



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

FACULTAD DE INFORMÁTICA

TESINA DE LICENCIATURA

TÍTULO: Sinfonía Terrestre

AUTORES: GODOY, Nicolás Pablo

DIRECTOR: Lic. DIAZ, Javier / Lic. FAVA, Laura

CODIRECTOR:

ASESOR PROFESIONAL: Dra. RECA, María Marta

CARRERA: Licenciatura en Sistemas, Plan 2007

Resumen

Pese a que muchos museos todavía tienden a optar por la presentación de sus exhibiciones con metodologías tradicionales, un gran número de estas instituciones están haciendo esfuerzos para explorar diferentes maneras de mejorar la comunicación con el público. Entre estas maneras se encuentra el uso de aplicaciones mobile de Realidad Aumentada con fines pedagógicos. En esta tesina se define y desarrolla un videojuego para el Museo de Ciencias Naturales de La Plata, con el fin de ayudar al visitante a entender y retener conocimientos que con las metodologías tradicionales de exposición le resulta difícil.

Palabras Clave

Videojuego, Realidad Aumentada, Videojuego Mobile, Método de enseñanza alternativo, Aplicación de Realidad Aumentada para museos, Unity, Vuforia.

Conclusiones

Con el fin de mejorar el aprendizaje y la experiencia de los visitantes al Museo de Ciencias Naturales de La Plata, se investigó los efectos de incorporar un juego serio de AR a sus salas. Haciendo uso del prototipo se realizaron testeos que permitieron evaluar el grado de alcance del objetivo propuesto. Por medios de estos y de las encuestas realizadas y su posterior análisis se pudo concluir que el uso de juegos serios de AR mejora el aprendizaje y la experiencia de los visitantes en el museo.

Trabajos Realizados

*Investigación de actividades interactivas en museos y su impacto en el aprendizaje de los visitantes.
Investigación de diseño de videojuegos serios.
Investigación de Realidad Aumentada aplicada al diseño de video juegos serios.
Desarrollo de un prototipo de juego serio de Realidad Aumentada para el Museo de Ciencias Naturales de La Plata.
Medición de usabilidad.*

Trabajos Futuros

*Completar el videojuego abarcando el resto de las salas y sumar más minijuegos por sala.
Extender el videojuego para abarcar el aprendizaje en el aula luego de la visita.
Comparar y evaluar si la creación de juegos serios de Realidad Aumentada afecta a todas las temáticas del museo por igual.
Desarrollar un juego de Realidad Virtual para museos.
Analizar y comparar impacto en el aprendizaje con los resultados del juego serio de Realidad Aumentada.*

Fecha de la presentación: Febrero 2020



Sinfonía Terrestre



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con Realidad Aumentada para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Alumno:

Nicolás Pablo Godoy

Directores:

Lic. Javier F. Díaz

Lic. Laura A. Fava

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Agradecimientos

En estas líneas me gustaría agradecer la ayuda que muchas personas me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a la directora de esta tesina, Lic. Laura Fava y a la colaboradora Lic. Claudia Banchoff, por la dedicación y apoyo que han brindado a este trabajo. Por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que han facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que propuse la temática de este trabajo.

Así mismo, agradezco al director de tesis Lic. Javier Díaz por la confianza y libertad brindada a este proyecto. Los recursos aportados fueron un apoyo vital durante el desarrollo.

Por su hospitalidad y atención al habernos abiertos las puertas del Museo de Ciencias Naturales de La Plata. Por el material facilitado y las invalorable sugerencias recibidas; agradezco a la Dra. María Marta Reca.

Este trabajo de tesis no hubiera sido posible sin la colaboración de aquel que se volvió mi compañero en esta travesía, por eso me gustaría expresar mi reconocimiento y agradecimiento a Pablo Ruggeri, diseñador industrial, que aportó todos los modelos 3D y animaciones usados.

Gracias a Gisselle Correa por el trabajo realizado en el “target” usado para este juego.

Casi llegando al final de esta travesía se sumó una persona cuyo amor y pasión por el Museo de Ciencias Naturales de La Plata aseguró el éxito del testeo de Sinfonía. Debido a esto me gustaría agradecer a la guía Gregoria Cochera. Gracias por tu hospitalidad durante tus horas de trabajo.

A mis padres y amigos, gracias por toda su ayuda y buena voluntad, y sobre todo a mi abuelo por inculcarme su amor por el museo.

A la Universidad Nacional de La Plata, más específicamente a la Facultad de Informática por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Índice

1. Introducción.....	7
1.1. Motivación	7
1.2. Objetivos de la tesina y metodología a emplear.....	8
1.3. Estructura de la tesina.....	9
2. Juegos Serios	11
2.1. Introducción.....	11
2.2. Qué son los juegos serios	11
2.3. Juegos Serios: una gran apuesta de la educación en la sociedad digital.....	15
2.4. Diferentes modalidades de juegos serios	17
2.5. Juegos serios en museos	21
2.6. Reflexiones y experiencias de la utilización de videojuegos en educación	22
2.7. Conclusión	25
3. Producción y diseño de un juego.....	27
3.1. Introducción.....	27
3.2. El proceso de producción de videojuegos.....	27
3.3. Fase de preproducción.....	28
3.3.1 Elementos de diseño básico de un juego serio	30
3.3.2 Emociones y sus efectos en el aprendizaje, concepto a tener en cuenta al momento del diseño de un juego serio.	31
3.4. Fase de producción	33
3.4.1 Diseño del juego	33
3.4.2 Diseño Artístico.....	34
3.4.3 Diseño Mecánico.....	34
3.4.4 Motor del Juego	35
3.4.5 Diseño Técnico.....	35
3.4.6 Implementación.....	36
3.4.7 Pruebas Alpha	36
3.4.8 Pruebas Beta	37
3.4.9 Gold Master	37
3.5. Posproducción.....	38
3.6. Conclusión.....	39
4. Motores Gráficos de Juegos.....	41
4.1. Introducción.....	41
4.2. Arquitectura de un motor gráfico de juegos	42
4.2.1 Hardware, drivers y sistema operativo.....	42

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

4.2.2 SDKs y middlewares	43
4.2.3 Capa independiente de la plataforma.....	44
4.2.4 Subsistemas principales	45
4.2.5 Gestor de recursos	45
4.2.6 Motor de rendering.....	47
4.2.7 Herramientas de depuración.....	50
4.2.8 Motor de física.....	50
4.2.9 Interfaces de usuario.....	51
4.2.10 Networking y multijugador	52
4.2.11 Subsistema de juego.....	53
4.2.12 Audio.....	55
4.2.13 Subsistemas específicos de juego.....	55
4.3 Motores actuales y relevantes	56
4.3.1 Unreal Engine	56
4.3.2 Unity	57
4.3.3 CryEngine	58
5. Realidad Aumentada.....	59
5.1 Qué es realidad aumentada	59
5.2 Como funciona la realidad aumentada.....	59
5.3 Tecnologías de Realidad Aumentada.....	60
5.3.1 Wikitude	61
5.3.2 Vuforia.....	62
5.3.3 ARToolKit.....	67
6. Descripción del problema. Hipótesis de trabajo.	70
7. Propuesta de solución.....	72
7.1 Introducción.....	72
7.2 Temática del juego.....	72
7.3 Género del juego	74
7.4 Framework MDA (Mecánicas/Dinámica/Estética)	84
7.4.1 Estética	86
7.4.2 Dinámica.....	89
7.4.3 Mecánicas	90
7.4.4 Tecnologías empleadas y razón de su uso.....	90
8. Implementación	94
8.1. Etapa 1. Primer acercamiento a las herramientas y preparación.	94
8.2. Etapa 2. Armado de un prototipo.....	97
8.3. Etapa 3. Estudio y análisis de las herramientas provistas por Vuforia.	103
8.4. Etapa 4. Decisiones de diseño e implementación y redacción de un documento de especificación de requerimientos.....	117
8.4.1 Mecánica global.....	118

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

8.4.2. Explicación de cada minijuego y sus mecánicas.	118
8.4.3. Decisiones de diseño de interfaz y estructura del juego.	120
8.5. Etapa 5. Construcción del juego	121
8.5.1. Desarrollo de la estructura e interfaz del juego.....	122
8.5.2. Creación del primer minijuego, movimiento de placas tectónicas.....	125
8.5.3. Creación del segundo minijuego, conoce al diplodocus	128
8.5.4. Agregando múltiples idiomas.....	132
8.5.5. Creación del tercer minijuego, experimento de Miller.....	137
8.5.6. Incorporación de un tutorial de juego.....	143
9. Evaluación del Prototipo	150
9.1. Primer testeo del prototipo	150
9.2. Segundo testeo del prototipo mejorado	156
10. Conclusiones y Futuras líneas de trabajo	164
10.1. Conclusiones	164
10.2. Futuras líneas de trabajo	165
Bibliografía.....	167
Anexo I: Conceptos de Implementación en Unity.....	171

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

1. Introducción

En la actualidad, los medios de aprendizaje son muy diferentes a los de hace unas décadas. Las nuevas tecnologías han hecho posible la aparición de nuevos medios de enseñanza. Entre ellos, uno de los más novedosos es el del uso de videojuegos.

Si bien la creación de videojuegos educativos existe desde los inicios de los videojuegos, la evolución de los mismos es constante y día a día se encuentra con nuevos desafíos y oportunidades.

Esta tesina se enfoca en crear un juego serio de Realidad Aumentada para el Museo de Ciencias Naturales de La Plata que buscará volver más atractivo y facilitar el aprendizaje de ciertos conceptos explicados en sus salas: La Tierra, una historia de cambios, Tiempo y Materia, laberintos de la evolución y Paleontología-Paleozoico. Es decir que a través del juego, recurso al que los visitantes están habituados y conocen bien, puedan interesarse y aprender más sobre los conceptos que en estas salas se abordan.

1.1. Motivación

Pese a que muchos museos todavía tienden a optar por la presentación de sus exhibiciones con metodologías tradicionales, un gran número de estas instituciones y de las más prestigiosas en el mundo, comprenden que tiempos modernos demandan medidas modernas. Por ende, constantemente están haciendo esfuerzos para explorar diferentes maneras de mejorar la comunicación con el público.

Hoy en día la mayoría de los museos con más de 50.000 visitantes están usando nuevas tecnologías móviles. A través de apps, los museos pueden proveer información suplementaria acerca de sus exhibiciones, del museo en sí mismo; o armar guías móviles personalizadas para sus colecciones o galerías. En particular desde el 2015, tan solo en los Estados Unidos más de 1% de sus museos están optando por el uso de AR mediante los dispositivos móviles.

La realidad es que esta tendencia del uso de aplicaciones móviles y sobre todo de aplicaciones AR surge por numerosas razones. La robustez de esas razones motiva el emprender el diseño e implementación de un videojuego serio para los museos argentinos utilizando tecnología de AR. Primero que todo la

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

realidad es que hoy en día los museos se están dando cuenta que el aburrimiento es su mayor enemigo, es lo que dificulta o impide transmitir conocimiento. Por esto la AR es una tecnología atractiva que está cambiando la manera de aprender, de inspirarse y experimentar las exhibiciones permitiendo a los usuarios interactuar con una capa adicional de contenido digital sobre un escenario del mundo real. Como consecuencia los visitantes demuestran mayor curiosidad e interés en aprender lo que resulta en una mejor apreciación de lo exhibido y una mayor satisfacción de la visita.

Por otro lado, las estadísticas muestran que un gran número de personas que concurren al museo disponen de un dispositivo móvil. Tan solo en el 2014 el 69% de las personas que visitaron museos llevaban uno, y de acuerdo a los recientes estudios realizados en Pittsburgh, 93% de sus visitantes traían un dispositivo móvil.

