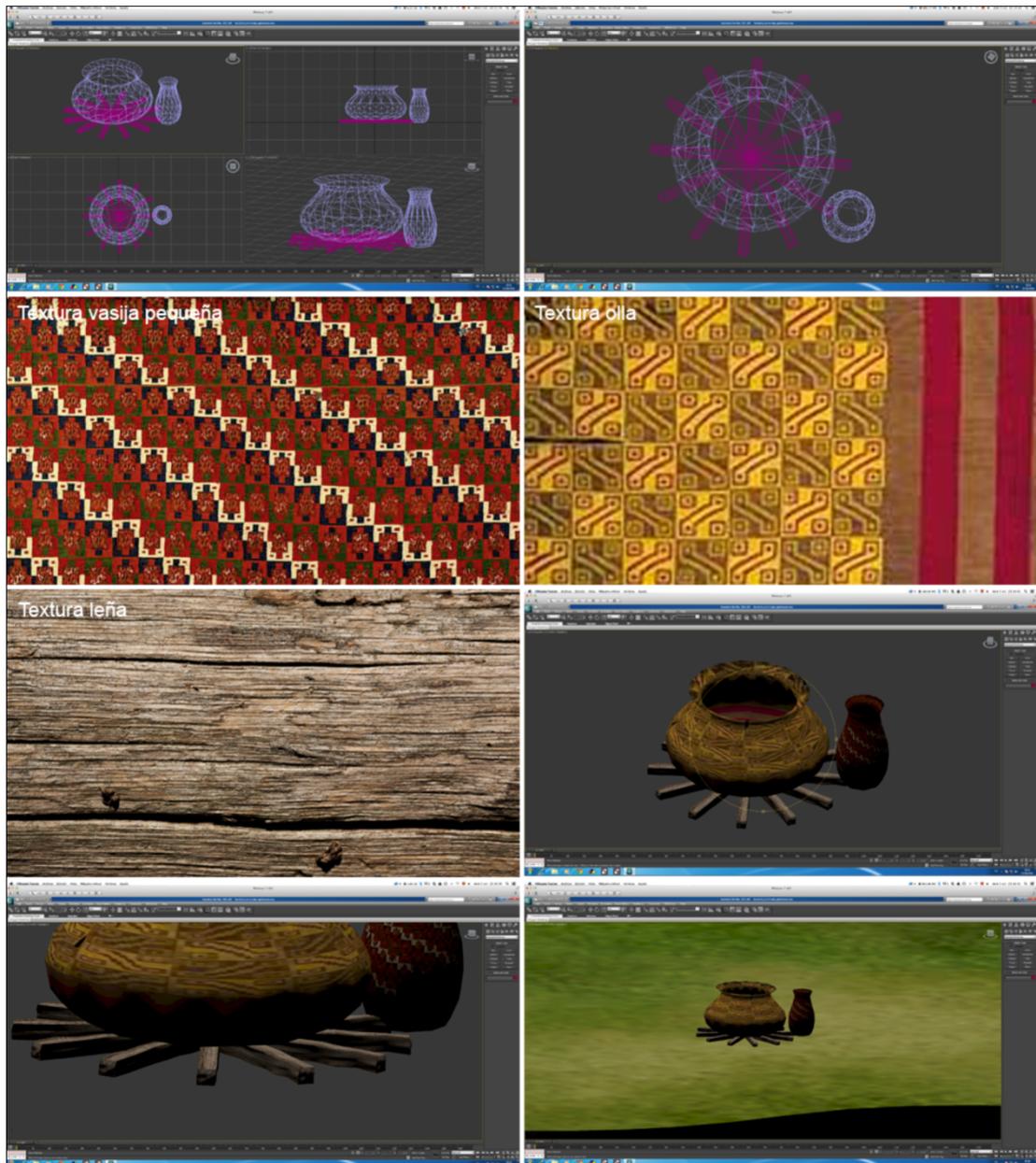


Figura 36. Secuencia del modelado y cargado de textura para la olla, cántaro y leña.

Personaje

Para el modelado de las extremidades del personaje, se consideró, sobre todo, las partes visibles del personaje; es decir se modelaron las que no están cubiertas por el vestido, dejando de lado lo que no se ve (esto queda vacío); los pies están hasta la altura de las rodillas; los brazos están a nivel de los hombros. Se suprimió los detalles de dedos en las manos y los pies.

La cabeza esta modelada con el cuello y parte del pecho; en la cara se dio más detalles en el modelado para que tenga mayor expresividad, así como también en el pelo.

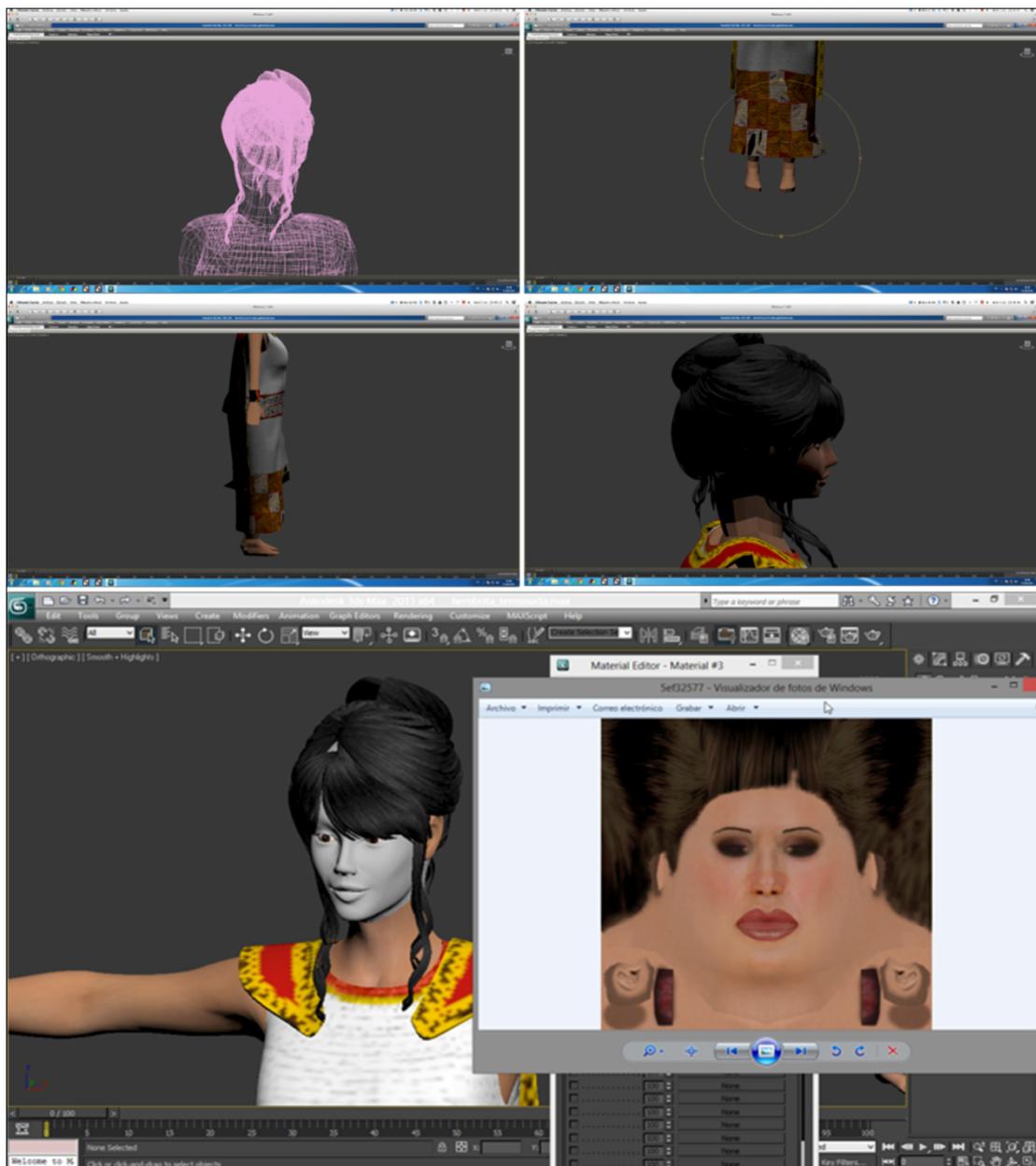


Figura 37. Secuencia del modelado y cargado de textura del personaje.

Como en todos los objetos modelados, en el personaje se trató de utilizar la menor cantidad de polígonos; sin embargo, para poder darle algunos detalles, no se logró dejar de lado ciertas características propias, como por ejemplo: en el vestido y la capa es necesario incluir más polígonos para que se note los pliegues del mismo, debido a que el vestuario es la parte más representativa del personaje y la más visible. Para cargar las texturas del vestido y capa, usamos nuevamente el *-Modificador Ungroup Mapping-*.

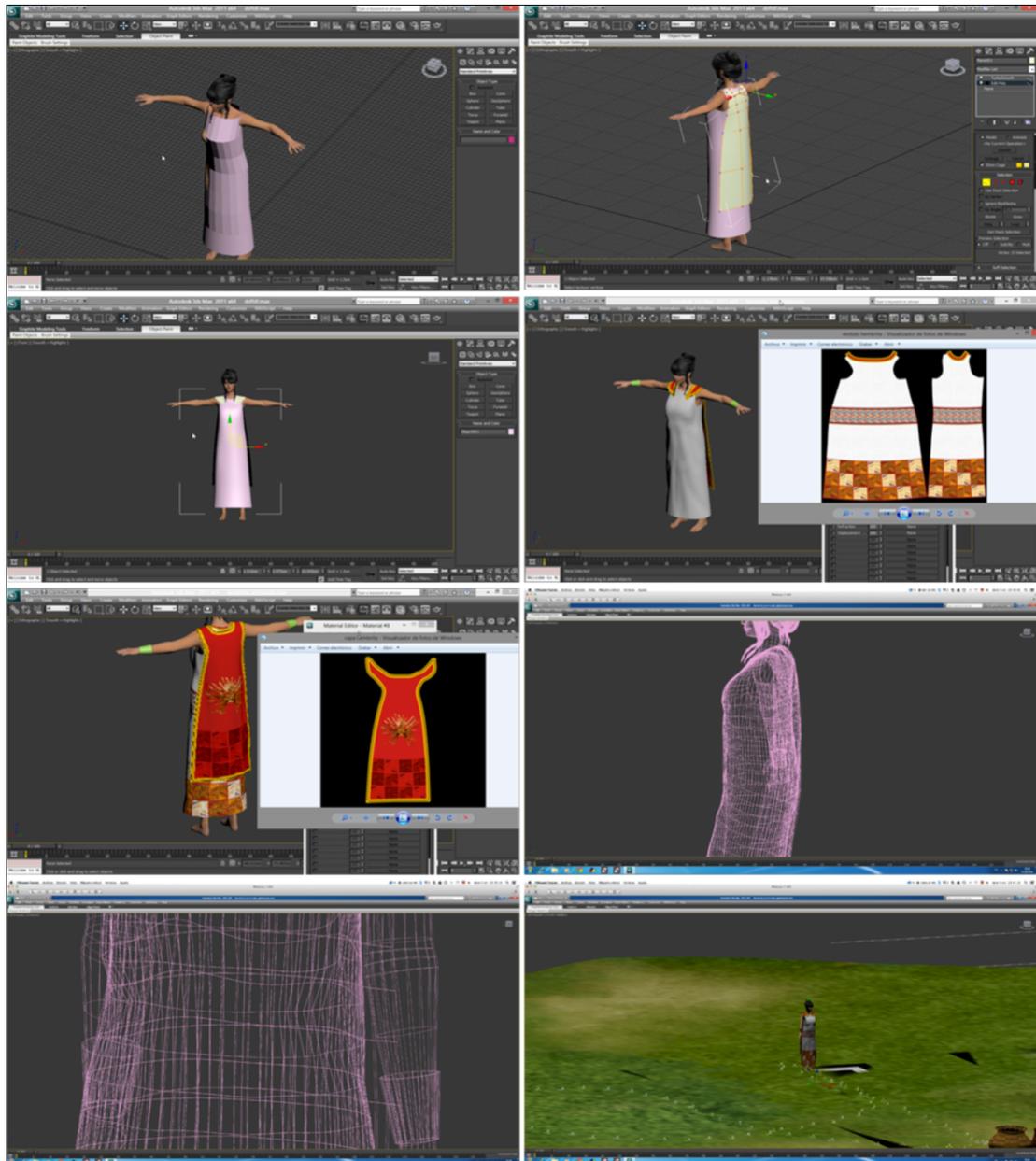


Figura 38. Secuencia del modelado y cargado de textura para la capa y el vestido.

Una vez terminado de modelar el personaje, empezamos la animación; en este caso el movimiento se hizo a través de un *-Bípedo-*, el cual funciona como un esqueleto animado y viene por defecto en 3D Max; sirve para dar movimientos casi reales al objeto, pues todos sus movimientos están articulados, ayudando a crear así una animación que se suma al

modelado del muñeco; en otras palabras, el muñeco funciona como una piel para este esqueleto.

Para dar el movimiento de caminata, éste se lo realizó en tres etapas: en la primera se hizo que el personaje camine hacia delante; en la segunda se realiza una animación por separado donde el personaje se agacha y realiza movimientos con las manos para emular trabajo; y, en la tercera animación hace un recorrido por el terreno y vuelve al punto de origen de la primera etapa.

Realizadas las animaciones, éstas fueron unidas en un solo archivo a través del *-Motion Flow Mode-*, herramienta que permite que exista una conexión entre un movimiento y otro y al final asignamos un *-Loop-* para dar la idea de movimiento continuo.