Como ya se mencionó anteriormente la tecnología de Realidad Aumentada está cambiando y mejorando la forma de aprender. Es decir la manera de transmitir la información, haciéndola más atractiva, fácil de comprender y de asimilar. Numerosas pruebas realizadas con el uso de AR, demostraron que las mismas incrementan la adquisición de conocimiento. Lo dicho motivó, junto al Museo de Ciencias Naturales de La Plata, la propuesta para esta tesina.

1.2. Objetivos de la tesina y metodología a emplear

En este trabajo se expondrán los aspectos más destacados del proceso de creación de **Sinfonía Terrestre**, un juego serio de Realidad Aumentada que sirve como didáctica para la enseñanza, y busca estimular a los visitantes del museo de hoy, caracterizados por el uso naturalizado de las tecnologías, a adquirir conocimiento a través de su uso.

La propuesta de este juego tiene objetivos pedagógicos ocultos, objetivos que se pretende, posibiliten a los jugadores obtener un conjunto de conocimientos sobre los eventos, sucesos y conocimiento descriptos en las salas "La Tierra, una historia de cambios", "Paleontología-Paleozoico" y "Tiempo y Materia, laberintos de la evolución" en forma natural y distendida, despertando curiosidad y deseos por aprender. Se intenta generar un estado emocional que propicie procesos de aprendizaje más efectivos que los métodos tradicionales de enseñanza. Las visitas al museo, pueden ser más fructíferas de lo que ya son si a las metodologías tradicionales de exposición le sumamos contenido didáctico

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

como puede ser un videojuego serio que aparte de ayudar a adquirir conocimiento favorece la socialización, la cooperación y la diversión.

El juego **Sinfonía Terrestre** se propone colaborar en el proceso de aprendizaje de los visitantes, ya sean niños, adolescentes o adultos, sobre conceptos como formación de la tierra, fosilización, animales prehistóricos entre otros, buscando fortalecer los conceptos abordados por las salas sobre las distintas Eras geológicas tales como fomentar la concepción del Planeta como un ambiente que está constantemente cambiando y alterándose.

Los juegos serios de Realidad Aumentada tienen un gran potencial para fomentar el aprendizaje de cualquier rama del saber, ya sea geografía, historia, geología, etc.

Este desarrollo permitirá no solo poner a prueba y verificar la eficacia de un juego como objeto de aprendizaje, sino también el potencial del uso de las tecnologías de AR para el desarrollo de juegos complejos embebidos en espacios culturales como son los museos.

A lo largo de la presente tesina se analizarán los criterios que guiaron el diseño del juego Sinfonía Terrestre, las distintas herramientas que posibilitaron su creación, los aspectos técnicos de implementación y la integración de los contenidos educativos.

Las distintas etapas del proceso de creación y técnicas aquí descriptas, podrán servir para orientar el trabajo de otros grupos que emprendan el desarrollo de juegos serios, y especialmente el de aquellos que creen juegos utilizando tecnologías de Realidad Aumentada.

1.3. Estructura de la tesina

En el Capítulo 2 de esta tesina se abordarán aspectos teóricos sobre los denominados “juegos serios”, prestando especial atención a los juegos serios en museos. Dentro de este marco se analizarán definiciones, se expondrán ejemplos y se presentarán distintos puntos de vista sobre la cuestión.

En el Capítulo 3 se planteará el proceso de creación de un juego. Se estudiarán los elementos básicos del diseño de un juego serio, así como todas las etapas que forman parte del desarrollo de un juego. Por último, se ahondará sobre la importancia de las emociones y sus efectos en el aprendizaje y como esto debe ser tenido en cuenta en el desarrollo de un juego serio.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

En los Capítulos 4 y 5 se abordarán los conceptos Motores gráficos de juegos y Realidad Aumentada. Conceptos importantes para entender las herramientas usadas en la implementación del prototipo de **Sinfonía Terrestre**. En estos capítulos se abordarán todos los conceptos teóricos necesarios para entender lo que son los motores gráficos de juegos y la realidad aumentada. Finalmente se presentará un análisis comparativo de distintos representantes de estas tecnologías, proceso necesario que está vinculado a la elección de las herramientas que se emplearán en la implementación.

En el Capítulo 6 se describirá en profundidad la problemática que motiva a esta tesina, como también los resultados que se espera obtener al aplicar Sinfonía Terrestre en las salas del museo.

En el Capítulo 7 se explicará el proceso que dará como resultado Sinfonía Terrestre. Se utilizarán los conceptos de capítulos anteriores para explicar este proceso. Se analizarán y compararán otros juegos serios de realidad aumentada en museos que sirvieron de inspiración para éste. Por último se abordarán conceptos importantes como temática de juego y género de juego entre otros.

En el Capítulo 8 se describirá el proceso de implementación de este videojuego. Se contará paso a paso todo el proceso organizado en etapas de desarrollo. Se abordarán las principales problemáticas que se dieron en la implementación, así como sus soluciones.

En el Capítulo 9, último capítulo de esta tesina, se expondrán las conclusiones obtenidas a partir del trabajo realizado y se presentarán posibles líneas de trabajo futuro.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

2. Juegos Serios

2.1. Introducción

El juego constituye un excelente recurso educativo. La experiencia lúdica no sólo resulta altamente placentera, sino que facilita la trasmisión de conocimiento, estimula la creatividad y la construcción social de la persona. Actualmente, con la incursión de la conducta de juego en la virtualidad y la aparición de una diversidad de modalidades de juego antes insospechadas, necesitamos repensar la teorización e investigación sobre el mismo, desechar la idea de que sólo los niños juegan y que éste es un comportamiento que, siendo tan satisfactorio para el jugador, sólo sirve para “perder el tiempo”.

El aprendizaje basado en computadoras ha ido evolucionando a través de los años, en general haciendo un uso cada vez más intensivo de la interactividad. Si bien la gran mayoría de las aplicaciones educativas tienen en mayor o menor medida un componente de interactividad, no todas pueden ser consideradas como juegos. Antes de entrar en mayores detalles sobre el estado del arte de los juegos educativos en la actualidad, se analizarán algunas definiciones del término “juego”, con el fin de conocer con mayor claridad los límites entre lo que es un juego y lo que no lo es.

2.2. Qué son los juegos serios

Diversos autores consideran que el juego es una acción u ocupación libre, espontánea, que genera motivación y placer por sí misma (autotélica), acotada espacial y temporalmente, que se gestiona mediante una serie de “reglas del juego”, ya sea que éstas se encuentren bien establecidas o se vayan planteando o modificando mientras se juega (Mann, 1996; Marcano, 2008)[1].

Es interesante recuperar en primera instancia la definición dada por Díaz-Vega quien sostiene que: *“El juego es un dispositivo de socialización y educativo en sí mismo, aunque no esté vinculado a la educación formal, desde el momento en que genera aprendizajes para la vida. Como resultado de la experiencia de jugar se aprende a negociar o competir con otros, a imaginar lo que no es perceptible o real, a crear y re-crear historias, a apropiarse de roles y valores, a simbolizar el mundo, a resolver conflictos y seguir reglas,*

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

a desarrollar la conciencia personal, el pensamiento estratégico y el narrativo. Al jugar también se aprende a perder y a ganar, a descentrarse de sí mismo y a entender que hay opciones a elegir, que hay que tomar riesgos y arribar a decisiones que tienen consecuencias. También se ha dicho que el juego o por lo menos ciertos tipos de juegos sociales, contribuyen al desarrollo del juicio moral, de la colaboración y del sentido de justicia. El juego, y los objetos que permiten su concreción, los “juguetes”, son propios de todas las edades, culturas y épocas históricas, siendo un interesante reflejo del devenir humano en sociedad” [2].

En las teorías pedagógicas clásicas ya se había planteado la relevancia del juego como dispositivo didáctico, incluso desde siglos atrás, particularmente en la educación infantil. Actualmente, con el advenimiento de nuevas prácticas de juego mediadas por las tecnologías digitales, se ha empezado a replantear la concepción del ocio y sobre todo del juego en los procesos de construcción social y cognitiva del ser humano, particularmente en el caso de niños y jóvenes, pero cada vez más en adultos. Esta oleada, que algunos autores tales como Djaouti, Alvarez, y otros, sitúan temporalmente a partir del año 2002, coincide con la apropiación por parte de la comunidad científica del término “*serious games*”, o su equivalente en español, “juegos serios”[3].

Los orígenes de este término, se remontan al libro “*Serious Games*”, escrito en el año 1970 por Clark Abt, un investigador que tenía entre sus metas la utilización de juegos para entrenamiento y educación. Además de establecer algunos ejemplos sobre la utilización de juegos serios en distintos entornos, Abt presenta una definición sobre este tipo de juegos: “*Los juegos pueden ser jugados seriamente o casualmente. Nosotros nos interesamos en juegos serios, en el sentido en que éstos poseen un propósito educacional explícito y cuidadosamente pensado, y no han sido concebidos para ser jugados principalmente como modo de entretenimiento. Esto no significa que los juegos serios no sean, o no deban ser, entretenidos*”[4].

Esta definición dada por Abt contiene los elementos claves de lo que son los juegos serios, y no difiere notablemente de la dada por Michael & Chen en 2005 y ampliamente utilizada en la actualidad: “*Los juegos serios son aquellos que no tienen como principal objetivo el entretenimiento o la diversión*”. [5]

El término juego serio puede parecer contradictorio, un verdadero oxímoron. Pero algunos autores insisten que el calificativo “serio” está bien empleado porque alude a que se busca algo más que diversión; la actividad no se reduce al componente autotélico.

El objetivo es que éstos sirvan para *educar, entrenar e informar*. Para ensayar y explorar múltiples soluciones a problemas planteados en situaciones reales, y descubrir la información y los conocimientos que ayudarán a intervenir sin temor a equivocarse. Este tipo de juegos facilita el tomar decisiones que no tienen

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

consecuencias en la vida real, pero que enseñan las opciones óptimas en esas situaciones.

Su origen se puede ubicar en los años sesenta, en un conjunto de juegos de estrategia de guerra que se empleaban en las aulas para comprender los sucesos de la Primera Guerra Mundial (Michael & Chen, 2006). En su concepción original no existía el recurso de las tecnologías digitales, sino la representación de roles, el uso de tableros, cartas, etc. por lo que aún hoy opera la distinción entre *juegos serios físicos* y *juegos serios digitales* o se habla de una combinación de ambos.

Lo más importante es ver cuáles son las diferencias entre estos juegos digitales o videojuegos pensados para educar y los que tienen un carácter comercial para poder diferenciar unos de otros.

En primer lugar, los juegos serios están pensados para una función educativa. Estas funciones pueden ser de diversos tipos: el entrenamiento de determinadas habilidades, la comprensión de procesos complejos, sean sociales, políticos, económicos o religiosos. Es también, una herramienta muy útil para promocionar productos, servicios, marcas o ideas comerciales.

En segundo lugar, estos videojuegos están relacionados, a partir de su simulación, con algún aspecto de la realidad, lo que genera una identificación entre el jugador y la parte de la realidad representada en la simulación virtual. Es posible hablar de una inmersión en el problema que se quiere presentar desde su simulación virtual.

En tercer lugar, la recreación de una simulación virtual en la cual se le permite al jugador una experimentación sin riesgos. Esta simulación no sólo es mucho más económica en el sentido monetario del término, sino que elimina las posibilidades de dañar, de alguna u otra forma, al aprendiz o al ambiente involucrado en la simulación.

En último lugar, quizá lo que hace diferentes a estos videojuegos es que tienen intereses manifiestos en sus contenidos, que pueden ser de diversos tipos: políticos, económicos, psicológicos, religiosos, tanto para hacer apología de alguna idea como para criticarla.

Han aparecido intentos de clasificar las topologías de los juegos serios surgidos en el mundo del videojuego, aunque no hay unanimidad a la hora de clasificarlas debido a su constante cambio y las diferentes perspectivas con que se les analiza. Sawyer y Smith (2008), a través de su plataforma digital, han realizado una taxonomía de lo que podría ser una clasificación provisional y estaría comprendida por la clase de videojuego y la función que le dan ciertas instituciones con intenciones educativas. Los tipos que nombran son los

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

videojuegos para la salud; juegos publicitarios; juegos para la formación, la educación, la ciencia y la investigación, y la producción, así como juegos como empleo. A la vez, nombran las instituciones que utilizan estos juegos, como gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones de defensa, sistemas de salud, mercadotecnia y comunicaciones, educación, empresas e industria[6].

Ésta no es la única clasificación que se ha propuesto; por ejemplo, Álvarez y Rampnoux (2007) los organizan en cinco categorías diferentes: *advergaming*, *edutainment*, *edumarket*, juegos de denuncia, que los autores denominan *diverted games* y juegos de simulación. La verdad es que muchos consideran que sólo debería haber dos categorías principales: *advergaming* y *edutainment*. Las otras variantes que van surgiendo serían subgéneros y derivaciones. Además, cada vez con mayor frecuencia aparecen híbridos con distintos géneros dentro del mismo videojuego. De cualquier manera, como el objetivo aquí es presentar del modo más exhaustivo posible estos elementos, hay que detenerse en todas las formas que se han nombrado.

Una última aclaración sobre los términos, aquí optamos por catalogar los juegos serios como modalidades y no por áreas de uso (Marcano, 2008) o por tipologías (Álvarez y Rampnoux, 2007)[7]. El término modalidad permite encontrar un punto intermedio entre el uso y tipo de temática del videojuego, además de introducir los sectores en los que son empleados habitualmente para configurar de modo más claro el hecho de que son productores de discursos. Por ejemplo, los videojuegos del género militar pueden servir a los ejércitos para entrenar a sus comandos en futuras misiones, pero también están dentro de la tipología de juegos de denuncia si quien los utiliza es alguna ONG para evidenciar cierta situación. Así, aceptamos el intento de clasificación de Sawyer y Smith (2008), quienes cruzan todos esos aspectos interesantes al hablar de los diferentes juegos serios para presentar estas situaciones con la mayor amplitud posible.

Hoy en día se está avanzando en interesantes desarrollos en el ámbito del *aprendizaje basado en el juego*, tanto en la educación formal escolarizada (principalmente en el aprendizaje de las ciencias, la literatura, la historia y diversos contenidos transversales), como en la informal (por ejemplo, en la educación comunitaria, de adultos, para la salud y el uso del tiempo libre), o en la capacitación y educación continua de profesionales (por ejemplo, con el empleo de simuladores, juegos de rol y otro tipo de juegos serios digitalizados enfocados en el aprendizaje de competencias profesionales de pilotos aviadores, cirujanos, ingenieros de software, entre otros).

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Existen autores que proponen que el carácter de serio o no de un juego debe plantearse desde la perspectiva del jugador, más que como un atributo intrínseco a un determinado juego. A esta opción se suma Clemente (2014, p.3), ya que “cualquier videojuego puede ser un juego serio, dependiendo de su uso práctico y de la percepción del jugador sobre la experiencia de juego”. [8]

En concreto, los juegos que tratan de sumar el entretenimiento con la enseñanza-aprendizaje de contenidos curriculares se consideran juegos serios que caen en la categoría de *edutainment*.

Ya fue mencionado que cuando hablamos de juegos serios, podemos hacer referencia tanto a juegos digitales como no. Sin embargo más allá de algunos casos aislados, la gran mayoría de los juegos serios que se crean en la actualidad utilizan un soporte digital, y en ellos se centrará el resto de la tesina. Para designarlos, se utilizarán de manera indistinta los términos “juegos” o “videojuegos”, aunque en ambos casos se estará haciendo referencia a juegos digitales.

2.3. Juegos Serios: una gran apuesta de la educación en la sociedad digital

La búsqueda de maneras más eficientes de enseñar ha sido siempre una cuestión central para la gran mayoría de los educadores. Aunque de probada eficiencia para transmitir conocimiento, los métodos tradicionales como los libros o la disertación oral, en ciertos casos fallan al momento de captar la atención y motivar a sus destinatarios. Así como los medios audiovisuales han sido aprovechados con fines educativos, la posibilidad de interacción que ofrecen las computadoras a través de los juegos digitales también ha sido vista por algunos como un valioso instrumento para enseñar. En muchos casos, la eficacia del aprendizaje basado en juegos ha probado ser notablemente más eficiente que otras formas de aprendizaje. Estudios expuestos por Blunt, examinan la diferencia en los logros académicos obtenidos entre estudiantes que utilizaron videojuegos como modo de aprendizaje, y aquellos que no, observando en todos los casos una diferencia significativa a favor del grupo que sí hizo uso de los videojuegos.

Al método que utiliza videojuegos para el aprendizaje es lo que se conoce como *game-based learning*. La clave está en que los contenidos y las habilidades que quieren ser enseñadas no se presentan en una clase presencial o en un libro, sino a través de videojuegos. Los defensores de este innovador método de

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

enseñanza piensan que los videojuegos pueden ser una herramienta divertida y eficaz al mismo tiempo, reduciendo los costes de los programas de capacitación, aumentando la motivación de los estudiantes y facilitando la práctica directa. El producto estrella del *game-based learning* son precisamente los juegos serios.

Uno de los ejemplos más recientes que ha adquirido notoriedad, es el de DragonBox Algebra, un videojuego infantil creado por el profesor de matemáticas noruego Jean-Baptiste Huynh en 2012, que tiene como fin enseñar álgebra de manera divertida. Lo interesante de este juego, es que los propósitos educativos se encuentran escondidos, por lo que los niños aprenden prácticamente sin darse cuenta. El juego resulta natural y divertido, y permite la apropiación por parte de sus jugadores, de diversos conceptos matemáticos como la suma, la multiplicación, la factorización en números primos, el manejo de signos, las propiedades distributivas, la factorización de polinomios, el manejo de fracciones y el uso de paréntesis.

Un estudio realizado por la universidad de Washington a más de cuatro mil estudiantes de la educación primaria, arrojó que en menos de una hora y media de juego, la gran mayoría de ellos pudo dominar todos los conocimientos de álgebra presentados en el mismo. [9]

Otro buen ejemplo es DragonBox Elements del 2014. En él, los jugadores tienen que construir un ejército, derrotar al malvado dragón Osgard y salvar la isla de Euclides. Pensado para niños a partir de nueve años, para conseguir todo esto los pequeños tendrán que aprender las bases de la geometría y los teoremas del propio Euclides. DragonBox es otro buen ejemplo de juego serio: los estudiantes aprenden a resolver ecuaciones mientras se divierten con un videojuego. El resultado que consigue Jean-Baptiste Huynh, creador de la serie DragonBox, es igual de sorprendente que con DragonBox Álgebra. Al final, sin saberlo, los jugadores, los niños, están poniendo en práctica las pruebas geométricas euclidianas. La forma de transmitir el conocimiento no se basa en la expresión de estos conceptos a través de la lengua, sino en una suerte de experimentación divertida y abstracta que hace que el aprendizaje fluya de forma natural e inconsciente.

El sector médico es uno de los que ha abrazado con más entusiasmo este innovador método de enseñanza dando como resultado a Pulse!!. La experta en enfermería Claudia Johnston se basó en los videojuegos de disparos en primera persona (al estilo Quake o Duke) para desarrollar este juego, que reproduce las condiciones de una sala de emergencias en un hospital. Gracias a este videojuego, los futuros enfermeros pueden practicar todo lo aprendido en las clases teóricas y ganar experiencia enfrentándose a situaciones reales. El objetivo de los jugadores es identificar los problemas de cada paciente, priorizar a los más

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

graves y aplicar las medidas apropiadas en función del estado de cada uno de ellos.

La amplia variedad de géneros de juego existentes, hace posible la creación de material educativo para diversas áreas del conocimiento. En el campo de la enseñanza de historia, por ejemplo, podemos destacar la reciente aparición de TimeMesh, un juego serio educativo de aventura gráfica basado en eventos históricos reales. En este juego, orientado a niños y adolescentes de entre 11 y 15 años, los estudiantes deberán adoptar el papel de un personaje que viaja en el tiempo y participa de manera directa en acontecimientos históricos relevantes a la historia europea. Por el momento, presenta tres escenarios: la segunda guerra mundial, la expansión marítima europea de los siglos XV y XVI, y la revolución industrial. [10]

Una característica interesante de esta propuesta, es la posibilidad de avanzar en el juego de manera online y colaborativa, pudiendo los docentes crear grupos restringidos para su utilización en las aulas.

Los simuladores han sido utilizados con enorme éxito para el entrenamiento de cirujanos, pilotos de avión o personal militar. En este último campo, la institución más destacada es sin dudas el Departamento de Defensa de Estados Unidos, probablemente el ente público que más dinero y recursos le ha dedicado en las últimas décadas al *game-based learning*. Uno de sus videojuegos más conocidos es sin duda VICE, *Virtual Interactive Combat Environment*, que a través de un sofisticado simulador en 3D permite a personal del ejército practicar en la resolución de conflictos, utilizar el equipamiento reglamentario, comunicarse con el resto del equipo o actuar en escenarios de guerra.

2.4. Diferentes modalidades de juegos serios

En el ámbito educativo hay que distinguir dos tipos de aplicaciones informáticas habituales en la enseñanza de conocimientos: el primero son los *edutainment*, aplicaciones informáticas que utilizan animaciones, elementos multimedia e intentan mostrar la información de manera divertida. Incluso pueden introducir pequeños juegos, como rompecabezas, juegos de memoria, entre otros. Por el contrario, en los juegos serios el contenido a enseñar es lo prioritario, además de que abarcan otras áreas como hemos mencionado.

El segundo tipo de aplicaciones informáticas, que ya podrían entenderse como videojuegos, están creadas de forma explícita con la pretensión de enseñar. Estos videojuegos pueden comprender muchas más áreas que el *edutainment*;

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

pueden estar pensadas para el entrenamiento a través de simulaciones, la transmisión de información o, incluso, la promoción de alguna idea o marca a través de la publicidad (Michael & Chen, 2005).

La idea principal que distingue a los dos tipos es que los *edutainment* priorizarán la difusión de ciertos contenidos de la forma más lúdica posible y hacer divertido aquello que no parece serlo. Los videojuegos creados para transmitir algún conocimiento renunciarán en parte a ese entretenimiento lúdico para hacer llegar más conocimientos y de formas más complejas. Como ya comentamos, la falta de interés en estos videojuegos, en parte, está provocada por su escasa diversión o componente lúdico. Quizás uno de los ejemplos más ilustrativos es Real Lives 2010 (Marcano, 2008), en el cual el jugador se sitúa en la piel de diferentes personajes y aprendemos a partir del desarrollo de sus vidas particulares. El videojuego, desarrollado por Educational Simulation, tiene como objetivo aprender las costumbres, oficios, situaciones laborales o políticas al encarnar esos personajes. Las opciones van desde representar a un campesino en Bangladesh, un trabajador de una fábrica en Brasil, un policía en Nigeria, un abogado en Estados Unidos de América, o un informático en Polonia.