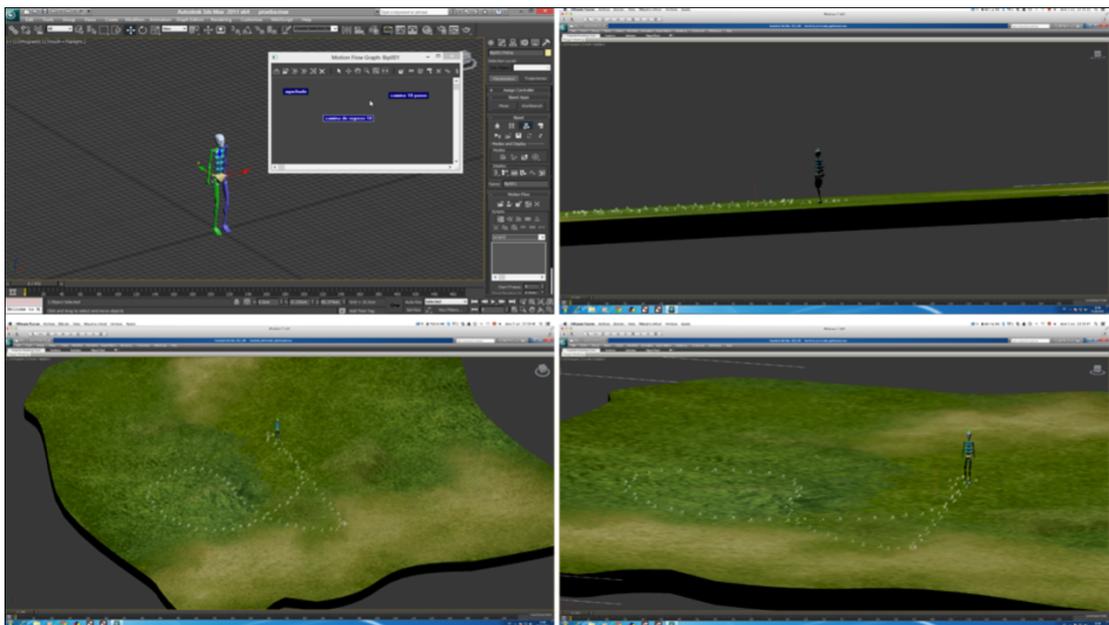


Figura 39. Secuencia de animación del bípedo.

Terminado el proceso de modelado de los objetos y asignados los movimientos, debemos ubicar a cada uno de ellos de acuerdo al esquema previamente preconcebido (*Figura 40*); a continuación exportamos los archivos individualmente en formato .DAE; para ello, previamente, debemos tener instalado el plugin OpenCollada que nos servirá para que al momento de programar las librerías de Action Script puedan reconocer el trabajo realizado en 3D Max.

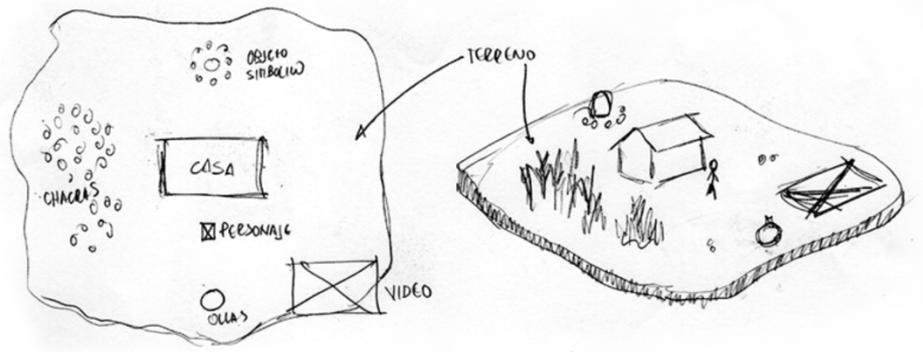


Figura 40. Esquema de ubicación de los elementos

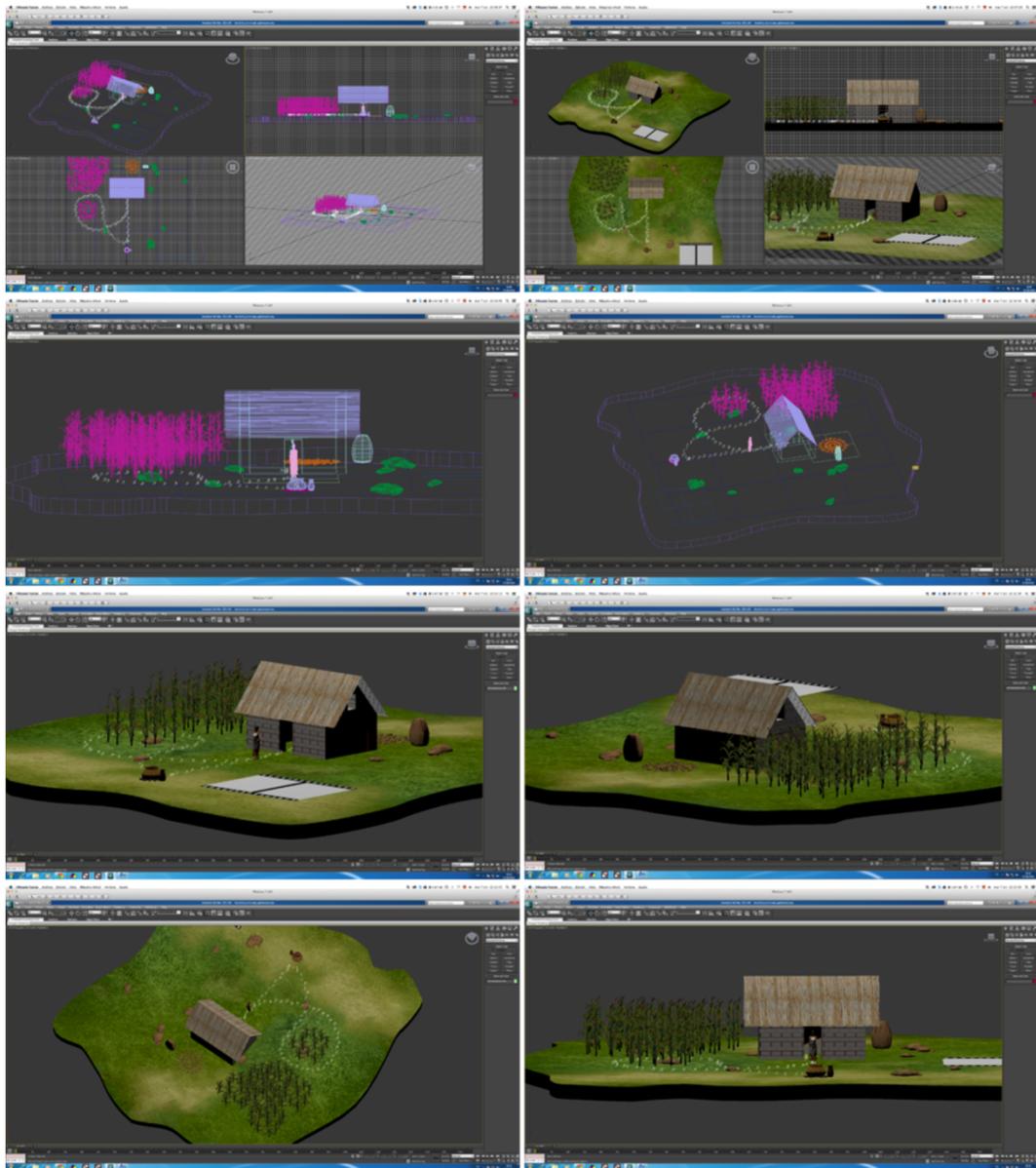


Figura 41. Montaje de la escena final.

Complementamos el tema de modelado de personajes y escenas en 3D con un conjunto de sugerencias, que pueden ser útiles al momento de generar futuros proyectos de Realidad Aumentada, las cuales han ido surgiendo a lo largo del desarrollo de la aplicación:

- Se debe crear las escenas o modelos, con la menor cantidad de polígonos; esto beneficia al momento de cargar las texturas y materiales al ser exportados los objetos como .DAE.
- Al modelar con menos polígonos, tenemos mayor eficiencia de la memoria RAM del equipo y por ende la presentación de Realidad Aumentada se demora mucho menos en cargar.
- Los objetos creados en Adobe Illustrator deben ser exportados como EPS y en versión 8.0 para que la cantidad de polígonos que se incluyen sean los adecuados y 3D Studio Max los pueda reconocer por completo.
- Las texturas, que se acoplan a cada objeto modelado, pueden ser creadas en Adobe Illustrator o Adobe Photoshop con la única condición que deben ser grabadas en formato JPG a 72 dpi de resolución y con un tamaño no mayor a 1200 pixels por lado.

3.2.5 Diseño de los marcadores

Como se indicó anteriormente, un marcador es un símbolo impreso, que reconocerá el sistema para realizar el proceso de aumento, dependiendo de cuál sea el método de elaboración de realidad aumentada (programación o software especializado). Los marcadores deben cumplir ciertos requisitos acordes a cada caso, el cual será descrito en su momento. Cada objeto realizado en 3D debe tener asignado un marcador propio y único para no generar confusión al momento que la cámara lea cada uno de ellos.

En el desarrollo del proyecto se realizó ejercicios con diversos tipos de marcadores para ver cuál es la mejor opción en cuanto a diseño y funcionalidad (ver Anexo 3). Se probó diseños acordes a motivos inkas para rescatar rasgos culturales, proporciones con respecto al soporte, siendo los más funcionales los más sencillos y con menor grado de complejidad y que son descritos a continuación, según el diseño que tiene, el tema que trata y el objeto 3D que presenta.

MARCADOR	ELEMENTO	GRAFICO 3D
	TERRENO + MUNDO PUMAPUNGO	
	TERRENO	
	PERSONAJE	
	AQLLA WASI	
	AMBIENTACIÓN	
	VIDEO	

Tabla 2. Cuadro de marcadores

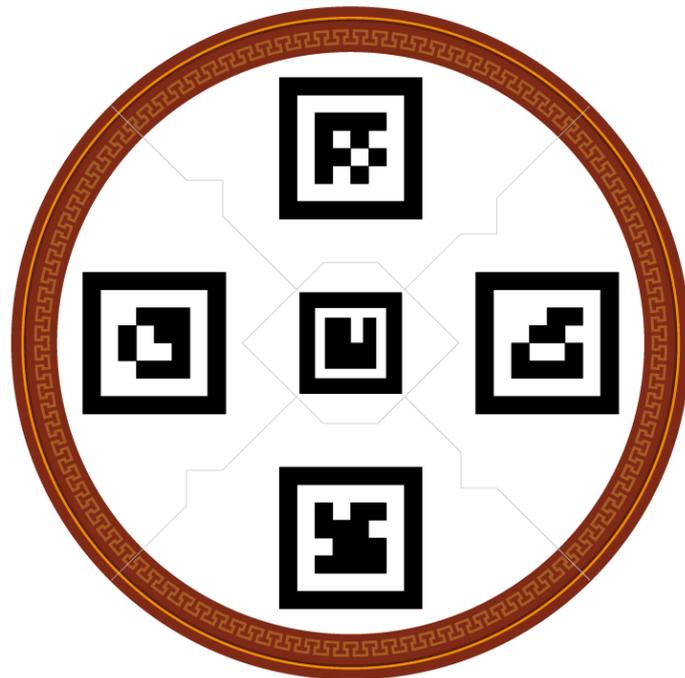
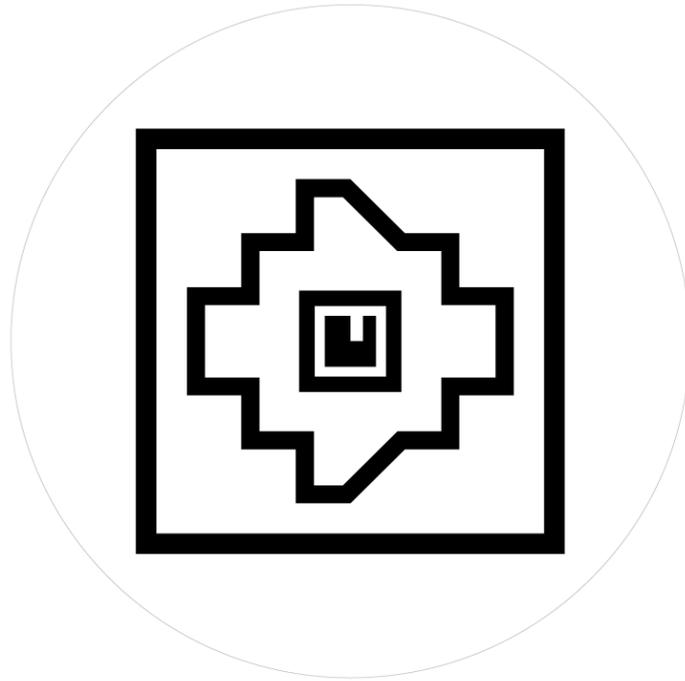


Figura 42.

Arriba: marcador terreno + Mundo Pumapungo que funciona como soporte del rompecabezas

Abajo: estructura del rompecabezas con los marcadores asignados por cada pieza que lo forma.

3.2.6 Programación del juego en Realidad Aumentada

Para el desarrollo de la aplicación, se utilizó Flash Builder versión 4.6, con las librerías y códigos de uso libre basados en multimarcadores y carga de video para Realidad Aumentada; en este caso, en particular, se utilizan seis marcadores (que fueron descritos con anterioridad), que fueron creados con la herramienta ARToolkit Marker Generator Online, que es una excelente ayuda para la creación de marcadores. Aquí podemos subir nuestros archivos .JPG o leerlos mediante la cámara web para que se generen los archivos .PAT usados en Realidad Aumentada. Un dato importante, a ser considerado, es la resolución con la que se genera el marcador; ésta debe ser la misma que se utiliza en el momento de la programación.

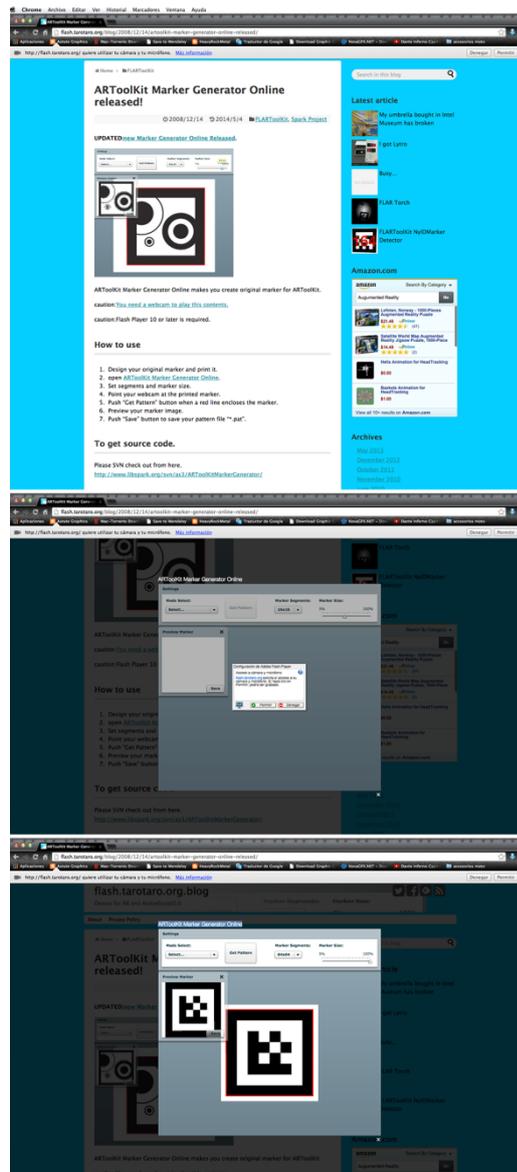


Figura 43. Sitio web en donde podemos crear marcadores, y los pasos que hay que seguir.
Link: <http://flash.tarotaro.org/blog/2008/12/14/artoolkit-marker-generator-online-released/>

En la red podemos obtener, de forma gratuita, el código fuente para la creación de aplicaciones, para la consecución de un multimarcaador. Basta con solo adaptar el código, tomando siempre en cuenta los tres puntos básicos de la lectura de un marcador, que son: adherido o añadido, cuando es actualizado y cuando es removido. Los eventos básicos de programación se encuentran concatenados entre sí para que puedan visualizarse al momento de entrar en contacto con la cámara.

Cada línea de programación debe incluir las especificaciones necesarias para que puedan ser cargados los archivos DAE (exportados desde 3DMax), como la ubicación del archivo y su extensión. El formato DAE es un archivo plano y tiene toda la configuración del objeto 3D y como fue construido; dentro también están incluidos las direcciones donde se tiene que leer las texturas que forman el objeto, los mismos que pueden ser revisados con cualquier editor de texto, puesto que, cuando se generan los archivos 3D, se guarda información de todas las especificaciones con las que fue creada, tanto de productos de software como de hardware con direcciones IP, que representan inclusive las coordenadas de cómo fue construido, representado por un conjunto de instrucciones que servirán en los posterior para la interpretación de ésta estructura al momento de generar la Realidad Aumentada. Es importante considerar estos detalles, que si bien es cierto el código es fácil de obtenerlo en la red, pero es imperativo aplicar los cambios necesarios para que todo el archivo .DAE de la realidad aumentada tenga la interacción que se requiere, ubicando la dirección relativa, que es la dirección a donde está leyendo; lo que significa que donde sea que encuentre el usuario el archivo .DAE va a buscar la ubicación de los archivos que se requieren para que funcione correctamente; lo que se hace con este tipo de dirección relativa es que el elemento sea portable, y de esta manera pueda ser utilizado desde cualquier carpeta que se requiera.





Figura 44. Archivos .DAE y su previsualización en el sistema operativo OS X.

Para la programación e incorporación de video, se deben seguir los mismos principios y características de colocación de archivos .DAE, como tamaño, ubicación y el tipo de marcador que va a usar; además se debe hacer énfasis en las instrucciones en la manera que se coloca play al video en el momento en que el marcador es detectado con la cámara cuando el plano es visible y, de la misma manera, colocando un stop cuando el plano no es visible, es decir cuando se retira o se deja demostrar el marcador correspondiente. (ver Anexo 6. Se puede encontrar de forma detallada la programación utilizada).

Al momento de construir la aplicación, se presentan inconvenientes en la programación y funcionamiento, que en algunos casos pueden ser solucionados y en otros no, por la complejidad de los elementos que forman parte de la escena en Realidad Aumentada, por ejemplo:

- Cuando se carga el archivo .DAE se puede manejar las siguientes características del objeto como son: la rotación en coordenadas X, Y y Z; la proporción que se desea establecer, ya sea en tamaño real o escalado; en este caso en particular es necesario cargar los seis objetos que forman parte de la escena para que puedan ser estructurados en los contenedores.
- El tiempo de demora para la iniciación de la Realidad Aumentada depende de la complejidad en peso y estructuración de los DAES. Como se habló anteriormente, al momento de modelar los objetos en 3D, éstos deben ser contruidos con la menor cantidad de polígonos.
- No fue posible hacer funcionar archivos .DAE con animación basada en bípedos o huesos de 3D Max. En la mayoría de pruebas que se realizaron, no se cargaban las texturas de los objetos ni la secuencia de movimiento. A pesar de revisar detalladamente las líneas de código, el problema no pudo ser resuelto.

- Un factor importante para una buena eficiencia de la presentación es la iluminación en el entorno y en los marcadores, puesto que hasta un cierto punto éste si interfiere en la correcta representación de los efectos de Realidad Aumentada.
- Para que el aplicativo funcione de la mejor manera y se optimice el tiempo de carga, es necesario contar con los siguientes requisitos mínimos: Computador con procesador Intel CORE i3 (no se hizo pruebas en un computador Apple), cámara web de 3 MegaPíxeles, sistema de altavoces genérico.

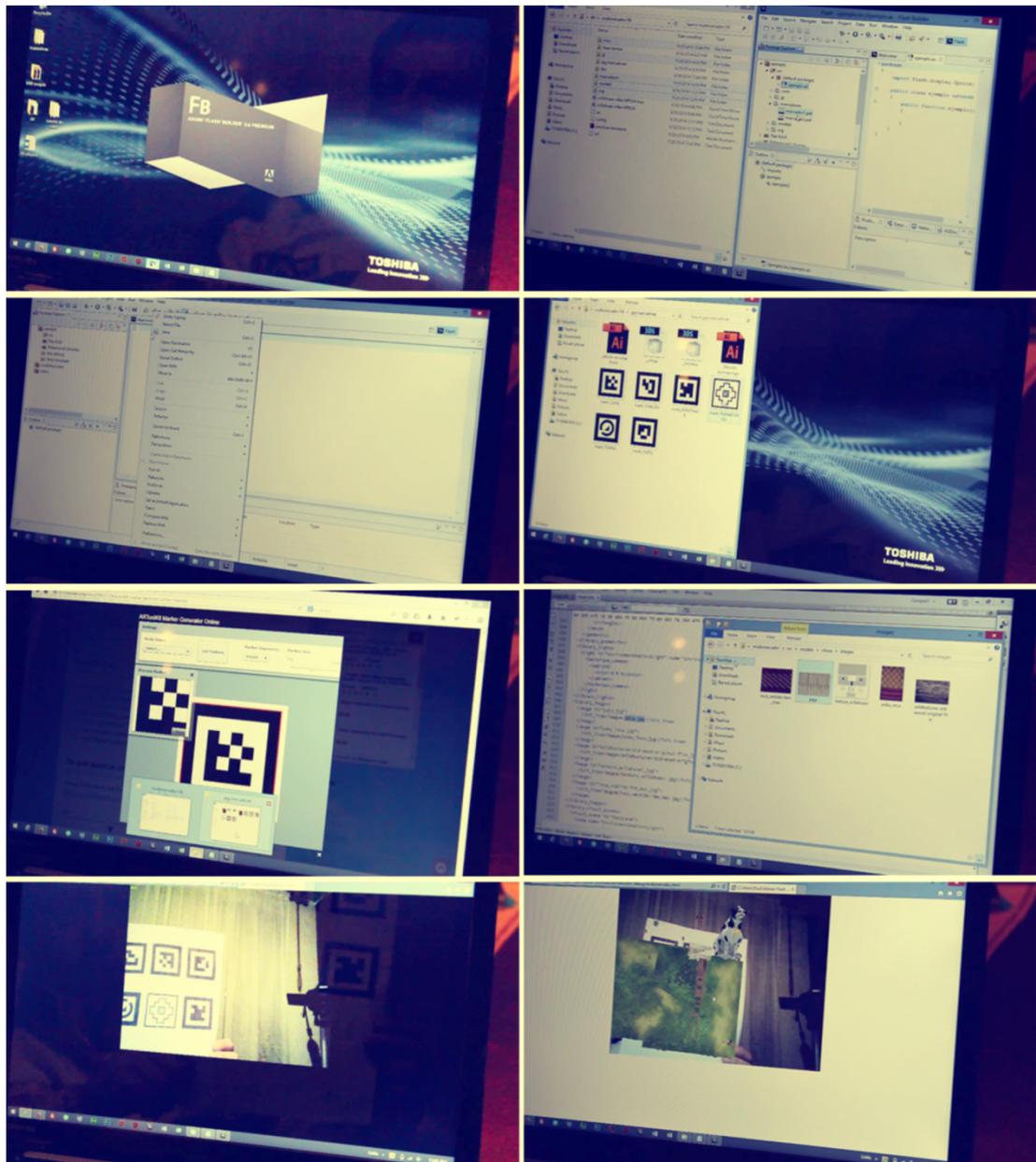


Figura 45. Proceso de trabajo en la programación de la aplicación.

3.2.7 Construcción y funcionamiento del freno electromecánico del juego

Como se ha descrito anteriormente, el stand para el juego en realidad aumentada tiene un torno giratorio provisto de un freno electromecánico que se desactiva (permite la rotación) cuando el rompecabezas ha sido resuelto, o sea si las piezas fueron correctamente ubicadas.

Como mecanismo óptimo para este fin, se construyó un dispositivo basado en un servomotor, que no es más que un pequeño motor eléctrico que mediante una tarjeta electrónica puede ser controlado tanto en velocidad, como en posición y fuerza. La tarjeta electrónica que controla el servomotor es una Arduino, que es una plataforma desarrollada con hardware libre. Este dispositivo funciona como un microcontrolador con un lenguaje de programación basado en Processing. La versatilidad de este entorno le permite a la tarjeta Arduino ser multifuncional y puede conectarse con un adecuado lenguaje de programación a Flash o Flash Builder, al que se comunica a través de un puerto USB a COM.

El código de programación envía una orden para el Frenado (letra A). Este dato es reconocido por el programa en el módulo Arduino. Cuando esto sucede la tarjeta envía una orden al servomotor para que éste mueva su eje a 50 grados hacia la derecha haciendo contacto con la parte móvil del torno, frenando a éste. Para quitar el freno el Arduino recibe un dato diferente (letra B); éste hace que el servomotor gire a 100 grados al sentido contrario.

A continuación se describe gráficamente la conexión del servomotor con la tarjeta Arduino y el computador personal (Figura 46).

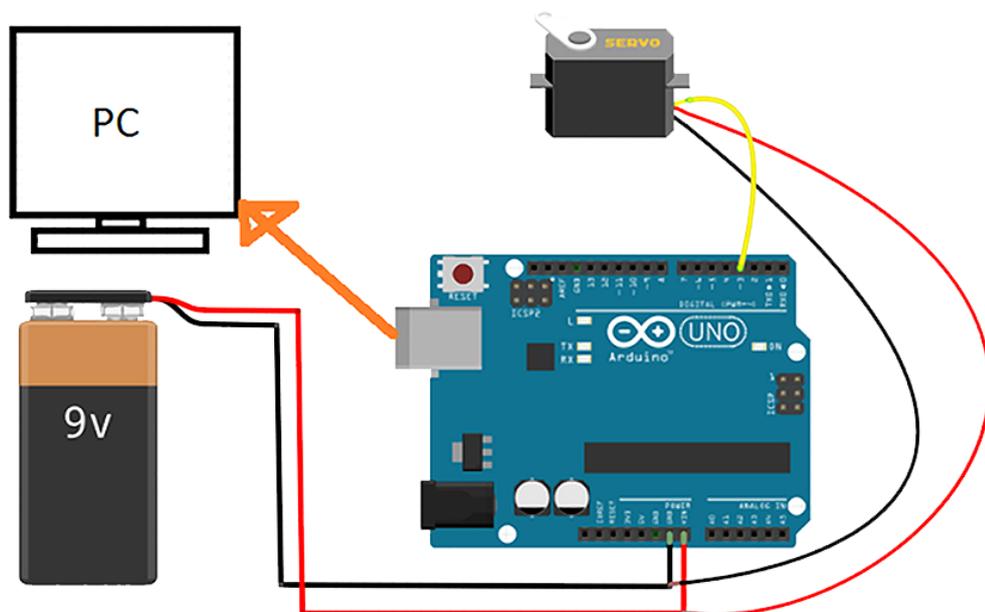
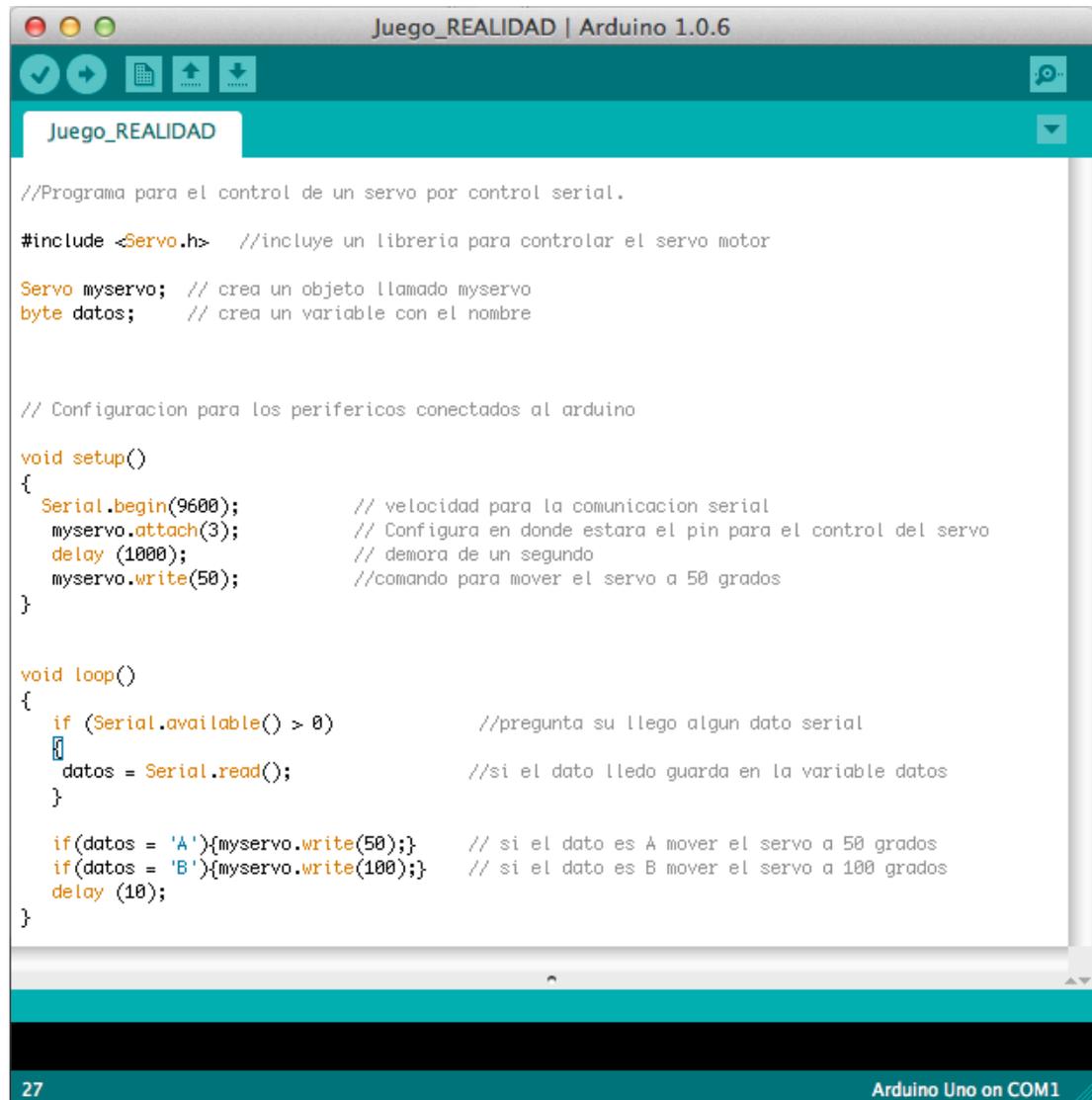


Figura 46. Fuente DELTRONY Componentes Electrónicos.