Una segunda modalidad dentro de los denominados juegos serios son los videojuegos militares, una de las temáticas que más tempranamente se desarrolló. La denominación *militainment* es un término que resulta de la unión de *military* y *entertainment*. En un principio fueron videojuegos financiados por el ejército o que, desde la industria privada, reproducían operaciones militares con un alto grado de exactitud. Se utilizan para que los soldados practiquen y memoricen los escenarios donde después tendrán que actuar (Wayne, 2003) [11].

Muchos de los videojuegos creados para el adiestramiento militar han saltado al campo del ocio, como America's Army (2010). Algunas investigaciones realizadas por los mismos desarrolladores de America's Army demuestran cómo el videojuego es una herramienta más válida para la captación y entrenamiento de los soldados, además de resultar más efectiva para acelerar su aprendizaje (Shilling, Zyda & Wardynski, 2002) [12]. También hay toda una serie de videojuegos de simulación de diferentes vehículos militares: aviones, helicópteros, tanques y carros blindados. Estas simulaciones se han generalizado en el adiestramiento militar, por lo que suponen un ahorro y seguridad a la hora de entrenar con materiales bélicos.

De igual modo, la política ha visto en los videojuegos una herramienta para comunicar sus ideas, intenciones, criticar a sus oponentes o reproducir sus discursos. Esta modalidad de videojuegos políticos se mueve entre la apología y la denuncia, entre la intención propagandística y la información de los abusos del poder. La utilización por parte de los partidos políticos o gobiernos de

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

videojuegos van desde conceptos muy simples, en los que más que hacer propaganda de una idea compleja, se plantea una serie de ítems que tienen que ser relacionados con ese partido, aunque también se encuentran videojuegos mucho más elaborados y que implican otro modo de comunicar ideas políticas. Este sería el caso de *Sim Health* (1994), un videojuego que pretendía entrenar, a partir de una simulación, a las personas encargadas de los servicios de salud en la toma de decisiones y el control epidemiológico (Michael & Chen, 2005).

La modalidad de videojuegos políticos es muy amplia y podemos encontrar otros tipos de opciones, como las que representan los *news games*, que mezclan lo periodístico con la denuncia política. Un ejemplo es *September 12th*, videojuego creado por Gonzalo Frasca que denuncia el uso de la violencia para resolver el problema del terrorismo.

Las empresas, instituciones y corporaciones empresariales también se han dado cuenta del potencial de los videojuegos, sobre todo a partir de dos vertientes diferentes. En primer lugar, para la formación de sus propios empleados en nuevas competencias y recursos. Este tipo de juegos representan un ahorro de tiempo y dinero muy importante para las empresas, además de reducir el rechazo habitual de los empleados a este tipo de formación. Este modo de entrenamiento facilita a los participantes pensarse como agentes activos más que pasivos en esa formación, a la vez que el formador se convierte en un guía, más que un maestro (Iverson, 2005), por lo cual se genera un mayor dinamismo en el proceso [13]. A esta estrategia hay que sumarle el hecho de la incorporación del humor como vía para suavizar ese entrenamiento corporativo, y conseguir, así, disminuir la resistencia o el rechazo de los usuarios (Michael & Chen, 2005).

Ésta no sería la única vía que han encontrado las empresas para explotar las posibilidades de los videojuegos; también han descubierto un extraordinario canal para publicitar sus productos, ideas o marcas: los denominados *advergaming*. De acuerdo con Selva (2009), “el término alude a la hibridación de publicidad, *advertising*, y videojuegos, *video games*” (p. 148) [14]. La utilización por parte de las empresas de este tipo de videojuegos ha resultado una vía rápida y más económica para promocionar sus productos, desde nuevos modelos de coches a ropa deportiva.

En el ámbito de la salud se han desarrollado aplicaciones en las cuales el videojuego sirve de vehículo para una variedad de funciones. Una de ellas es el entrenamiento de los estudiantes de medicina y personal médico en general (Annetta, Minogue, Holmes & Cheng, 2009) [15]. En la actualidad se está produciendo un giro en las prácticas de intervención quirúrgica al aplicar técnicas menos invasivas para el paciente, basadas en la intervención laparoscópica, es decir, que el médico interviene a través de las imágenes que

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

recibe de una cámara en una pantalla. Un hecho curioso es la ventaja que tienen los estudiantes con experiencia en videojuegos en las prácticas de medicina laparoscópica. Estos estudiantes demuestran una mayor coordinación ojo-mano y facilidad para manejarse con precisión en el espacio de trabajo a través de las pantallas (Marcano, 2008). A la vez, las simulaciones sobre determinados aspectos en la práctica médica se están generalizando en la formación de los estudiantes de medicina. Las simulaciones permiten que practiquen sin riesgo a equivocarse y son mucho más económicas para la institución educativa (Solano, Forero, Cavanzo & Pinilla, 2013) [16].

Asimismo, se han creado videojuegos para la rehabilitación de accidentados a fin de que recuperen su psicomotricidad; incluso se han implementado videojuegos para que ex combatientes de la guerra de Irak recobren su salud. Estos videojuegos recrean el ambiente bélico que los ex combatientes se han encontrado en ese país; así se ofrece un contexto compartido donde el terapeuta puede ayudarlos a superar sus padecimientos desde una visión más realista y ajustada a la vivencia (Frei, 2005) [17]. En otro nivel, hay tratamientos de recuperación que utilizan videojuegos como distractores de pacientes con dolor crónico y en la rehabilitación de habilidades cognitivas con ejercicios mentales de preguntas y respuestas, de memoria, por ejemplo, a partir de videojuegos como el Brain Training (Marcano, 2008).

Aunque de menor difusión, también se han desarrollado videojuegos en el ámbito artístico. Con el objetivo de aprovechar el videojuego como una herramienta más en el proceso creativo y artístico, muchos creadores han experimentado con la música y las imágenes para generar experiencias lúdicas (Azorín, 2014) [18]. Por ejemplo, en el área musical han surgido videojuegos como Electroplankton, desarrollado para la plataforma portátil de Nintendo DS, que enseña a crear melodías al combinar imágenes en movimiento a través de una pantalla táctil hasta formar una plataforma atractiva con una musicalización melodiosa. La aplicación de los videojuegos apenas está empezando a introducirse en la esfera artística. El libro de Kelma (2005), Video Game Art, hace una lectura de los componentes del videojuego desde la perspectiva del arte y sus diferentes componentes.

Para terminar este repaso en los espacios donde han surgido los denominados juegos serios, hay que nombrar una línea no muy conocida como es la religiosa. Desde los ámbitos religiosos también se ha prestado atención a estos nuevos modos de educación, formación y transmisión de discursos; en la órbita cristiana se han generado principalmente videojuegos explícitos para enseñar pasajes de la Biblia. No hay que confundir este tipo de videojuegos con otros cuya temática de fondo puede ser religiosa, lo que ocurre con frecuencia en relación con los conflictos en Oriente Medio y Afganistán. Aquí se habla de

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

videojuegos que tienen la intención de transmitir ciertas enseñanzas sobre algún credo religioso; por ejemplo, Marcano (2008) indica: “The Interactive Parables es uno de los videojuegos que se han creado con una perspectiva religiosa cuyo objetivo es transmitir las lecciones de Jesús. [...] aunque difieren en la fidelidad de la narrativa con relación a las lecciones de la Biblia, pero tienen su carga educativa en cuanto a personajes y escenas” (p. 101).

Esta breve revisión de los esfuerzos hechos para generar videojuegos educativos o con una intención manifiesta de formar en algún espacio concreto revela que el desarrollo o implantación en los distintos ámbitos es desigual y con efectos diversos. En muchas ocasiones, el ensayo de implementar videojuegos como una herramienta educativa ha sido precipitado, sin valorar sus posibilidades reales.

2.5. Juegos serios en museos

Durante las últimas décadas, nuestros museos han experimentado la necesidad de incorporarse a los constantes cambios tecnológicos, insignia de nuestra vertiginosa era digital, en un necesario esfuerzo por darle alcance a una sociedad cada vez más cambiante y tecnificada.

Una carrera en la que entra en juego la supervivencia del museo; su condición como un contenedor hermético ajeno a la realidad exterior. Esta adaptación supone en ocasiones un proceso difícil debido a los obsoletos paradigmas en los que a veces se encuentran ancladas nuestras instituciones. Dentro de esta disyuntiva, se hace necesario crear nuevos planteamientos que permitan una actualización del museo de manera orgánica e integradora. En este contexto, encontramos propuestas como la del uso del videojuego a modo de herramienta que permita un nuevo acercamiento a la colección, ejemplo en el que el Thyssen es referente gracias al proyecto *Nubla*.

El concepto de videojuego como elemento museológico todavía es objeto de importantes debates por parte de la comunidad académica. Pese a ello, hoy en día encontramos a lo largo del mundo multitud de colecciones museísticas dedicadas a la conservación y difusión de la historia del videojuego. Sin duda, el ejemplo paradigmático es la colección del MoMa de Nueva York, que Paola Antonelli, conservadora del Departamento de Arquitectura y Diseño, instauraba en 2012 para consternación de los más puristas. Pero ya antes de formar parte de las colecciones de museos, el videojuego era utilizado por algunas de estas instituciones como herramienta educativa.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Que el videojuego puede suponer un poderoso transmisor de conocimientos es una noción incuestionable, estudiada desde principios del milenio y corroborada por numerosas investigaciones, especialmente desde la aparición, o más bien designación de un fenómeno ya existente, los juegos serios. Comprobado este potencial, multitud de museos comenzaron hace décadas a apostar por la creación de tales recursos como parte de su propuesta educativa.

Mencionaremos algunos de los casos internacionales más representativos, siendo uno de los primeros la bilogía de juegos *Versailles* (1997-2001), en colaboración con la Réunion des Musées Nationaux de Francia, que desarrolla una trama de misterio con el Palacio de Versalles como escenario, llegando a ser publicada en plataformas PlayStation. Se unirán otras instituciones, como el Walters Art Museum de Baltimore con el ambicioso proyecto *Discover Babylon* (2006), que incluía reproducciones virtuales de antiguas ciudades mesopotámicas, o el British Museum con el simpático *Time Explorer* (2010).

Con la popularización de los smartphones y el boom de las aplicaciones móviles, las propuestas de juego se dirigirán fundamentalmente a esta plataforma, como *Race Against Time* de la Tate Gallery de Londres (2011) o *Murder at the Met: an American Art Mystery* (2012) del Metropolitan de Nueva York. Estos juegos irán refinándose con el tiempo, buscando un estilo cada vez más cuidado y adoptando novedosas tecnologías como la geolocalización o la Realidad Aumentada. Destacaremos entre ellos *Imagoras* (2015), del Städel Museum de Fráncfort, y *A Gift for Athena* (2015), del British Museum.

No podemos terminar sin mencionar *Father and Son*, del Museo Archeologico Nazionali di Napoli, que haciendo gala de una cuidadísima estética arrastra al jugador por diversas épocas con el museo como catalizador de la trama.

2.6. Reflexiones y experiencias de la utilización de videojuegos en educación

Cada vez parece más claro que hay que alejarse de la simplificación que se ha hecho del videojuego como herramienta educativa. No se puede pensar en él como un medio para transmitir conocimientos de modo tradicional, ni tampoco como una nueva forma tecnológica de reproducir información lineal. Cuando se habla de los videojuegos, hay que entender cuáles son sus particulares maneras de inmersión y transmisión de conocimientos. Ya no está delante del jugador un texto que puede ser leído de principio a fin, sino un cibertexto

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

(Aarseth, 1997) que obliga a explorar y configurar sus posibilidades, a fin de cuentas un juego[19].

Si se hace referencia a los juegos serios, sus mayores ventajas para la formación se encuentran en dos líneas diferentes señaladas por Prensky (2001) [20]. En primer lugar, porque se adquieren atributos y técnicas particulares que ayudan a comprender mejor y más rápido conceptos y procesos complejos. En segundo, aumentan el compromiso de los estudiantes en su formación debido a la motivación que se genera al lograr el éxito en el juego. En resumidas cuentas y utilizando las palabras de Marcano (2008), “resultan eficientes y además económicos” (p. 104). De todos modos, a la hora de la aplicación concreta de estos videojuegos serios en contextos educativos se deben atender otros factores más contextuales y de aprendizaje más complejos, como comenta Gros (2009) [21].

Uno de estos enfoques es el de Gee (2003), a partir de su idea de los dominios semióticos compartidos[22]. Esto significaría que para jugar a videojuegos hay que compartir conocimientos, habilidades, herramientas y recursos para desarrollar una experiencia de juego. Lo anterior desplaza la idea de que el videojuego es una labor individual que pasa a situarse en una labor colaborativa de elementos para avanzar en su conocimiento. “El alumno debe aprender no sólo los significados de un dominio particular de conocimiento sino que, además, debe pensar sobre el dominio a un nivel meta” (p. 23).

Los videojuegos presentan un contexto de aprendizaje que colocan al jugador en un mundo concreto, con sus reglas que obligan a entender y aprender con los otros jugadores para poder continuar y avanzar. Shaffer, Squire, Halverson y Gee (2005), lo explican así: “los videojuegos hacen posible la creación de mundos virtuales y, debido a que los jugadores actúan en esos mundos, se hace posible el desarrollo de acuerdos situados a partir de prácticas sociales, identidades de gran alcance, valores compartidos y formas de pensar importantes en las comunidades de práctica” (p. 7) [23]. No se trata de un aprendizaje lineal, sino contextual. No es una cuestión de conocimientos que se transmiten desde el videojuego al jugador; más bien es la interacción entre el juego, sus reglas y el contexto de los jugadores la que generaría la posibilidad de un conocimiento concreto.

Otra línea interesante es la que explora la inmersión del jugador en el videojuego. Los mundos inmersivos van más allá del aprendizaje con videojuegos, pero en ellos se puede desarrollar de forma más completa en la actualidad (De Freitas & Oliver, 2006) [24]. El aprendizaje inmersivo es una característica fundamental de los videojuegos, porque proporciona una combinación de vivencia, toma de decisiones y análisis de las consecuencias muy prometedoras respecto al mundo educativo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

El mismo Prensky (2001) habla de la posibilidad de un aprendizaje complejo a partir del uso de videojuegos en el mundo educativo. En primer lugar, el aprendizaje que tiene lugar en un videojuego consistiría en controlar la interacción con la pantalla. Esta forma de aprender se lleva a cabo con base en la repetición: uno aprende al probar las opciones que van surgiendo y reconociendo las que le permiten avanzar dentro de él.

En segundo lugar, aparece el aprendizaje relacionado con las reglas del videojuego. Las reglas implican la normativa, muestran lo que está permitido y no; en este nivel las normas suelen aprenderse por ensayo y error. El jugador descubre lo que se puede hacer o no para avanzar y conseguir los objetivos que el videojuego le marca.

En tercer lugar, los jugadores deben generar una estrategia, aprenderla a medida que avanzan en su complejidad y, poco a poco, controlar esas situaciones. Las estrategias que los jugadores pueden aplicar varían dependiendo del videojuego y las consecuencias buscadas en cada etapa.

En último lugar, los jugadores perciben también las diferentes visiones culturales sobre el mundo que el videojuego les muestra. Principalmente en videojuegos de simulación social, como *The Sims* (Wright & Humble, 2000), se presenta un modelo social que reproduce los valores occidentales de comportamiento en una sociedad de consumo[25]. Incluso en otros videojuegos, como *Imperium IV* (2005), las estrategias que contribuyen a que el jugador avance, aun representando culturas distintas, son las del utilitarismo pragmático de inspiración norteamericana.

Asimismo, se han indagado las posibles relaciones del uso de los videojuegos con el rendimiento académico (Mitchell & Savill-Smith, 2005) [26]. Aunque, según algunos autores, no hay una evidencia de que su uso mejore o empeore de forma significativa los resultados académicos (Cagiltay, Ozcelik & Ozcelik, 2015) [27]. Incluso algunos de ellos sostienen que es difícil encontrar esas evidencias empíricas sobre las posibles ventajas en los resultados académicos de los videojugadores debido a la aplicación de la medición de las mismas variables que en los estudios pedagógicos tradicionales (Kafai, 2001) [28].

Aunque esta tesina se enfoca en juegos serios en el ámbito de museos, tenemos que destacar que otro de los puntos más importantes al analizar las experiencias educativas con videojuegos es el papel de los profesores, incluso muchos investigadores los sitúan como el principal freno para su posible aplicación (De Freitas & Oliver, 2006; Gros & Garrido, 2008) [29]. El rechazo de muchos profesores al uso de los videojuegos en el aula no es el único responsable de la problemática como comentan Sandford, Ulicsak, Facer y Rudd (2006) en un estudio que analiza algunas experiencias con profesores de primaria[30]. Estos

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

autores señalan la planificación de los horarios fijos y la división por materias como los elementos que dificultan la aplicación efectiva de los videojuegos en cuanto a herramienta pedagógica, ya que los videojuegos necesitan una visión y planificación más interdisciplinaria para que puedan desarrollarse plenamente.

Volviendo al papel del profesor, aparece el miedo al uso del videojuego por parte de los docentes. Esta desconfianza ocasiona que se confunda el papel del educador respecto a la introducción del videojuego en el aula. Sandford et al. (2006) declaran:

El uso exitoso del videojuego en el aula se debe mucho más a la habilidad del profesorado para integrar nuevos conocimientos en el currículum que a la habilidad de utilizar el videojuego. En todos los casos, se evidencia que el profesor juega un papel central en el apoyo del aprendizaje de los estudiantes, más allá de los elementos operativos del uso del juego (p. 4).

2.7. Conclusión

Estas experiencias y estudios sobre la introducción de los videojuegos como herramienta educativa revelan que hay que cambiar la forma de trabajar con ellos. Los videojuegos generan un modo particular de aprendizaje que puede aplicarse en el trabajo en el aula de manera similar al que se utiliza para desarrollar proyectos colaborativos (Marín & Martín, 2014) [31].

El videojuego como herramienta pedagógica debe ser abordado a partir del objetivo para el cual quiere ser utilizado. Si lo que se desea es crear ese trabajo en equipo, capacidad de resolución de problemas y generar diferentes perspectivas sobre un problema concreto, el videojuego puede ser una buena herramienta (Del Moral, Guzmán y Fernández, 2014) [32]. También puede ser una buena opción si lo que interesa es transmitir ciertos conocimientos con base en la simulación como ocurre con videojuegos para la salud.

Las variedades de videojuegos y usos para la formación son muy complejos; hay que pensar a dónde se quiere llegar y de qué manera para poder utilizarlos como herramienta educativa. Estos intentos de introducción del videojuego en el marco educativo muestran que su potencia para transmitir conocimientos es más sutil que en otros medios. La capacidad de incitar el proceso enseñanza-aprendizaje va a estar más allá de la narración de una historia o ciertos conceptos (Imaz, 2011) [33]. El videojuego se convertirá en un texto (cibertexto) en el cual se pondrán en juego más discursos de los que aparentemente se declaran. Las mecánicas de juego y la experiencia que



Sinfonía Terrestre



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

provocan en el jugador serán las verdaderas formas de educar que los videojuegos proponen.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

3. Producción y diseño de un juego

3.1. Introducción

Los videojuegos no dejan de ser recursos informáticos pero muy próximos en cuanto a consumo y producción al entorno audiovisual. El sistema de producción del audiovisual tiene clara relación con gran parte de las fases de desarrollo del videojuego, a pesar de ser considerado un software más, no existe una metodología común y propia para su diseño y desarrollo.

El desarrollo del juego, a lo largo de su ciclo de vida, se puede asemejar al de una película de cine, pudiéndose segmentar en tres fases ampliamente diferenciadas: Pre-Producción, Producción y Post-producción, cada una con sus etapas características (Bethke, 2003)[34]. No obstante, son las propias compañías las que fijan cuál será su filosofía de trabajo a lo largo de la creación de un juego.

3.2. El proceso de producción de videojuegos

Como base de trabajo consideraremos como producción el proceso en el que se obtienen tangibilidades y por el contrario en la preproducción deberían aparecer aspectos no tangibles o poco elaborados y que tienen más que ver con la planificación del juego, todo aquello que en el ocio electrónico se conoce como “diseño conceptual”.

Sin lugar a dudas el proceso más costoso, por el número de personas a las que involucra, es el Diseño del Juego junto con el Diseño Técnico (ambas conforman la fase tradicional de Diseño de Software) y se incluyen en la fase de producción.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

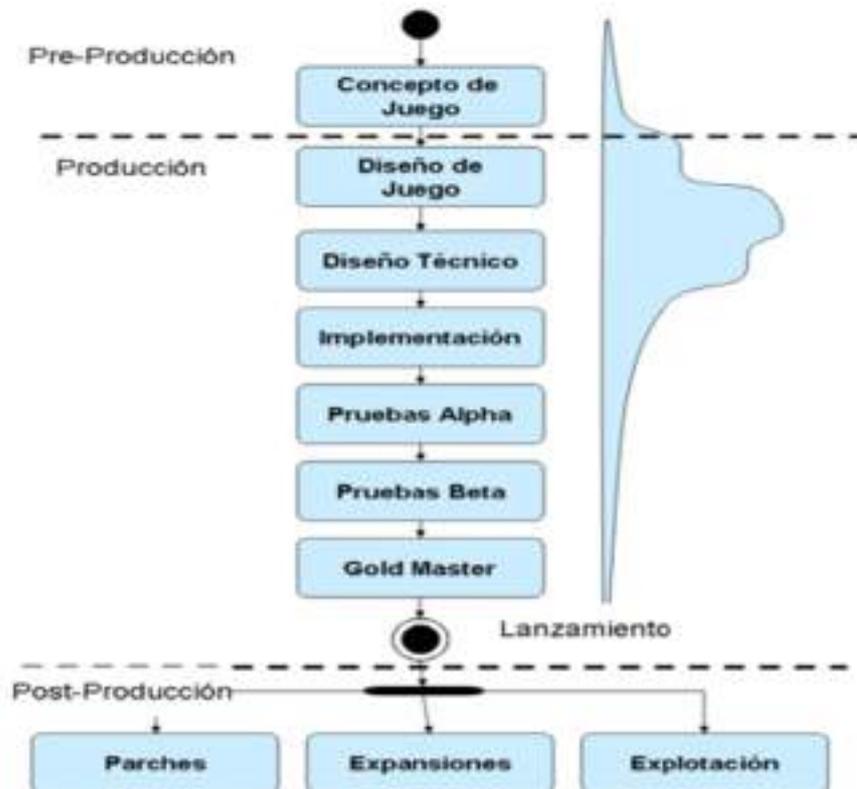


Figura 3.1: Proceso de Producción de videojuegos.

(Fuente: Bethke, 2003)

3.3. Fase de preproducción

En esta fase se define el juego, la concepción general con sus aspectos más relevantes y los términos en los que se llevará a cabo su materialización.

Aspectos que conforman el videojuego:

- **Género:** Género o géneros al que pertenece el videojuego y que marcará necesariamente su diseño.
- **Historia:** Esbozo de la trama o historia que se contará a través del videojuego. Storyline/storytelling (qué contar y cómo)
- **Bocetos:** Diseños preliminares de personajes, espacios, músicas, ambientaciones, etc.
- **Gameplay:** Es la esencia o naturaleza del videojuego, incluye la interactividad. Se define cómo se va a jugar, qué podremos hacer durante el juego y cómo se van a ir modificando los entornos o

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

ambientaciones y cuál va a ser la curva de desarrollo del jugador.
(Salen & Zimmerman, 2003) [35].