La alimentación del circuito está representada por una batería de 9V; pero en realidad necesita de una fuente de más corriente; ésta reduce los 110V a 9V con una corriente de 2Amp de corriente. A continuación el código grabado en el Arduino. (Figura 47)



```
//Programa para el control de un servo por control serial.

#include <Servo.h> //incluye un libreria para controlar el servo motor

Servo myservo; // crea un objeto llamado myservo
byte datos; // crea un variable con el nombre

// Configuración para los perifericos conectados al arduino

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // velocidad para la comunicacion serial
  myservo.attach(3); // Configura en donde estara el pin para el control del servo
  delay (1000); // demora de un segundo
  myservo.write(50); //comando para mover el servo a 50 grados
}

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0) //pregunta su llego algun dato serial
  {
    datos = Serial.read(); //si el dato lledo guarda en la variable datos
  }

  if(datos = 'A'){myservo.write(50);} // si el dato es A mover el servo a 50 grados
  if(datos = 'B'){myservo.write(100);} // si el dato es B mover el servo a 100 grados
  delay (10);
}
```

Figura 47. Entorno de programación basado en el lenguaje processing, este luego es cargado al módulo Arduino.

El modelo de Arduino utilizado es el NANO. Esta tarjeta se utilizó por el bajo costo y es una de la más simples de programar. Dispone de 6 puertos analógicos y 13 puertos digitales, de los cuales solo se utilizó uno para el control del servomotor. Como material adicional fue necesario utilizar una placa de circuito impreso, algunos componentes electrónicos y un regulador de voltaje para hacer el montaje del proyecto.

Lista de componentes:

- 1 Arduino Nano
- 1 Modulo regulador de voltaje

- 1 Peineta macho de 40 pines
- 1 Peineta hembra de 40 pines
- 2 Condensadores cerámicos
- 1 resistencia 330R
- 1 diodo led
- 1 diodo ratificador
- 1 placa de circuito impreso
- 1 metro de estaño
- 1 cautín

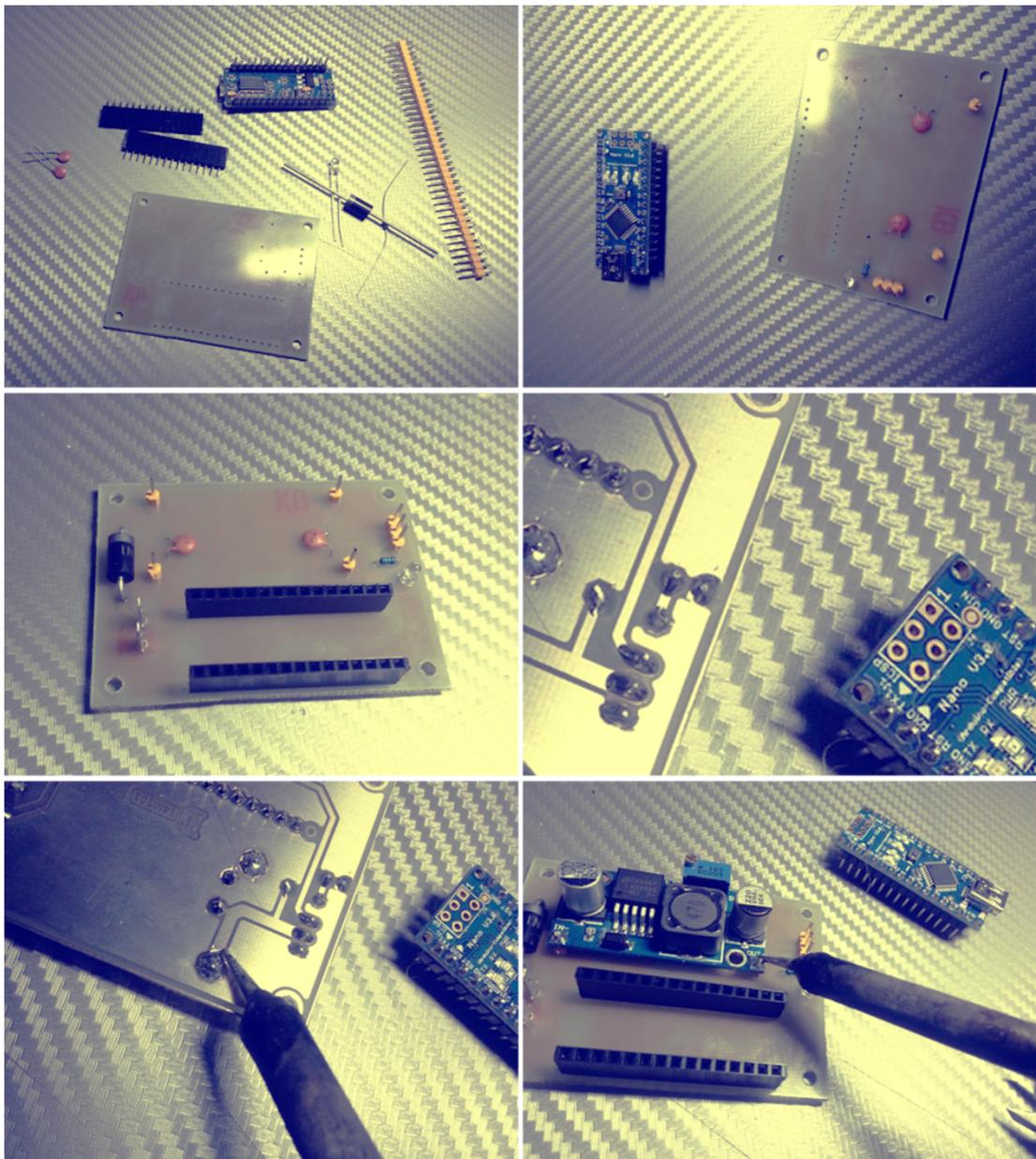


Figura 48. Proceso de armado de la placa de control y la tarjeta Arduino

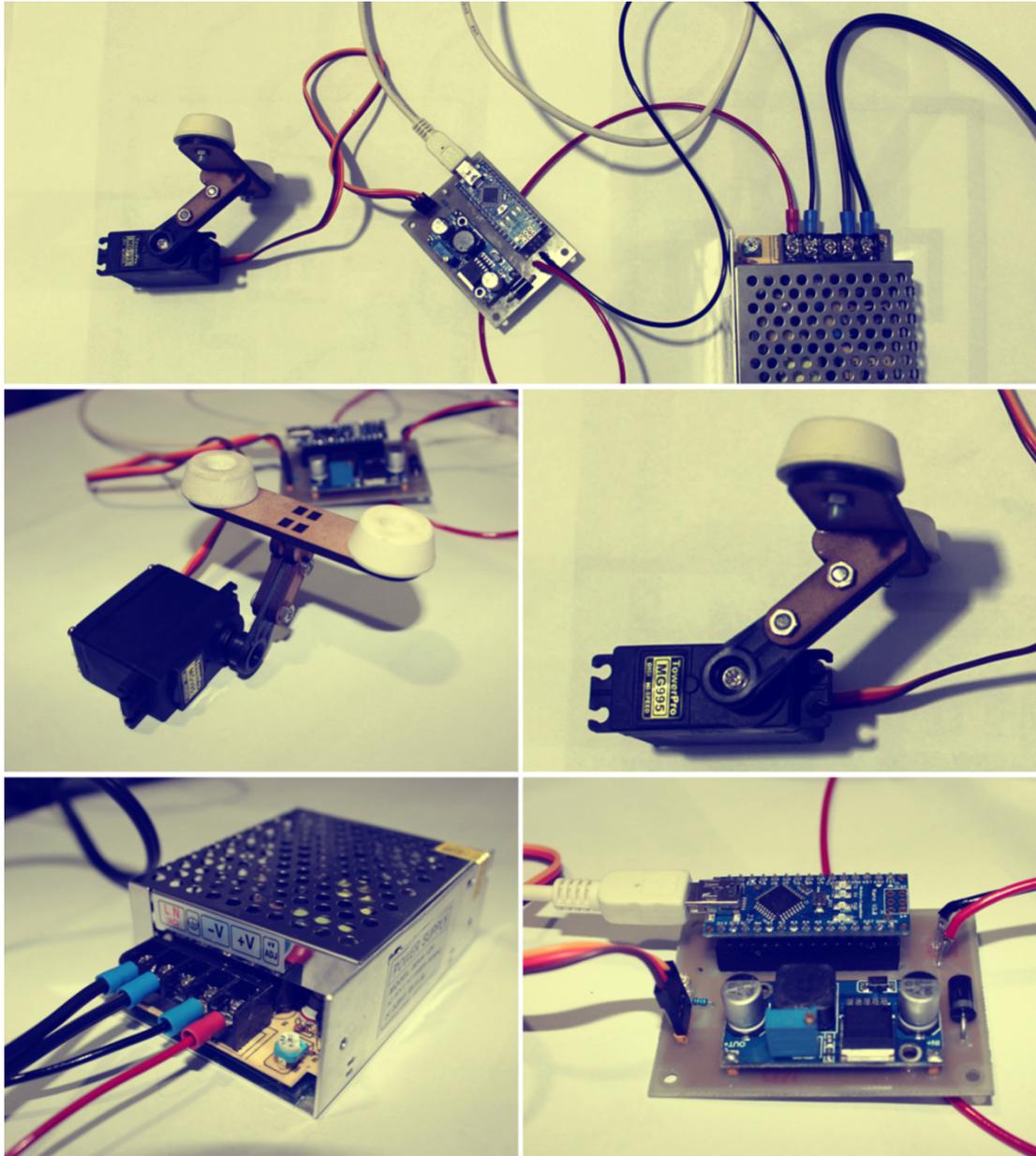


Figura 49. Componentes del freno electromecánico.

3.3 CREACIÓN DEL JUEGO EN REALIDAD AUMENTADA CON AR MEDIA

Como segunda propuesta para el desarrollo de la aplicación, se utilizó el *-plugin-* de AR Media para 3D Studio Max, para lo cual recuperamos la escenografía, los modelos tridimensionales creados y las animaciones asignadas a cada uno de ellos.

Como paso previo, es necesario generar los marcadores; éstos se realizan mediante un programa llamado AR Media Marker Generator (de la misma casa comercial AR Media); este programa funciona con una interface muy sencilla, en donde primero nombramos al marcador según el archivo que va a asociarse con él (para no generar confusiones), y luego adjuntamos la imagen de tipo *-JPG-* que es el marcador propiamente dicho; luego lo

guardamos en la carpeta raíz del programa de AR Media, con la ruta: AR plugin, en library. A continuación los colocamos en pantalla y los ubicamos según la posición que se necesita; para ello se ha creado una imagen plantilla de la misma manera que está armado el rompecabezas, para que al momento de asignar los objetos modelados a cada marcador, éstos coincidan de manera precisa en su posición para una correcta visualización en pantalla.

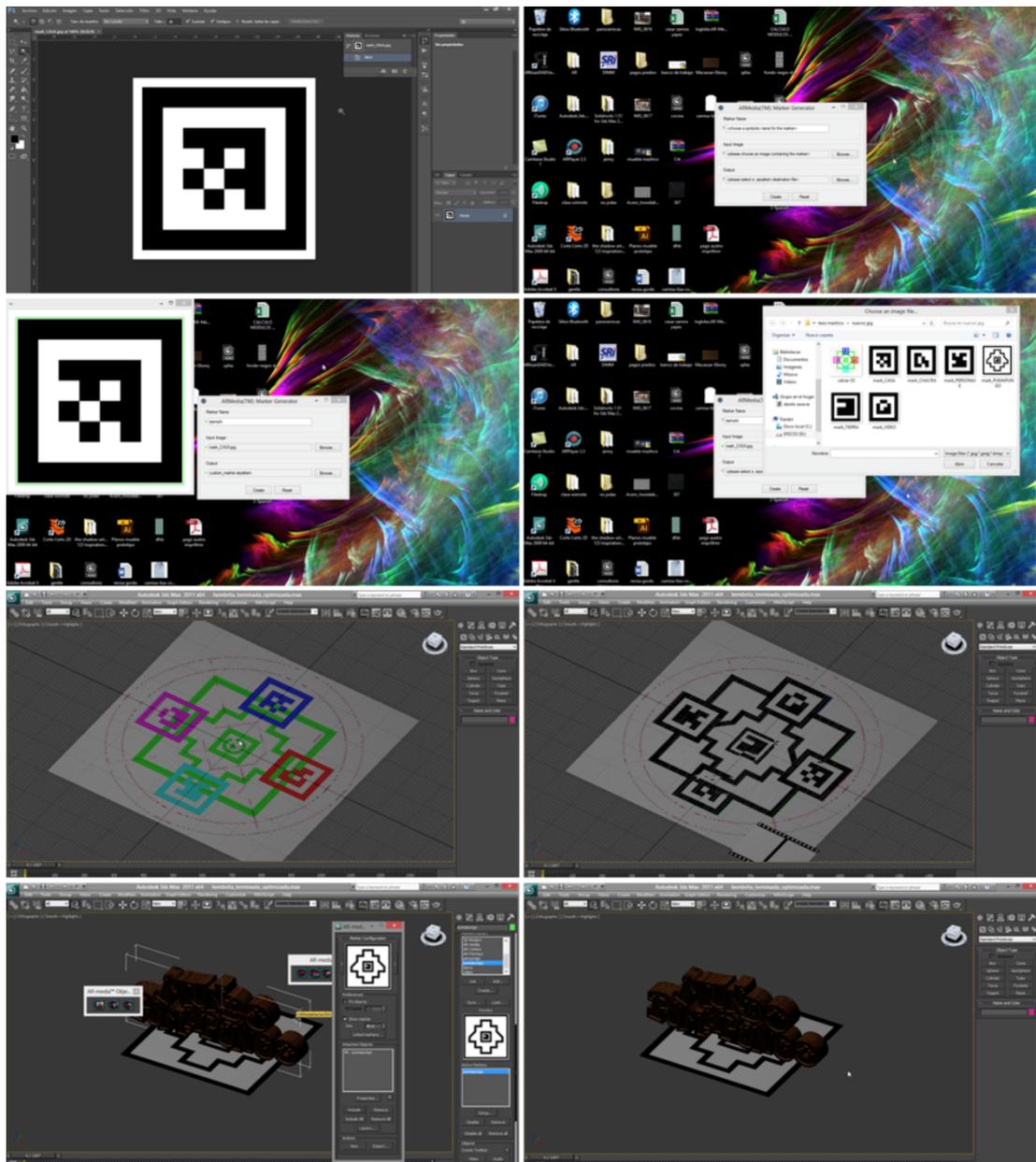


Figura 50. Proceso de generación de los marcadores con AR Media Marker Generator

Los marcadores son susceptibles de moverse y escalarse. Están directamente relacionados y encadenados con la visualización del objeto que se desea desplegar; es decir, si es ubicado fuera del mapa que se tiene de base o del rompecabezas, lo que se va a conseguir

es que el objeto se distancie también de la posición requerida; por lo tanto va a producir un error visual al momento de mostrarse en pantalla.

Una vez que tenemos todos los objetos correctamente ubicados y los marcadores perfectamente asignados, 3D Max puede crear un archivo ejecutable en donde estén listos todos los detalles de la escena, incluyendo los marcadores, utilizando únicamente el comando exportar. Este ejecutable va a encender la cámara para que ésta capte a los marcadores y se muestre la Realidad Aumentada ya funcionando; de tal manera que se puede girar o se pueden ir colocando las piezas hasta conseguir armar el rompecabezas propuesto. De igual modo funciona al quitar las piezas del rompecabezas, es decir se van desactivando los marcadores hasta dejar en pantalla el intro (logotipo animado) del juego.

CAPITULO 4

RESULTADOS

La evaluación del prototipo busca encontrar las virtudes y falencias del modelo propuesto, mediante la observación de uso y comportamiento, así como también con una breve encuesta dirigida a conocer la opinión e intereses de los niños.

La aplicación utilizada es la que se desarrolló con 3D Studio Max más el plugin AR Media, que es la que mejor resultado dio al momento de hacer las pruebas previas a la evaluación final.

Vale indicar que la evaluación debía realizarse en el Parque Arqueológico Pumapungo; pero debido a agentes externos al desarrollo de esta tesis, como la temporada de vacaciones en el régimen sierra (julio - agosto - septiembre) y la falta de grupos estudiantiles (edades de 6 a 8 años) que visiten el museo, se realizó el estudio en una Unidad Educativa que facilitó sus instalaciones y un grupo de niños.

A continuación se describe el conjunto de preguntas, la observación de uso y los gráficos con los porcentajes correspondientes a cada una de ellas.

Como campo de acción: Unidad Educativa Emilio Murillo de San Pedro del Cebollar

Directora: Licenciada Elvia Castillo

Docente: Miguel Carpio

Grado: 4to de Básica

Número de alumnos participantes: 20

Rango de edad: 7 - 8 años

TEST DE ANÁLISIS DE OBJETO

1 ¿Cuánto tiempo le dedicas a usar la computadora?

Rara vez (no tengo computadora en casa) []

Ocasionalmente (solo en la escuela) []

1 hora diaria []

2 horas diarias []

Más de 3 horas diarias []



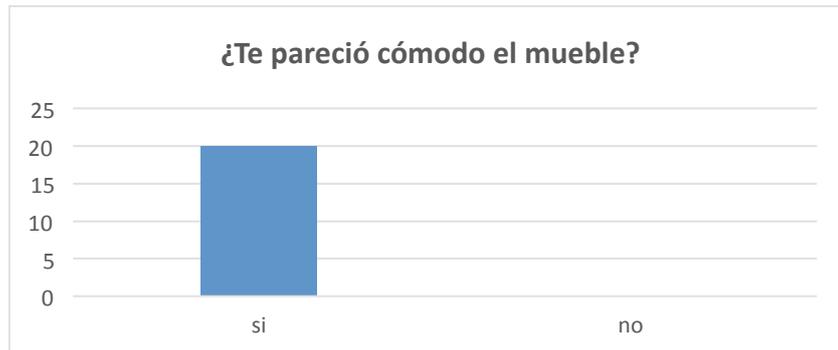
2 ¿Cuándo usas la computadora especialmente para que lo usas?



SERIE DE PREGUNTAS SOBRE EL PRODUCTO

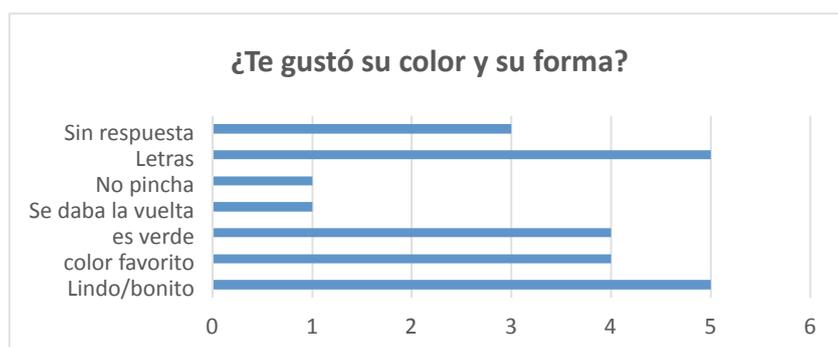
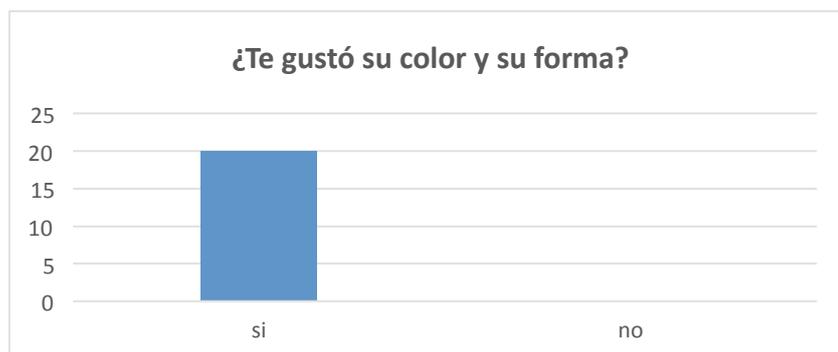
3 ¿Te pareció cómodo el mueble?

Si [] No []



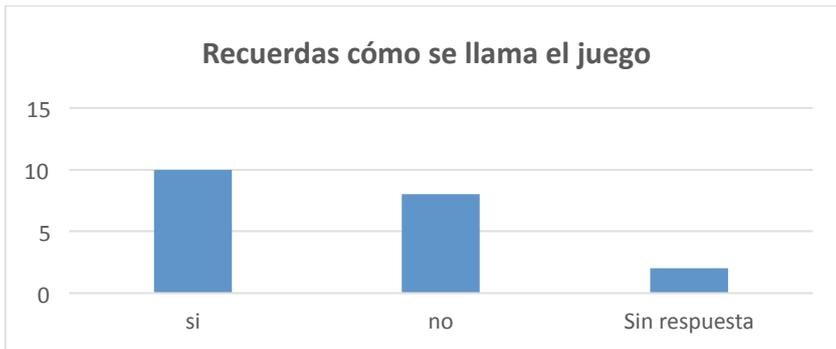
4 ¿Te gustó su color y su forma?

Si [] No []



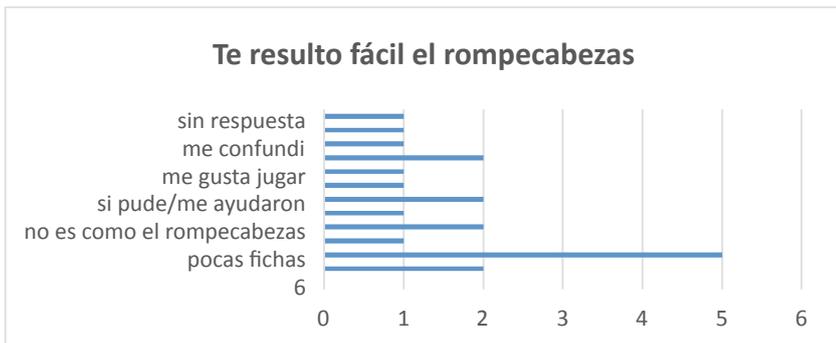
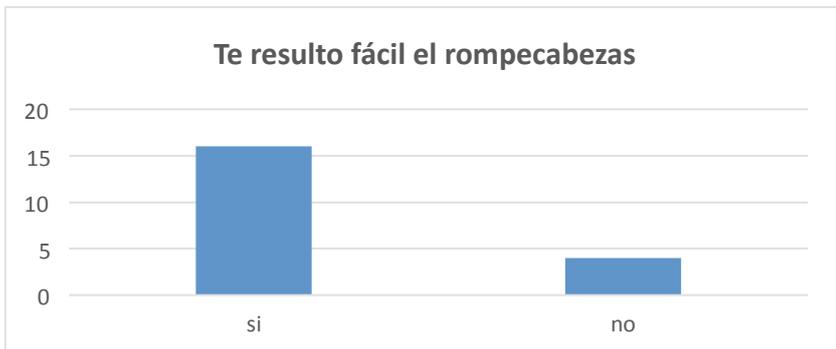
5 ¿Recuerdas cómo se llama el juego?

Si [] No []

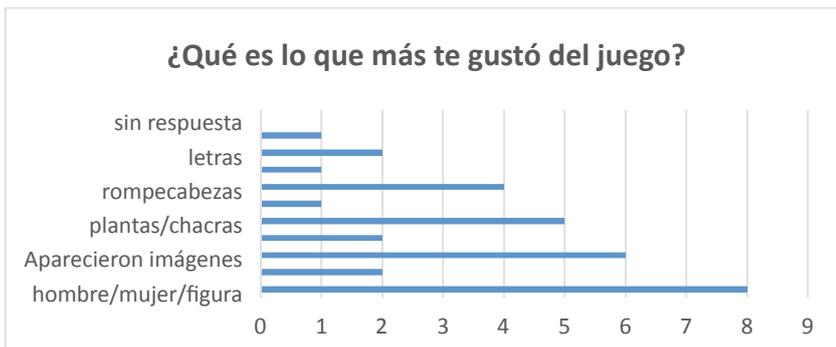


6 ¿Te resultó fácil el rompecabezas?

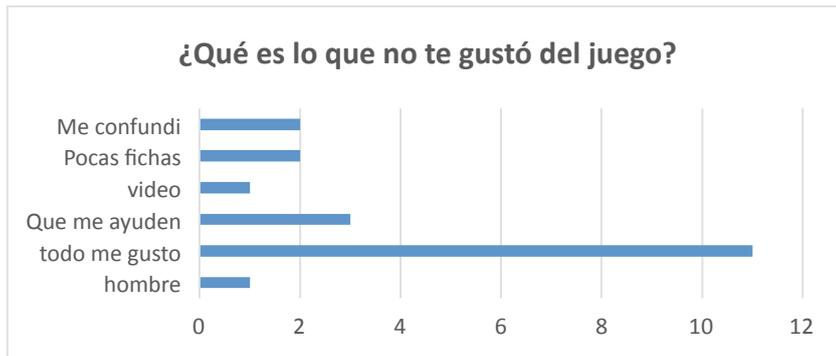
Si [] No []



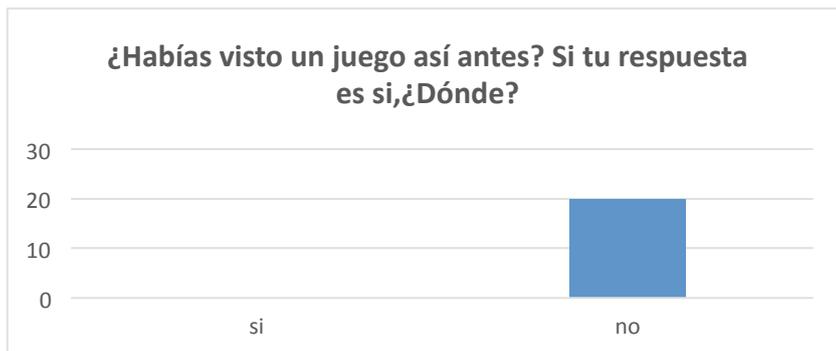
7 ¿Qué es lo que más te gustó del juego?



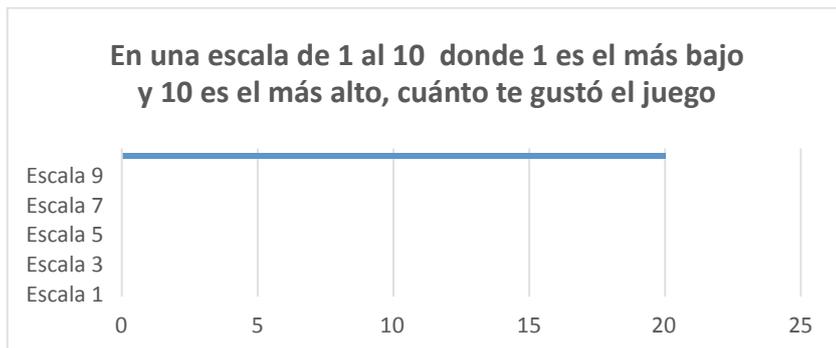
8 ¿Qué es lo que no te gustó del juego?



9 ¿Habías visto un juego así antes?, si tu respuesta es si, ¿Dónde?



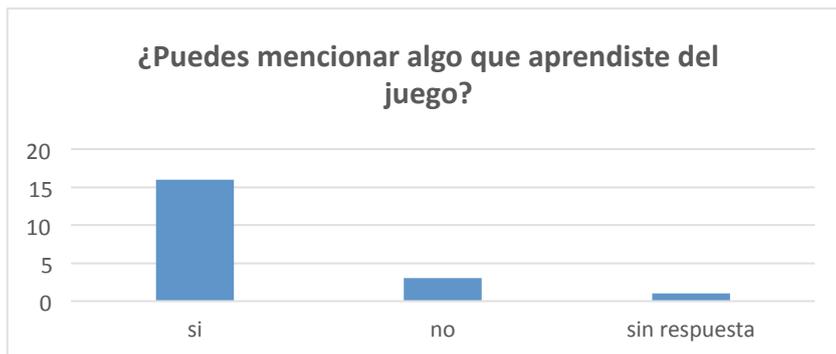
10 En una escala de 1 al 10, donde 1 es el más bajo y 10 es el más alto, cuánto te gustó el juego



11 ¿Qué te hubiese gustado que tenga más el juego?