Esta fase concluye con una primera versión del Game Design Document a manos del equipo creativo y que será fundamental para el diseño del videojuego y la producción en sí misma.

Elementos que incluye un GDD (Game Design Document)

Género	Clasificación según su naturaleza
Jugadores	Modalidad de juego (individual o colectivo). Si es multijugador, si éstos son humanos o entra la máquina.
Historia	Resumen de la historia del juego, de qué trata y cómo lo trata.
Look and Feel	A partir de los bocetos se define el aspecto gráfico y artístico del juego, colores, temas dominantes, musicalidad, técnicas de diseño 3D o 2D, posiciones de cámaras, etc.
Interfaz de Usuario	Se define como la manera en la que interactuará el jugador con el juego y con qué mecanismos contará para ello.
Objetivos	Cuáles son las metas del juego, de acuerdo a la historia de éste.
Reglas	Qué cosas podemos hacer y cómo vamos a dejar que se hagan.
Características	Especificaremos las principales características de cada personaje del juego y de los elementos que intervienen en éste.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Diseño de Niveles	Describiremos qué niveles, según la historia o dificultad, tenemos, cómo serán éstos, cuántos serán, y qué dificultad y retos se plantearán en cada uno de ellos.
Requerimientos técnicos	Estableceremos los requerimientos técnicos de equipo que necesitará nuestro juego para poder ejecutarse.
Marketing	Un mal estudio de marketing puede tirar por tierra la inversión millonaria de un producto de este tipo, es fundamental el trazado de las líneas de publicidad para nuestro juego.
Presupuesto	Fijamos el presupuesto aproximado que necesitaremos para llevar a buen fin nuestro juego.

3.3.1 Elementos de diseño básico de un juego serio

Durante el desarrollo de un juego serio, aspectos de diseño antes mencionados cobran otro valor.

Una historia. Aunque no es imprescindible, la mayoría de los videojuegos suelen tener una trama o una historia principal. Puede ser un príncipe que quiere rescatar a una princesa o un aguerrido soldado que intenta acabar con su enemigo. También puede ser, como vimos más arriba, una enfermera que necesita salvar a un paciente. Cuanto más sofisticado sea el argumento (y los personajes), más fácil será la inmersión de los jugadores y mayor su motivación.

Gamificación. El segundo elemento fundamental de cualquier juego serio son las dinámicas de juego, entre las que se incluyen los rankings, las recompensas, los badges o los sistemas de puntos. Esta gamificación (o ludificación) suele animar y motivar a los jugadores: a todos nos gusta conseguir más monedas, obtener más vidas o pasar al siguiente nivel (piensa en Mario Bros). Las clasificaciones o rankings también son muy importantes en los juegos

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

serios, la sana competencia con nuestros compañeros de clase o de trabajo nos animan a esforzarnos más y a hacer todo lo posible para superar a nuestros rivales.

Feedback inmediato e individualizado. A diferencia de los cursos presenciales (normalmente con decenas de personas en el aula y un solo profesor), los juegos serios ofrecen feedback inmediato y personalizado. El jugador interactúa de manera directa con el juego y recibe al instante una recompensa o un castigo. En los videojuegos más sofisticados, ese feedback es además detallado y argumentado: los usuarios pueden saber por qué se han equivocado e intentar hacerlo mejor la segunda vez. Bien elaborado, este feedback puede ser una poderosa herramienta de aprendizaje.

Simulación. En la mayoría de casos, los juegos serios reproducen o imitan situaciones de la vida real. A través de personajes ficticios y de la recreación de ambientes, el jugador se ve inmerso en un mundo parecido al que encontrará más allá de la pantalla de su ordenador o teléfono móvil. Estos simuladores son los que permiten a los usuarios interactuar con esa nueva realidad y practicar las habilidades y conceptos adquiridos durante el juego.

El objetivo: aprender. No nos cansaremos de repetirlo: el elemento clave de los juegos serios es que su finalidad es enseñar algo. Todos los elementos anteriores pueden darse en infinidad de videojuegos comerciales, pero eso no les convierte necesariamente en juegos serios. Además de utilizar todos los elementos anteriores, los juegos serios también deben tener una finalidad que no sea lúdica y que casi siempre estará relacionada con aspectos educativos o de capacitación.

3.3.2 Emociones y sus efectos en el aprendizaje, concepto a tener en cuenta al momento del diseño de un juego serio.

Resulta interesante rescatar el impacto de los videojuegos en las emociones y como estas fomentan el aprendizaje. El desarrollo tecnológico y las nuevas herramientas de creación han permitido al videojuego obtener características capaces de “sumergir” al gamer en entornos virtuales de juego, que favorecen la generación de emociones y a su vez estimulan el aprendizaje.

Cada vez se generan más investigaciones y estudios en el área, para lograr comprender de qué manera un juego le resulta más atractivo a un usuario. Por supuesto, esta atractividad de los juegos va a depender de los diferentes tipos de usuarios, por la influencia que tienen los factores personales e individuales en los

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

gustos; sin embargo, hay factores motivacionales generales que hacen a los videojuegos atractivos.

Estos últimos factores, en muchos casos son compartidos por los juegos no electrónicos. Entre estos factores de atraktividad, se encuentran: la posibilidad de competir, el reto, la posibilidad de interactuar, las acciones que permite llevar a cabo y las emociones que permita vivir.

Otro elemento importante de atraktividad de los videojuegos es el relacionado con los aspectos gráficos y el diseño, es decir, todos aquellos elementos destinados a estimular los sentidos y que es lo que Crawford (2003) denomina gratificación sensorial.

En este ámbito, de los videojuegos, los componentes que constituyen los ambientes virtuales sustentados en las imágenes 3D, la incorporación de sonidos cada vez más realistas y la interactividad que permiten, los convierten en ambientes emocionales por excelencia. Nos resulta asombroso la evolución vertiginosa, no solo de los softwares, y los diseños, sino también de los elementos del hardware, que incorporan tarjetas de video y mecanismos de sonido tipo sound round, requeridos para la ejecución de los videojuegos, cuyo propósito no es otro que hacer más “vivencial” el juego y por tanto aumentar la sensación de inmersión lograda mediante ese aumento de estimulación sensorial.

La relación de los sentidos y las emociones se puede sustentar muy claramente en el modelo de Modelo Del Cerebro Triuno, presentado por los neurocientíficos, según el cual nuestro cerebro está constituido por tres partes neurofisiológica y funcionalmente diferenciadas. Estas partes son el sistema reptil o básico: primario evolutivamente, encargado de las funciones autónomas, de las respuestas motoras y automáticas, de los hábitos, y de las funciones más básicas del organismo. El sistema límbico: desde el punto de vista evolutivo, constituye el segundo cerebro, el cual se encarga de las emociones, las motivaciones, los sentimientos; controla el sistema autónomo del organismo. Trabaja en armonía con el sistema reptil, procesando toda la información sensorial antes de enviarla a la neocorteza. Y la Neocorteza o cerebro humano: evolutivamente es el cerebro más reciente, se encarga de la actividad intelectual, de los procesos superiores del hombre. Procesa información, genera conocimientos, imagina y anticipa, se encarga de la solución de problemas, de los procesos de este análisis y síntesis, del pensamiento crítico y creativo. Está formado por los dos hemisferios cerebrales: derecho e izquierdo, cada uno con sus funciones específicas pero conectados a través de otra estructura neuronal que es el cuerpo calloso (Martínez, 2000).

A través de este modelo se puede visualizar muy claramente la conexión entre las vías aferentes y los centros de recepción de señales ubicadas en el

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

sistema límbico, que constituye el centro emocional por excelencia del cerebro humano. En el sistema límbico se encuentran ubicadas la amígdala y el hipotálamo responsables de las experiencias de las diferentes emociones y que están conectados con los órganos neurovegetativos que manifiestan estos estados emocionales con síntomas como aceleración del ritmo cardíaco, aumento del ritmo respiratorio, dilatación de las pupilas, sudoración, entre otros, los cuales son observables y medibles, tal como lo hicieron Shi-ling, Zyda y Wardynski (2004), para probar las respuestas emocionales ante el videojuego America's Army y otros juegos de simulación. Querían probar los efectos de sonido en la producción de respuestas emocionales a través de manifestaciones corporales como las mencionadas anteriormente, y encontraron una relación positiva entre los efectos de sonido que reforzaban el realismo en las situaciones de tensión y de peligro a las que virtualmente se enfrentaban los sujetos experimentales, en el caso de ellos, se trataba de estudiantes de la academia militar de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos.

Estas conexiones explícitas entre las vías sensoriales y el centro de las emociones, el sistema límbico, respaldan en buena medida los efectos emocionales que produce los videojuegos a través de la estimulación sensorial que ofrecen al usuario a través del diseño de sus interfaces. Como se indicó al referirnos al modelo de cerebro triuno, la exposición y la interacción con estos recursos de múltiple estimulación sensorial en la que están presentes elementos que afectan la estructuras encargadas de los estados emocionales de la personas y conociendo que estos estados afectivos a la vez afectan a la estructuras responsables de las cogniciones y el procesamiento de la información, de las relaciones entre las experiencias previas, y de los elementos almacenados en la memoria a largo y corto plazo, no cabría la menor duda del aumento en aprendizajes a medida que se practican con estas herramientas electrónicas.

3.4. Fase de producción

Al equipo primigenio que ha llevado a cabo la planificación inicial del juego se le suma el resto de la plantilla asociada a la producción del juego. Es una fase dificultosa por la confluencia de actividades diversas. En ella participan multitud de profesionales de ámbitos muy específicos, con clara especialización en función de las subfases en las que se ubiquen. Esta complejidad obliga a distinguir varias etapas dentro de la producción en sí.

3.4.1 Diseño del juego

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Es el momento de especificar los elementos que compondrán el juego, dando una idea clara a todos los miembros del grupo desarrollador de cómo son. Se da finalizado el GDD diseñando en profundidad todos los aspectos anteriormente especificados y que en fase de preproducción únicamente se habían perfilado.

3.4.2 Diseño Artístico

El apartado de diseño trabaja elementos que tienen que ver con la “apariencia” del juego en sí, contenidos que van a tener una plasmación evidente en el “físico” del videojuego:

- **Historia:** se crea la Biblia donde se recogen todas las historias de los personajes, del mundo donde sucede el juego, de su pasado y de los personajes secundarios que aparecen, creando el hilo argumental completo, con todos los detalles.
- **Sonido:** Se diseñan todos los elementos sonoros de nuestro juego: voces, ambiente, efectos y música. Se pone en funcionamiento el engranaje sonoro.
- **Interfaz:** Se describe la forma en que se verán los elementos GUI (Graphical User Interface) y HUD (Head-Up Display), mediante los cuales el usuario interactuará con el juego.
- **Gráficos:** Dependiendo de si el juego es 2D o 3D se diseñarán los elementos gráficos como los sprites, tiles, modelos 3D, cámaras, luces, etc. o cualquier otro elemento gráfico susceptible de ser utilizado en el juego.

Con estos cuatro elementos, historia, sonido, interfaz y gráficos, se genera un documento marco conocido como Biblia del Arte del juego y en la que se compendian todos los aspectos relacionados con la “forma” artística de nuestro juego, esos elementos que lo harán diferente a otros en el mercado.

3.4.3 Diseño Mecánico

En esta fase se marcan las pautas de interacción con el juego, las normas internas y el tipo de comunicación que debe darse en caso de que el destino del

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

juego sea el entorno on line. Los detalles cobran vida en este punto con el diseño de reacciones y comportamientos que darán vida a cada uno de los personajes.