12 ¿Puedes mencionar algo que aprendiste del juego?



CHECK LIST (observación)

1 Motivación- entusiasmo y empatía con el juego

a. ¿Mostró interés?

Si [] No []



b. ¿Se sintió incentivado a continuar con el juego?

Si [] No []



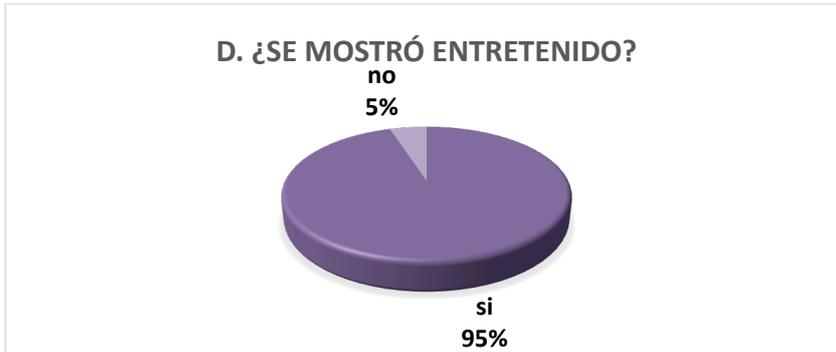
c. ¿Lo ayudaron a conseguir el objetivo?

Si [] No []



d. ¿Se mostró entretenido?

Si [] No []



e. Mostró: 1 satisfacción, 2 mediana satisfacción ó 3 desinterés

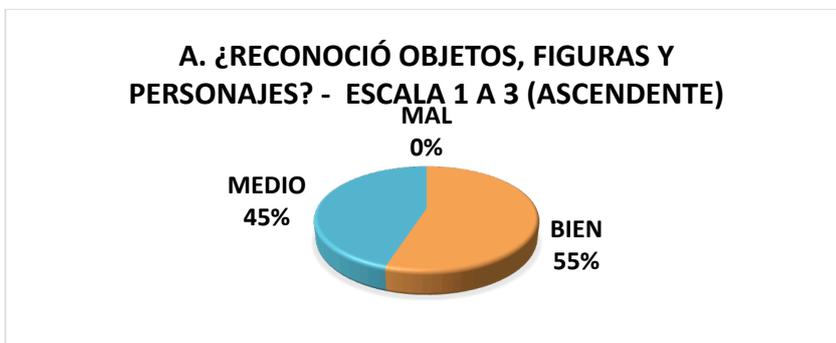
1 [] 2 [] 3 []



2. Desarrollo del juego

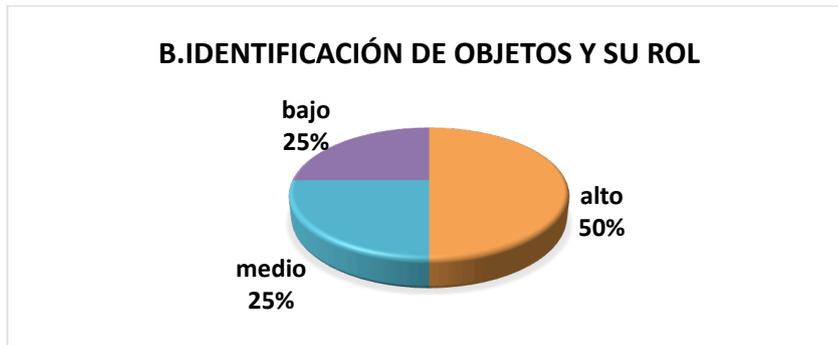
a. ¿Reconoció objetos, figuras y personajes? - escala 1 a 3 (ascendente)

1 [] 2 [] 3 []



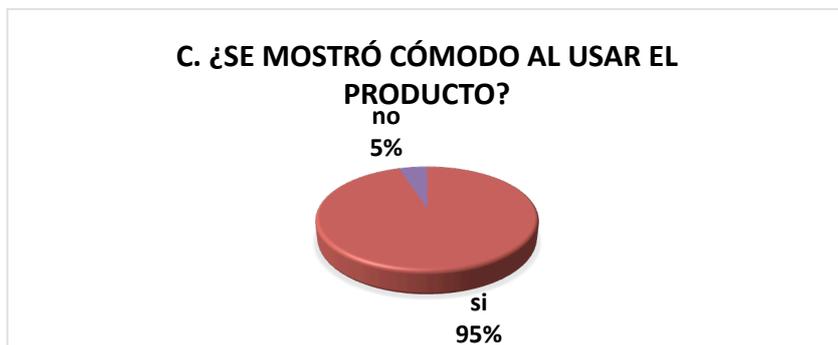
b. Identificación de objetos y su rol

Alto [] Medio [] Bajo []



c. ¿Se mostró cómodo al usar el producto?

Si [] No []



d. ¿Hubo una correcta adaptación hergonómica?

Si [] No []



e. Tiempo de logro conseguido en minutos



4.1 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Luego del proceso de evaluación y observación, podemos dar los siguientes criterios:

- El estudio fue hecho en una unidad educativa donde la gran mayoría de los alumnos es de escasos recursos; por ello tenemos un alto grado de niños que no tienen acceso a la computadora, mucho menos a internet.
- El mueble como tal tuvo gran aceptación entre los usuarios. Su comodidad les permite manipular con facilidad el rompecabezas y su color llamativo les invita a interactuar más con la aplicación.
- Un punto en donde se debe trabajar más es en la presentación explicativa del juego. Un buen número de niños no pudo recordar el nombre del mismo.
- El rompecabezas fue quizás el elemento más comprometido. La opinión mayoritaria de los niños es la inclusión de más fichas y en algunos casos la complejidad aparente por la forma del mismo no les permitía poderlo armar con facilidad; esto llevó a que, sin haberlo planificado, la actividad individual se convierta en grupal por el interés de otros niños en ayudar a resolver el rompecabezas.
- El juego plasmado en pantalla resaltó los gestos de asombro entre los pequeños. Como mencionamos anteriormente, al no disponer de computadora, están un poco apartados de los juegos tecnológicos y multimedia.
- El personaje caminando sobre el terreno es el objeto principal de las miradas. Conforme se ubican las fichas, aparecen los gráficos tridimensionales, éste es lo que más gusto del juego.
- Al preguntarles a los niños si aprendieron algo del juego, las respuestas iban encaminadas a lo que se veía en pantalla, es decir se nombraba la casa, las plantas, el personaje. No se los nombraba como una parte del Parque Arqueológico Pumapungo, esto debido, en primer lugar, a que los niños no recibieron la visita guiada al parque y, segundo, porque en la mayoría no lo conocen.

- En los resultados del Check List u observación, podemos notar que el prototipo funcionó de la mejor manera en cuanto se refiere al stand y al rompecabezas. Como objetivo a optimizar, está la mejor consecución de la Realidad Aumentada. Los gráficos cargaban con un poco de lentitud (el software todavía tiene problemas), por lo que se puede perfeccionar a futuro con mejores herramientas para su desarrollo.



Figura 51. Pruebas de campo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de una tecnología nueva, en el campo de la educación, como la Realidad Aumentada, permite a los niños involucrarse más en el aprendizaje de un tema propuesto. Al mostrar una óptica diferente de una realidad intangible logramos despertar en los niños curiosidad, primero, por el funcionamiento del aplicativo y, segundo, por la temática que se presenta.

Mediante la investigación y la práctica, podemos construir proyectos simples a la vista, pero complejamente elaborados, logrando integrar elementos de diseño de mobiliario para estaciones de trabajo, en donde se incluye un torno giratorio adaptado a un rompecabezas, que es controlado por un sistema electrónico en una tarjeta arduino que recibe la orden de un computador personal, que al mismo tiempo ejecuta un aplicativo en Realidad Aumentada, realizado con programación basada en software libre más Action Script (o plugins especializados) para dar vida a objetos modelados en 3D o editados en video. En definitiva, es posible desarrollar en nuestro país aplicativos que sean capaces de solucionar necesidades en diversos campos de acción.

El desarrollo del prototipo con un solo rompecabezas de 4 fichas incita a llegar a niveles más complejos de elaboración de aplicativos didácticos. Los niños desean un mayor número de elementos gráficos en 3D con los que puedan interactuar. Construyendo más modelos tridimensionales con diversas temáticas podemos expandir el campo de acción de este proyecto, y el Parque Arqueológico Pumapungo es el lugar indicado por la gran cantidad de elementos arqueológicos, etnográficos, numismáticos y de arte.

Las metodologías de aprendizaje, basadas en el aprender haciendo, son de mucha ayuda al momento de realizar material didáctico de apoyo educativo. Dejar que los niños interactúen con el prototipo, permite ver de mejor manera los pros y contras del proyecto. Hay que hacer énfasis en que el desarrollo motor y cognitivo es diferente en cada niño, por lo que en algunos casos las indicaciones sobre el funcionamiento del rompecabezas debía ser personalizado.

La utilización de software libre para la elaboración de proyectos pilotos en Realidad Aumentada puede traer inconvenientes en la presentación de productos finales. Se requiere de un equipo multidisciplinario con ganas de aprender sobre nuevas tecnologías. Todavía hay mucho por investigar. La tecnología avanza a pasos agigantados y hay que estar actualizados en conocimientos, tanto en el modelado de objetos 3D como en la programación de estos productos.

La utilización de un mueble tipo stand mejora la experiencia de uso de la aplicación. Los niños se sienten atraídos por su cromática y la gráfica con la imagen del juego que anticipa el tema a ser presentado. La correcta utilización de materiales en la construcción del stand nos garantiza la estabilidad necesaria al momento trabajar con más de dos niños.

En nuestro medio la falta de material didáctico basado en Realidad Aumentada hace de éste un campo fértil para el desarrollo de aplicaciones que refuercen las metodologías de enseñanza.