El diseño de Inteligencia Artificial (IA) del juego y el motor asociado a ella deben darse ahora y, evidentemente antes de que el motor de juego sea materializado. También se diseña el Motor Físico, encargado de generar diversos aspectos físicos.

3.4.4 Motor del Juego

Es el elemento más importante, y se puede decir que es la parte fundamental de este proceso tan costoso y duradero. El Motor del Juego hace referencia a una serie de rutinas que permiten la representación de todos los elementos del juego (Bethke, 2003), (Rollings & Morris, 2003). El arte y los guiones del juego no funcionarán jamás sin un motor del juego.

Es aquí donde debemos controlar cómo se representan los elementos del juego y cómo se interactúa con ellos (Martín & Ballejo, 2012) [36]. Gestionaremos la IA del juego, los sonidos asociados a cada elemento del juego en cada momento además del grafismo vinculado directamente a estos elementos.

El Motor del Juego es el equivalente a la conjunción del Motor Gráfico, Motor de Sonido, Gestor de IA y Motor Físico, además de las reglas necesarias para crear el universo completo de nuestro juego y facilitar la inmersión del gamer.

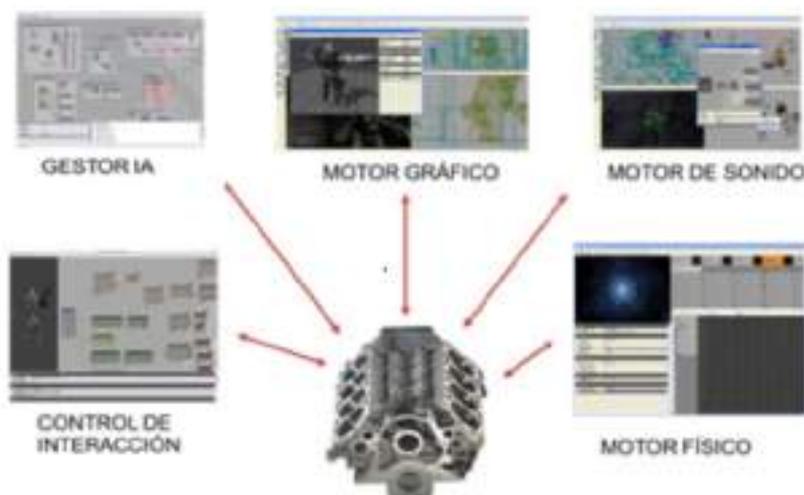


Figura 3.2: Motor de Juego.

(Fuente: González Sánchez, 2010)

3.4.5 Diseño Técnico

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Para poder disfrutar el videojuego como forma de ocio o industria cultural precisamos del soporte para el que fueron creados, precisamos de la “aplicación” informática que sustente la historia que hay detrás del videojuego. Esa aplicación tiene una vinculación clara con el entorno informático (sea cual sea su destino: plataformas móviles, ordenadores, juegos on line...), muy especialmente en esta etapa donde esa relación cobra una evidencia reseñable, aquí se asemeja con la producción de cualquier otro software, su diseño es similar, es donde se trata el juego como un verdadero producto de software.

Se generarán los distintos tipos de flujos de relación, los diagramas que describan el funcionamiento estático y dinámico, la interacción con los usuarios y los diferentes estados que atravesará el videojuego como software. A partir de aquí se generará nuestro Documento de Diseño.

3.4.6 Implementación

La etapa de implementación tiene como misión organizar de manera coherente todas y cada una de las piezas elaboradas y planificadas hasta el momento, generando un engranaje perfecto que precisa del motor de juego previsto para que todo funcione.

No es un proceso creativo en sí mismo pero a pesar de ello tiene una importancia crucial: se finalizan contenidos, se perfilan detalles, se corrigen errores, utilizando, por supuesto, el motor de juego previsto. Se pueden desechar ideas que son buenas, pero que no encajan al final del juego y corregir imprevistos.

Una vez aunadas las grandes etapas en las que terminan por mezclarse lo técnico, lo artístico y lo mecánico, el producto se puede dar a conocer... es la puesta en marcha de nuestro producto en el mercado. El producto empezará a formar parte de un entorno competitivo, lleno de múltiples posibilidades, será necesario generar en el potencial “consumidor” la necesidad de consumirlo y esto se consigue, como no, con una adecuada estrategia de marketing que muy probablemente ya se haya empezado a forjar en fases iniciáticas del proyecto, cuándo se entra a valorar el público objetivo y las posibilidades de implantación en el mercado.

3.4.7 Pruebas Alpha

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Durante las pruebas Alpha o Code Complete ya contamos con un producto terminado. En el desarrollo de productos culturales será preciso pasar, necesariamente, por el periodo de testeo del resultado, será preciso poner en práctica toda una serie de pruebas que muestren que el círculo de producción se puede dar por concluido y lo que fue un proyecto ya se ha convertido en producto, ya puede ser lanzado al mercado. Un pequeño grupo, involucrado en el diseño y desarrollo del juego, pone a prueba el producto buscando errores o matices que deban ser corregidos. Uno de los aspectos fundamentales que deben ser tenidos en cuenta es la jugabilidad¹, que será valorada según diversos criterios ya establecidos por las empresas del sector.

3.4.8 Pruebas Beta

En las pruebas Beta o Content Complete se dan por concluidas todas las variaciones del contenido (decorado de misiones, gráficos, textos en diferentes idiomas, doblaje, etc.). En este caso las pruebas las realizan profesionales externos al equipo de trabajo vinculado directamente con el juego, ya sean externos a la empresa o sólo al proyecto, intentando conseguir que el videojuego vea la luz con la menor cantidad posible de defectos. Es también el momento en el que se comprueba que, a nivel legal, los contenidos del juego se adapten a las normativas de los países donde se va a publicar, no hay una unificación legal en estos contenidos y esto deberá ser tenido en cuenta al plantearse las posibilidades de distribución y si nuestro interés está en zonas especialmente complicadas en cuanto a la estricta legislación que marca fundamentalmente contenidos, deberemos valorar la posibilidad de llevar a cabo varias versiones de nuestro producto.

3.4.9 Gold Master

Es la copia definitiva, con esta denominación es como se conoce al juego que se publicará y se enviará a la fábrica para su producción con todo el contenido de arte (diseño de portada, caja, etc.) y manuales de usuario. Es el equivalente a la copia máster en el audiovisual. A partir del Gold Master se

¹ Definamos la **jugabilidad** como *el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertir y entretener de forma satisfactoria y creíble. Ya sea solo o en compañía.*

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

prepara el tiraje de copias necesarias para la distribución. Hemos llegado a un momento en el que la campaña de publicidad debe ser máxima, los medios especializados deben conocer nuestro producto y hablar sobre él si queremos que nuestro trabajo, en forma de videojuego, funcione en el/los mercado/s (Bethke, 2003).

3.5 Posproducción

El proceso vital del videojuego no termina con su puesta en el mercado, será preciso llevar a cabo el seguimiento oportuno para valorar si se está consiguiendo explotar todas sus posibilidades y dar respuesta también al comportamiento que el mercado ha tenido en relación con nuestro producto y que puede hacer que modifiquemos nuestras estrategias en uno u otro sentido. La campaña de marketing ya está en marcha y si hasta el momento no hemos podido cerrar todos los acuerdos deseados este es el momento de concretar nuevas fórmulas de expansión, posibilidades en distintos mercados, nuevas fórmulas de explotación.

El mercado obliga y teniendo en cuenta el momento en el que se encuentra el mercado en general, las empresas suelen marcar sus líneas de trabajo en torno a dos grupos de profesionales: por un lado el equipo de producción, que irá dotando de vida el proyecto, y, por otro lado, el equipo de financiación, que se encargará básicamente de que el sueño ideado por producción sea posible. Dadas las dificultades que hoy por hoy existen para sacar adelante un proyecto audiovisual, sea este del tipo que sea, los implicados se ven obligados a que la búsqueda de financiación inicial y su consecución marque la continuación o no de algunos proyectos. Dentro de las industrias culturales el videojuego es peculiar, entre otras cosas, porque requiere de una considerable inversión previa; desde la preproducción inicial se ha de contar con una financiación considerable para seguir dando pasos en el desarrollo del producto.

Todas estas etapas están cubiertas con un conjunto de profesiones que se cruzan en distintos departamentos en un organigrama de funcionamiento que si bien puede variar dependiendo de los casos podría contar con una estructura similar a esta:

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

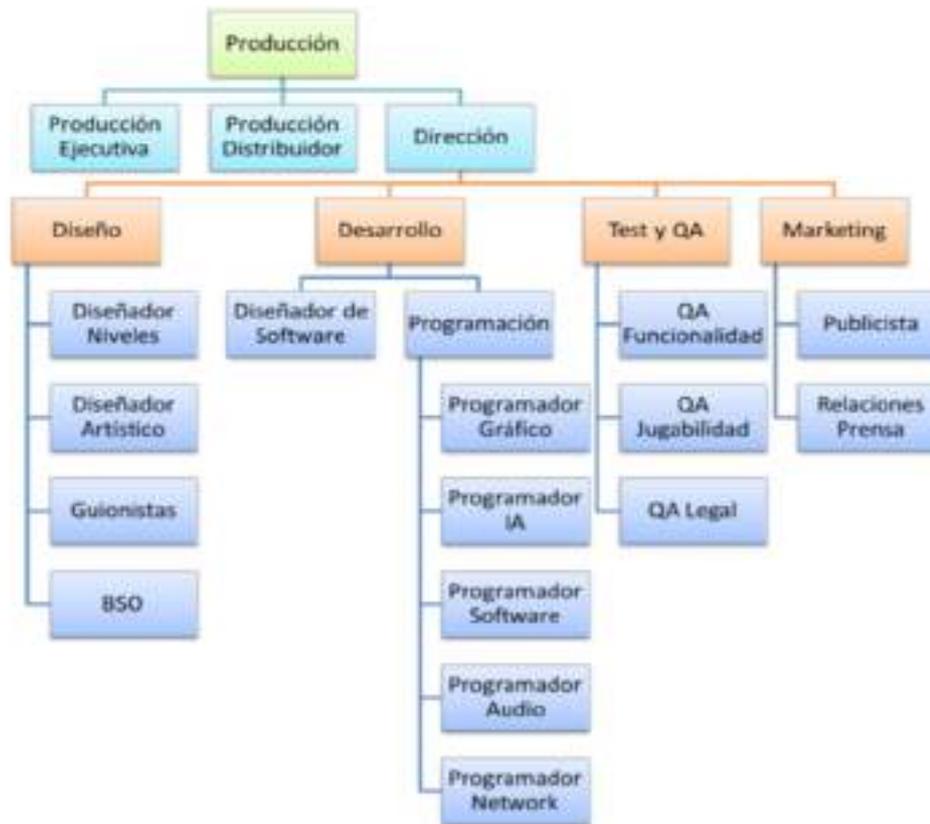


Figura 3.3: Estructuración de un equipo de producción de un videojuego.