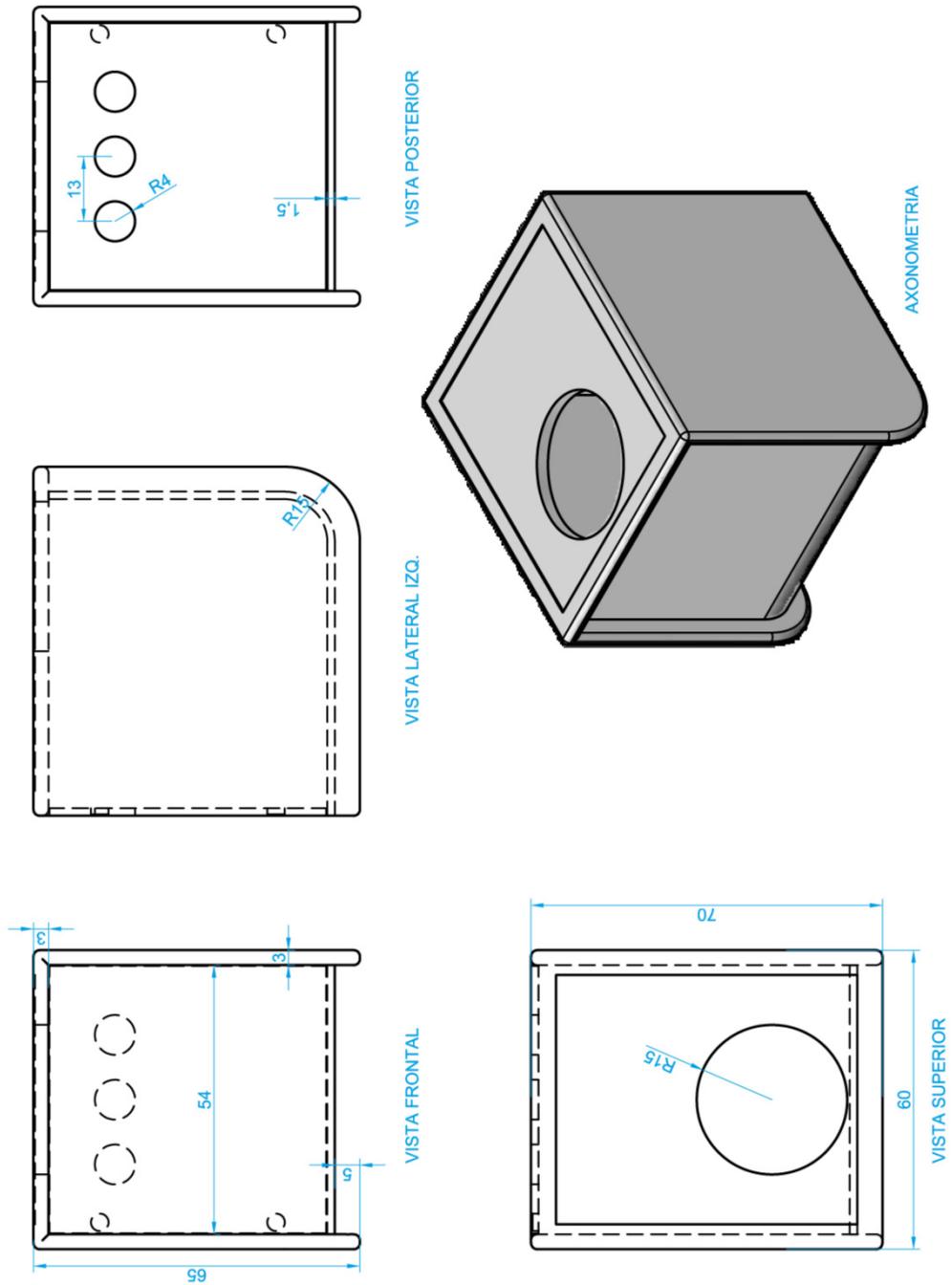
BIBLIOGRAFÍA

- Aprender - Ensayos de Colegas - Inkidolphin. (n.d.). Retrieved July 18, 2014, from <http://www.buenastareas.com/ensayos/Aprender/960910.html>
- Banco Central del Ecuador, D. C. R. C. (2003). *Parque Arqueológico Pumapungo* (1st ed., p. 72). Cuenca: Dávila, Jorge.
- Celi, I. (Subsecretaria de P. C., Bedoya, M. E. (Directora de C. y D. del P., & Cevallos, P. (SIEM). (2013a). Propuesta del Sistema Ecuatoriano de Museos y. *Propuesta Del Sistema Ecuatoriano de Museos Y Política Nacional de Museos, II*, 1–26. Retrieved from <http://downloads.arqueo-ecuatoriana.ec/ayhpwxgv/museos/SIEM-SIN-ANEXOS-II-PARTE.pdf>
- Celi, I. (Subsecretaria de P. C., Bedoya, M. E. (Directora de C. y D. del P., & Cevallos, P. (SIEM). (2013b). Propuesta del Sistema Ecuatoriano de Museos y. *Propuesta Del Sistema Ecuatoriano de Museos Y Política Nacional de Museos, II*, 1–26.
- Contexts, E. (n.d.). *ESPACIOS EDUCATIVOS Y MUSEOS DE PEDAGOGÍA* ,.
- Cuervo, M. C., Guillermo, J., & Salamanca, Q. (2011). Ambiente interactivo para visualizar sitios turísticos, mediante realidad aumentada implementando layar interactive environment for tourist sites, implementing augmented reality layar. *CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA*, 21, 91–105. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/911/91123440005.pdf>
- Dewey, J. (2002). “ LA TEORÍA PEDAGÓGICA DE JOHN DEWEY. ASPECTOS NORMATIVOS Y COMPONENTESUTÓPICOS ” Martha Castiñeiras, 1–6.
- Ecuador, R. O. O. del G. del. Ley orgánica de educación intercultural. , Pub. L. No. Registro Oficial N° 417 (2011). Ecuador. Retrieved from <http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/LOEI.pdf>
- Fabregat, R. (2012a). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología Y Conocimiento*, 2, 69–78.
- Fabregat, R. (2012b). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología Y Conocimiento*, 2, 69–78.
- FitzGerald, E., & Adams, A. (2012). Augmented reality and mobile learning: the state of the art. In *CEUR Workshop ...* (pp. 1–8).
- Gallego, B. (2001). Nuevas perspectivas en educación: proyectos para el uso de las TIC, 35–42.
- González, C., Albusac, J., Vallejo, D., & Castro, J. J. (n.d.). *Realidad Aumentada un enfoque practico con ARToolkit y Blender* (1st ed., p. 105).
- Hacer puzles, una actividad lúdica y pedagógica | Edukame. (n.d.). Retrieved July 30, 2014, from <http://edukame.com/2012/10/17/hacer-puzles-una-actividad-ludica-y-pedagogica>
- Jiménez, S., & Palácio, M. (2010). Comunicación de la ciencia y la tecnología en museos y centros interactivos de la ciudad de Medellín. *Universitas Humanística (ISSN ...)*, 227–257. Retrieved from <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/article/view/2292>

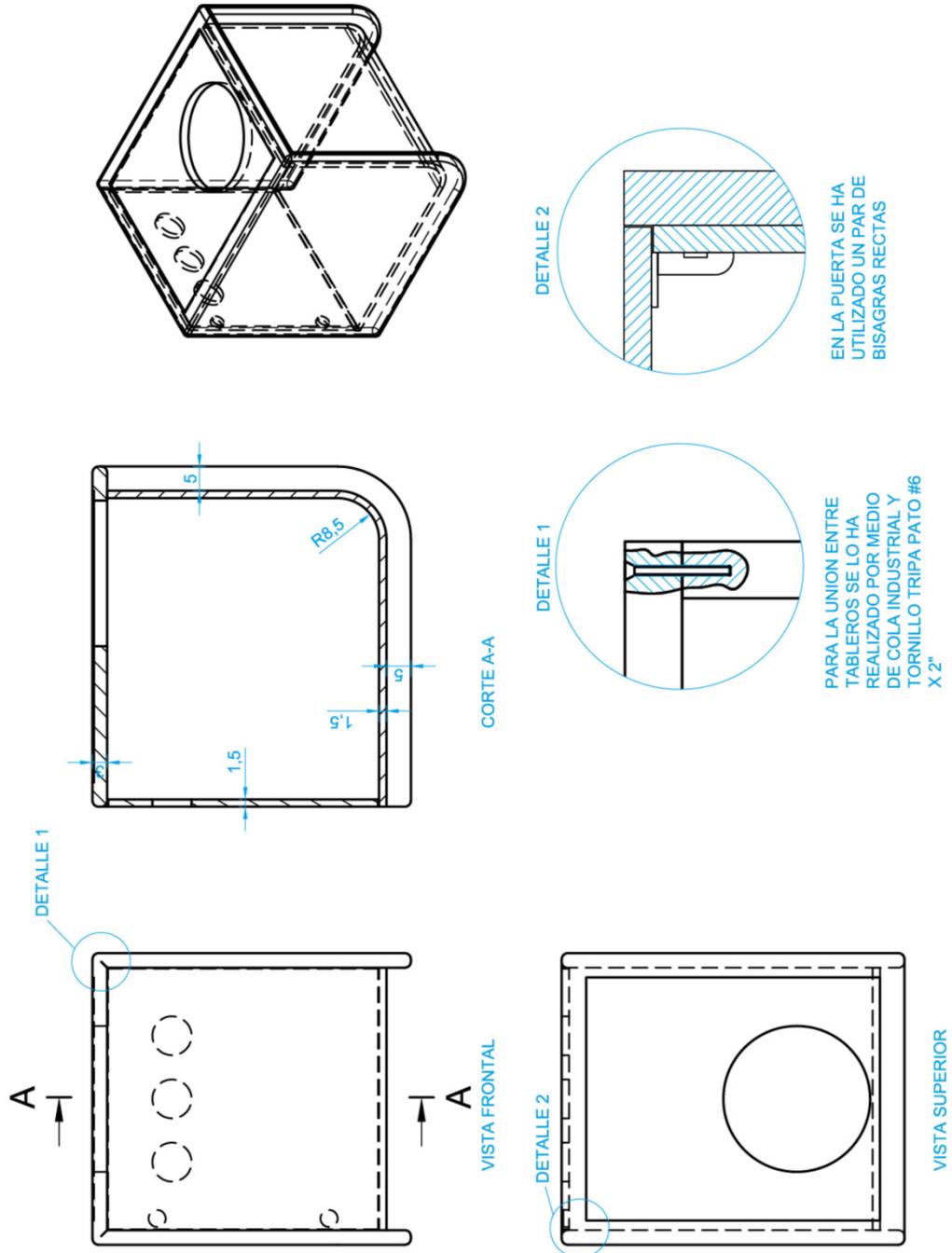
- Juguetes didácticos: Diversión y aprendizaje - ProQuest. (n.d.). Retrieved July 30, 2014, from <http://search.proquest.com/docview/377335715/EF49A4CA43FF4B1CPQ/4?accountid=36552>
- Juguetes didácticos: Invitan a aprender - ProQuest. (n.d.). Retrieved July 30, 2014, from <http://search.proquest.com/docview/307174190/EF49A4CA43FF4B1CPQ/5?accountid=36552>
- Maceira, L. (2008). Los museos: espacios para la educación de personas jóvenes y adulta. *Decisio*, (mayo agosto), 13. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Los+museos++espacios+para+la+educación+de+personas+jóvenes+y+adultas#3>
- Papert, S. (1981). desafio a la mente.pdf. In F. L. y R. S.A. (Ed.), *desafio a la mente* (pp. 1–255).
- Restrepo, I. C. (2010). Interfaces vivenciales: espacios de inmersión y formación. *Kepes*, 6, 115–1136. Retrieved from http://200.21.104.25/kepes/downloads/Revista6_8.pdf
- Shelton, B., & Hedley, N. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. *Augmented Reality Toolkit, The First ...*, 1–8. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1106948
- Social, M. (2012). MINISTERIO DE CULTURA DEL ECUADOR Subsecretaría de Memoria Social, 75. Retrieved from https://docs.google.com/file/d/1Lc723KQzylFFjL8vfQeeHDLkptRcegMdMQW_KFnss7wpSrfQV-PY1y3aBdCHD/edit?pli=1
- Stallman, R. (2004). *Software libre para una sociedad libre* (1st ed., pp. 1–232). Retrieved from <http://bibliotecalibre.org/handle/001/144>
- The Open Source Definition | Open Source Initiative. (n.d.). Retrieved July 18, 2014, from <http://opensource.org/osd>
- Yeom, S. (School of C. and I. S. (2011). Augmented Reality for Learning Anatomy Research aims. In University of Tasmania (Ed.), *Ascilite* (pp. 1377–1383). Hobart.
- Yuen, S. C., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4, 119–140. Retrieved from <http://jetde.theti.org/evaluate/downloadArticle.do?articleId=2117>

ANEXOS

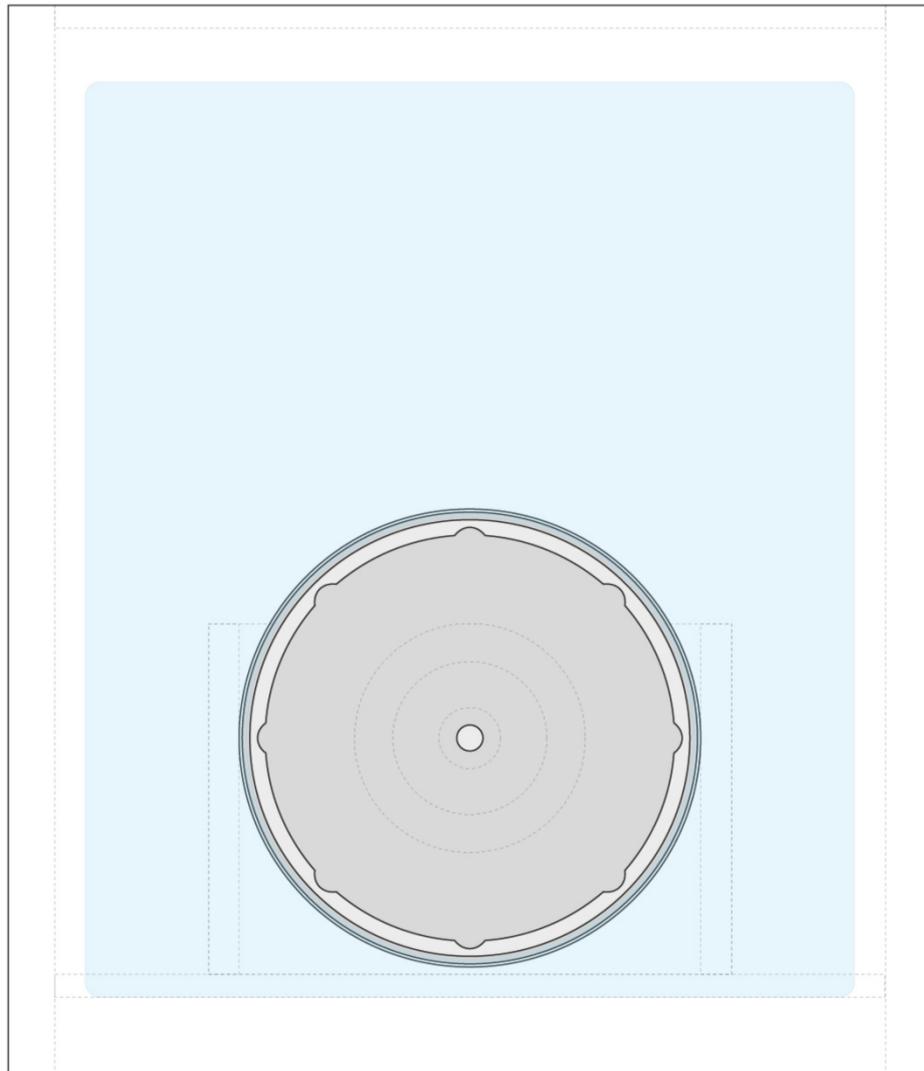
Anexo 1. Vistas y medidas del stand



Cortes y detalles constructivos del stand



Cortes y detalles constructivos del torno giratorio

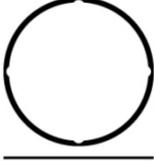
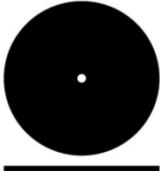
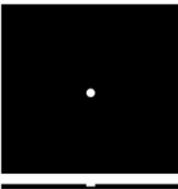
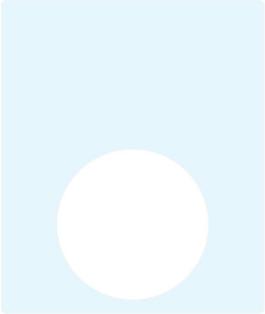
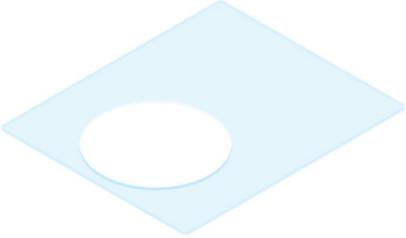


VISTA SUPERIOR TORNO



VISTA FRONTAL
DETALLE TORNO

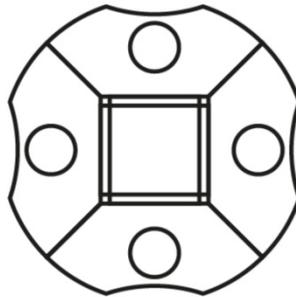
Cuadro de piezas para corte láser del torno y cubierta

	<p>PLACA MDF DIAMETRO: 26,4 cm ESPESOR: 5 mm</p>	
	<p>ANILLO MDF DIAMETRO: 28,6 cm ESPESOR: 5 mm</p>	
	<p>PLACA MDF DIAMETRO: 29,6 cm ESPESOR: 10 mm</p>	
	<p>PLACA MDF DIAMETRO: 15 cm ESPESOR: 10 mm</p>	
	<p>PLACA MDF DIAMETRO: 10 cm ESPESOR: 10 mm</p>	
	<p>TARUGO ACERO LARGO: 3,7 cm DIAMETRO: 17 mm</p>	
	<p>PLACA MDF TAMAÑO: 34 cm x 32,5 cm ESPESOR: 10 mm</p>	
	<p>ACRILICO TAMAÑO: 50 cm x 60 cm ESPESOR: 3 mm</p> <p>HUECO DIAMETRO: 29 cm</p>	

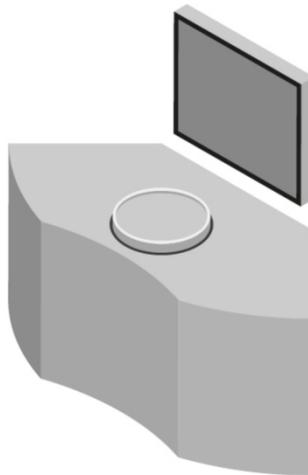
Anexo 2. Primera propuesta para stand



MODULO BASE



ORGANIZACION



MODELO TRIDIMENSIONAL

Anexo 3. Propuestas para diseño de los marcadores

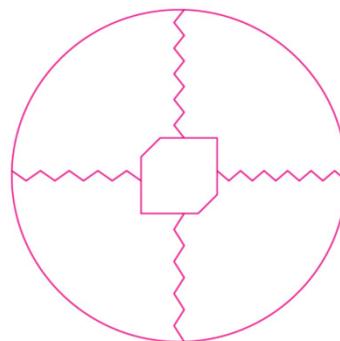
RECOPILACION DE MOTIVOS INKAS



Propuesta para marcadores

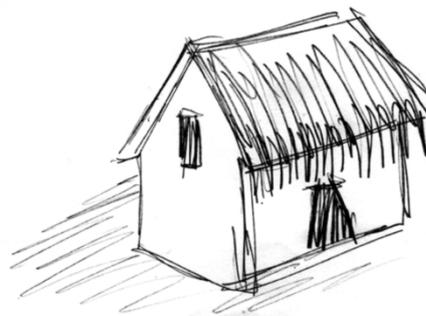


Propuesta para marcadores y corte de fichas



Opcion de cortes

Anexo 4. Bocetos para el diseño del logotipo y la ambientación de la ilustración



Anexo 5. “Mundo Pumapungo” Ilustración del prototipo en Adobe Illustrator



Anexo 6. Código de programación para el juego en Realidad Aumentada

Código Multimarcador para Realidad Aumentada

```
package {
    // importo las librerias para poder usar los marcadores
    import com.transmote.flar.FLARManager;
    import com.transmote.flar.marker.FLARMarker;
    import com.transmote.flar.marker.FLARMarkerEvent;
    import com.transmote.flar.utils.FLARManagerConfigLoader;
    import com.transmote.flar.utils.geom.FLARPVGeomUtils;
    import flash.display.DisplayObject;
    import flash.display.Sprite;
    import flash.events.Event;
    import org.libspark.flartoolkit.support.pv3d.FLARCAMERA3D;
    import org.papervision3d.lights.PointLight3D;
    import org.papervision3d.objects.DisplayObject3D;
    import org.papervision3d.objects.parsers.DAE;
    import org.papervision3d.render.LazyRenderEngine;
    import org.papervision3d.scenes.Scene3D;
    import org.papervision3d.view.Viewport3D;

    //defino el tamaño de la pantalla y el color de fondo que se va a mostrar
    [SWF(width="640", height="480", frameRate="30", backgroundColor="#FFFFFF")]

    //inicio de la clase, el nombre de la clase debe ser el mismo del archivo,
    sino no funciona
    public class multimarcador extends Sprite {

        //prepara los objetos a usar en el aplicativo
        private var flarManager:FLARManager;
        private var scene3D:Scene3D;
        private var camera3D:FLARCAMERA3D;
        private var viewport3D:Viewport3D;
        private var renderEngine:LazyRenderEngine;
        private var pointLight3D:PointLight3D;
        //crea las variables que van a leer los marcadores
        private var marker0:FLARMarker;
        private var marker1:FLARMarker;
        private var marker2:FLARMarker;
        private var marker3:FLARMarker;
        private var marker4:FLARMarker;
        private var marker5:FLARMarker;
        //contendran los archivos dae que se van a leer
        private var modelunoContainer:DisplayObject3D;
        private var modeldosContainer:DisplayObject3D;
        private var modeltresContainer:DisplayObject3D;
        private var modelcuatroContainer:DisplayObject3D;
        private var modelcincoContainer:DisplayObject3D;
        private var modelseisContainer:DisplayObject3D;

        public function multimarcador () {
            //Carga las opciones de configuracion de pos marcadores,
            resolucion, etc.
            this.flarManager = new FLARManager( "models/flarConfig.xml" );

            this.addChild(Sprite(this.flarManager.flarSource));

            this.flarManager.addEventListener(FLARMarkerEvent.MARKER_ADDED,
            this.onMarkerAdded);

            this.flarManager.addEventListener(FLARMarkerEvent.MARKER_UPDATED,
            this.onMarkerUpdated);

            this.flarManager.addEventListener(FLARMarkerEvent.MARKER_REMOVED,
            this.onMarkerRemoved);
            this.flarManager.addEventListener(Event.INIT,
            this.onFlarManagerInited);
        }

        private function onFlarManagerInited (evt:Event) :void {
            //Prepara los elementos que intervienen en la captura de
            imagenes.
            this.flarManager.removeEventListener(Event.INIT,
            this.onFlarManagerInited);
        }
    }
}
```

```

        this.scene3D = new Scene3D();

        this.camera3D = new
FLARCamera3D(this.flarManager.cameraParams);

        this.viewport3D = new Viewport3D(this.stage.stageWidth,
this.stage.stageHeight);
        this.addChild(this.viewport3D);

        this.renderEngine = new LazyRenderEngine(this.scene3D,
this.camera3D, this.viewport3D);

        this.pointLight3D = new PointLight3D();
        this.pointLight3D.x = 1000;
        this.pointLight3D.y = 1000;
        this.pointLight3D.z = -1000;

        //Carga el primer archivo, estos se cargan segun el oren
definido en el archivo
        //de configuraciones.
        //Aqui se carga en una variable y se ajustan parametros para la
visualizacion correcta del objeto
        //De igual manera se realiza el mismo procedimiento con el
resto de los archivos DAE

        var uno:DAE = new DAE();
        uno.load( "models/choza/choza.dae" );
        uno.rotationX = 90;
        uno.scale = 0.02;
        uno.y = -8;
        uno.z = 10;
        this.modelunoContainer = new DisplayObject3D;
        this.modelunoContainer.addChild(uno);
        this.modelunoContainer.visible = false ;
        this.scene3D.addChild(this.modelunoContainer);

        var dos:DAE = new DAE();
        dos.load( "models/ambientacion/ambientacion.dae" );
        dos.rotationX = 90;
        dos.scale = 0.02;
        dos.y = -8;
        dos.z = 10;
        this.modeldosContainer = new DisplayObject3D;
        this.modeldosContainer.addChild(dos);
        this.modeldosContainer.visible = false ;
        this.scene3D.addChild(this.modeldosContainer);

        var tres:DAE = new DAE();
        tres.load( "models/personaje/personaje.dae" );
        tres.rotationX = 90;
        tres.scale = 2;
        tres.y = -8;
        tres.z = 10;
        this.modeltresContainer = new DisplayObject3D;
        this.modeltresContainer.addChild(tres);
        this.modeltresContainer.visible = false ;
        this.scene3D.addChild(this.modeltresContainer);

        var cuatro:DAE = new DAE();
        cuatro.load( "models/pumapungo/pumapungo.dae" );
        cuatro.rotationX = 90;
        cuatro.scale = 0.02;
        cuatro.y = -8;
        cuatro.z = 10;
        this.modelcuatroContainer = new DisplayObject3D;
        this.modelcuatroContainer.addChild(cuatro);
        this.modelcuatroContainer.visible = false ;
        this.scene3D.addChild(this.modelcuatroContainer);

        var cinco:DAE = new DAE();
        cinco.load( "models/tierra/tierra.dae" );
        cinco.rotationX = 90;
        cinco.scale = 0.02;
        cinco.y = -8;
        cinco.z = 10;
        this.modelcincoContainer = new DisplayObject3D;

```

```

        this.modelcincoContainer.addChild(cinco);
        this.modelcincoContainer.visible = false ;
        this.scene3D.addChild(this.modelcincoContainer);

        //Aqui se carga el video
        var seis:DAE = new DAE();
        seis.load( "models/vaca.dae" );
        seis.rotationY = -90;
        seis.scale = 70;
        seis.y = -8;
        seis.z = 10;
        this.modelseisContainer = new DisplayObject3D;
        this.modelseisContainer.addChild(seis);
        this.modelseisContainer.visible = false ;
        this.scene3D.addChild(this.modelseisContainer);

        this.addEventListener(Event.ENTER_FRAME, this.onEnterFrame);
    }

    //Cuando la camara detecte la presencia de uno de los marcadores,
    mostrara el archivo DAE correspondiente
    private function onMarkerAdded (evt:FLARMarkerEvent) :void {
        switch (evt.marker.patternId)
        {
            case 0:
                this.modelunoContainer.visible=true;
                this.marker0 = evt.marker;
                break ;
            case 1:
                this.modeldosContainer.visible=true;
                this.marker1 = evt.marker;
                break ;
            case 2:
                this.modeltresContainer.visible=true;
                this.marker2 = evt.marker;
                break ;
            case 3:
                this.modelcuatroContainer.visible=true;
                this.marker3 = evt.marker;
                break ;
            case 4:
                this.modelcincoContainer.visible=true;
                this.marker4 = evt.marker;
                break ;
            case 5:
                this.modelseisContainer.visible=true;
                this.marker5 = evt.marker;
                break ;
        }
    }

    //Mantiene visible el marcador mientras se mueve frente a la camara
    private function onMarkerUpdated (evt:FLARMarkerEvent) :void {
        switch (evt.marker.patternId)
        {
            case 0:
                this.modelunoContainer.visible=true;
                this.marker0 = evt.marker;
                break ;
            case 1:
                this.modeldosContainer.visible=true;
                this.marker1 = evt.marker;
                break ;
            case 2:
                this.modeltresContainer.visible=true;
                this.marker2 = evt.marker;
                break ;
            case 3:
                this.modelcuatroContainer.visible=true;
                this.marker3 = evt.marker;
                break ;
            case 4:
                this.modelcincoContainer.visible=true;
                this.marker4 = evt.marker;
                break ;
            case 5:
                this.modelseisContainer.visible=true;

```

```

        this.marker5 = evt.marker;
        break ;
    }
}

//Oculta el objeto una vez que desaparece de la camara
private function onMarkerRemoved (evt:FLARMarkerEvent) :void {
    switch (evt.marker.patternId)
    {
        case 0:
            this.modelunoContainer.visible=false;
            this.marker0 = null;
            break ;
        case 1:
            this.modeldosContainer.visible=false;
            this.marker1 = null;
            break ;
        case 2:
            this.modeltresContainer.visible=false;
            this.marker2 = null;
            break ;
        case 3:
            this.modelcuatroContainer.visible=false;
            this.marker3 = null;
            break ;
        case 4:
            this.modelcincoContainer.visible=false;
            this.marker4 = null;
            break ;
        case 5:
            this.modelseisContainer.visible=false;
            this.marker5 = null;
            break ;
    }
}

//Codigo para inicialicar la captura de los marcadores
private function onEnterFrame (evt:Event) :void {
    if (this.marker0) {
        this.modelunoContainer.transform
FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(this.marker0.transformMatrix);
    }
    if (this.marker1) {
        this.modeldosContainer.transform
FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(this.marker1.transformMatrix);
    }
    if (this.marker2) {
        this.modeltresContainer.transform
FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(this.marker2.transformMatrix);
    }
    if (this.marker3) {
        this.modelcuatroContainer.transform
FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(this.marker3.transformMatrix);
    }
    if (this.marker4) {
        this.modelcincoContainer.transform
FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(this.marker4.transformMatrix);
    }
    if (this.marker5) {
        this.modelseisContainer.transform
FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(this.marker5.transformMatrix);
    }
    this.renderEngine.render();
}
}
}

```

Código como cargar Video en Realidad Aumentada

```
package
{
    // importacion de librerias necesarias para la deteccion de marcadores
    import com.transmote.flar.FLARManager;
    import com.transmote.flar.marker.FLARMarker;
    import com.transmote.flar.marker.FLARMarkerEvent;
    import com.transmote.flar.utils.geom.FLARPVGeomUtils;
    import com.transmote.utils.time.FramerateDisplay;

    import flash.display.Sprite;
    import flash.events.Event;

    import org.libspark.flartoolkit.support.pv3d.FLARCamera3D;
    import org.papervision3d.materials.MovieMaterial;
    import org.papervision3d.objects.DisplayObject3D;
    import org.papervision3d.objects.primitives.Plane;
    import org.papervision3d.render.LazyRenderEngine;
    import org.papervision3d.scenes.Scene3D;
    import org.papervision3d.view.Viewport3D;

    //Parametros para dimensionar la pantalla que contiene la captura del marcador
    [SWF(width='640', height='480', backgroundColor='#000000', frameRate='40')]

    public class video extends Sprite
    {
        private var fm:FLARManager;
        private var scene:Scene3D;
        private var view:Viewport3D;
        private var camera:FLARCamera3D;
        private var lre:LazyRenderEngine;
        private var p:Plane;
        private var con:DisplayObject3D;
        private var marker:FLARMarker;
        private var v:Vid;

        public function video()
        {
            //Se crea una variable que contendra el video que se desea
            mostrar cuando se detecte el marcador
            initFLAR();
            v = new Vid();
            v.vid.source = "pocoyo.mp4";
            v.vid.stop();
        }

        private function initFLAR():void
        {
            //Se cargan los parametros de configuracion, donde esta
            definido el marcador que se debe detectar
            //la resolucion del marcador, entre otros parametros

            fm = new FLARManager("flarConfig.xml");
            fm.addEventListener(FLARMarkerEvent.MARKER_ADDED, onAdded);
            fm.addEventListener(FLARMarkerEvent.MARKER_REMOVED, onRemoved);
            fm.addEventListener(Event.INIT, init3D);
            addChild(Sprite(fm.flarSource));
        }

        private function onAdded(e:FLARMarkerEvent):void
        {
            //Cuando se detecta el marcador se visualiza el video y se
            ejecuta

            marker = e.marker;
            p.visible = true;
            v.vid.play();
        }

        private function onRemoved(e:FLARMarkerEvent):void
        {
            //Cuando se pierde el marcador se detiene el video y se oculta
            marker = null;
            p.visible = false;
        }
    }
}
```

```

        v.vid.stop();
    }

    private function init3D(e:Event):void
    {
        //Prepara todos los elementos que son necesarios para la
        visualizacion del video

        scene = new Scene3D();
        camera = new FLARCamera3D(fm.cameraParams);
        camera.z = -30;
        view = new Viewport3D(640, 480, true);
        lre = new LazyRenderEngine(scene, camera, view);

        var mat:MovieMaterial = new MovieMaterial(v, false, true);
        p = new Plane(mat, 320, 240, 2, 2);
        p.scaleY = -1;
        p.rotationZ = -180;
        p.visible = false;

        con = new DisplayObject3D();
        con.addChild(p);

        scene.addChild(con);
        addChild(view);
        addChild(new FramerateDisplay());

        addEventListener(Event.ENTER_FRAME, loop);
    }

    private function loop(e:Event):void
    {
        //Se define un bucle que trata de detectar el marcador frente a
        la camara en todo momento
        if(marker != null)
        {
            con.transform =
            FLARPVGeomUtils.convertFLARMatrixToPVMMatrix(marker.transformMatrix);
            lre.render();
        }
    }
}

```

Anexo 7. Test de análisis de objeto (archivo PDF)