(Fuente: Bethke, 2003)

3.6 Conclusión

El modelo que se ha tratado de recoger en el desarrollo de este capítulo es un modelo en cascada, un modelo ya recogido por los clásicos (Royce, 1970) y que tiene su base en el que la creación del software en este caso se produce por el desarrollo siguiendo un flujo constante hacia abajo. Las desventajas de este sistema de trabajo son varias entre otras la lentitud de su proceso, parte de fases estancas y dependientes, no permite el trabajo en paralelo de distintos equipos, sin embargo la industria da un paso más y a pesar de ser este el método “académico” de funcionar, los profesionales de los videojuegos prefieren acercarse más al modo de trabajo en el audiovisual que en el entorno informático y a pesar de mantener fases y conductas absolutamente necesarias por la peculiaridad del producto que tienen entre manos optan por el solapamiento en el trabajo de distintos equipos algo que agiliza en gran medida los procesos y que es habitual en el entorno cinematográfico o televisivo, por ejemplo. Este afán pragmático busca el no dilatar en exceso la consecución del producto final

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

aplicando, por ejemplo, entre otros, los Procesos Ágiles de desarrollo de software de Keith (Keith, 2009) [37], teniendo en cuenta que los contenidos audiovisuales son, en muchos casos, perecederos, su vida útil está condicionada a modas, hábitos, tendencias del mercado, tecnologías incipientes...

Con esto se quiere dejar claro que no hay un modelo único y válido para la producción de videojuegos sino que si bien existen fases muy claras como en cualquier producción audiovisual y que necesariamente hay que respetar, el cómo se establezcan los tiempos o las comunicaciones entre distintas fases va a depender mucho del modo de trabajar de cada empresa o de cada desarrollador del proyecto en cuestión.

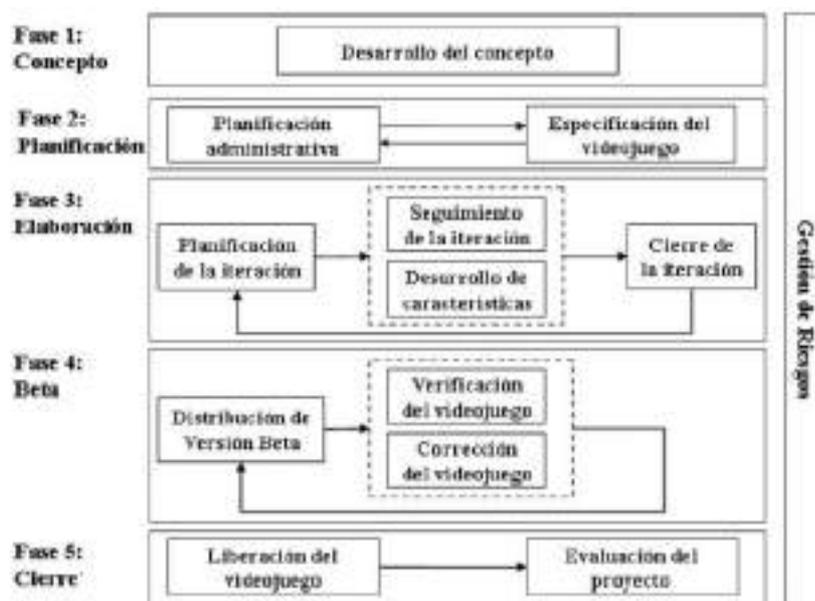


Figura 3.4: Fases del Proceso de Producción.

(Fuente: Coppes, Mesa..., 2009)

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

4. Motores Gráficos de Juegos

4.1. Introducción

Se define como motor gráfico al *framework* de software diseñado para crear y desarrollar videojuegos. Los desarrolladores de videojuegos pueden usar los motores para crear videojuegos para consola, dispositivos móviles, ordenadores o dispositivos de Realidad Virtual.

Se puede establecer el origen del término “*Game Engine*” a mediados de los años 90 con la aparición del juego de primera persona Doom (de la Empresa Id Software) por la arquitectura de software del mismo. Con la realización de este juego, se separaron los sistemas de renderizado gráfico, de detección de colisiones, audio, objetos de juego y reglas. Las ventajas de esta separación en componentes se hicieron evidentes en juegos posteriores al poder reutilizar componentes en nuevos desarrollos (Quake III, Unreal, etc.).

Todo motor gráfico ha de ofrecer al programador una funcionalidad básica, proporcionando normalmente un motor de renderizado, *render*, para gráficos 2D y 3D, un motor que detecte la colisión física de objetos y la respuesta a dicha colisión, sonidos y música, animación, inteligencia artificial, comunicación con la red para juegos multijugador, posibilidad de ejecución en hilos, gestión de memoria o soporte para localización.

Si bien en sus orígenes el desarrollo de videojuegos era muy dependiente de la plataforma, la evolución natural ha sido la de ofrecer un entorno de desarrollo que permitiera portar los desarrollos a distintas plataformas. Tradicionalmente, estos motores han tenido diferencias entre los distintos géneros de juegos:

Juegos en primera persona (FPS) donde el mayor reto se centra en ofrecer entorno hiperrealistas con renderizado 3D eficiente de amplios espacios; control preciso de cámara; Inteligencia Artificial (AI) para dar vida a los jugadores no reales (*Non Player Characters*, NPCs) o Entorno Multijugador

Juegos de plataforma y de tercera persona. Los juegos de plataforma, *Platformers*, incluyen títulos clásicos como Donkey Kong, Super Mario Brothers. Al abordarse juegos 3D como Super Mario 64, Sonic the Hedgehog, y otros; se vio que los requisitos técnicos eran similares a los juegos de tercera persona, por lo que se presentan agrupados. Este grupo de juegos pone el énfasis en los movimientos del personaje, cámaras, etc.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

4.2. Arquitectura de un motor gráfico de juegos

En esta sección se plantea una visión general de la arquitectura de un motor de juegos de manera independiente al género de los mismos.

Como ocurre con la gran mayoría de sistemas software que tienen una complejidad elevada, los motores de juegos se basan en una arquitectura estructurada en capas. De este modo, las capas de nivel superior dependen de las capas de nivel inferior, pero no de manera inversa. Este planteamiento permite ir añadiendo capas de manera progresiva y, lo que es más importante, permite modificar determinados aspectos de una capa en concreto sin que el resto de las capas inferiores se vean afectadas por dicho cambio.

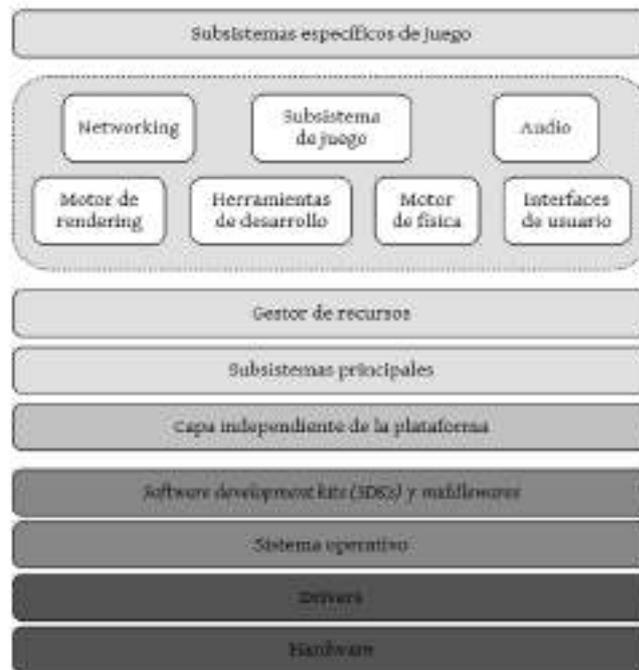


Figura 4.1: Visión conceptual de la arquitectura general de un motor de juegos. Esquema adaptado de la arquitectura propuesta en [40].

4.2.1 Hardware, drivers y sistema operativo

La capa relativa al hardware está vinculada a la plataforma en la que se ejecutará el motor de juego. Por ejemplo, un tipo de plataforma específica podría ser una consola de juegos de sobremesa. Muchos de los principios de diseño y

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

desarrollo son comunes a cualquier videojuego, de manera independiente a la plataforma de despliegue final. Sin embargo, en la práctica los desarrolladores de videojuegos siempre llevan a cabo optimizaciones en el motor de juegos para mejorar la eficiencia del mismo, considerando aquellas cuestiones que son específicas de una determinada plataforma.

La capa de *drivers* soporta aquellos componentes de software de bajo nivel que permiten la correcta gestión de determinados dispositivos, como por ejemplo las tarjetas de aceleración gráfica o las tarjetas de sonido.

La capa del sistema operativo representa la capa de comunicación entre los procesos que se ejecutan en el mismo y los recursos de hardware asociados a la plataforma en cuestión. Tradicionalmente, en el mundo de los videojuegos los sistemas operativos se compilan con el propio juego para producir un ejecutable. Sin embargo, las consolas de última generación, como por ejemplo Sony Playstation 3 o Microsoft Xbox 360, incluyen un sistema operativo capaz de controlar ciertos recursos e incluso interrumpir un juego en ejecución, reduciendo la separación entre consolas de sobremesa y ordenadores personales.

4.2.2 SDKs y middlewares

Al igual que ocurre en otros proyectos de software, el desarrollo de un motor de juegos se suele apoyar en bibliotecas existentes y SDK, *Software Development Kit*, para proporcionar una determinada funcionalidad. No obstante, y aunque generalmente este software está bastante optimizado, algunos desarrolladores prefieren personalizarlo para adaptarlo a sus necesidades particulares, especialmente en consolas de sobremesa y portátiles.

Un ejemplo representativo de biblioteca para el manejo de estructuras de datos es STL, Standard Template Library. STL es una biblioteca de plantillas estándar para C++, el cual representa a su vez el lenguaje más extendido actualmente para el desarrollo de videojuegos, debido principalmente a su portabilidad y eficiencia.

En el ámbito de los gráficos 3D, existe un gran número de bibliotecas de desarrollo que solventan determinados aspectos que son comunes a la mayoría de los juegos, como el renderizado de modelos tridimensionales. Los ejemplos más representativos en este contexto son las APIs gráficas OpenGL y Direct3D, mantenidas por el grupo Khronos y Microsoft, respectivamente. Este tipo de bibliotecas tienen como principal objetivo ocultar los diferentes aspectos de las

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

tarjetas gráficas, presentando una interfaz común. Mientras *OpenGL* es multiplataforma, *Direct3D* está totalmente ligado a sistemas Windows.

Otro ejemplo representativo de SDKs vinculados al desarrollo de videojuegos son aquellos que dan soporte a la detección y tratamiento de colisiones y a la gestión de la física de las distintas entidades que forman parte de un videojuego. Por ejemplo, en el ámbito comercial la compañía Havok proporciona diversas herramientas, entre las que destaca Havok Physics. Dicha herramienta representa la alternativa comercial más utilizada en el ámbito de la detección de colisiones en tiempo real y en las simulaciones físicas. Según sus autores, Havok Physics se ha utilizado en el desarrollo de más de 200 títulos comerciales.

Por otra parte, en el campo del Open Source, *ODE*, *Open Dynamics Engine*, 3D representa una de las alternativas más populares para simular dinámicas de cuerpo rígido [38].

Recientemente, la rama de la Inteligencia Artificial en los videojuegos también se ha visto beneficiada con herramientas que posibilitan la integración directa de bloques de bajo nivel para tratar con problemas clásicos como la búsqueda óptima de caminos entre dos puntos o la acción de evitar obstáculos.

4.2.3 Capa independiente de la plataforma

Gran parte de los juegos se desarrollan teniendo en cuenta su potencial lanzamiento en diversas plataformas. Por ejemplo, un título se puede desarrollar para diversas consolas de sobremesa y para PC al mismo tiempo. En este contexto, es bastante común encontrar una capa software que aisle al resto de las capas superiores de cualquier aspecto que sea dependiente de la plataforma. Dicha capa se suele denominar capa independiente de la plataforma.

Aunque sería bastante lógico suponer que la capa inmediatamente inferior, es decir, la capa de SDKs y middleware, ya posibilita la independencia respecto a las plataformas subyacentes debido al uso de módulos estandarizados, como por ejemplo bibliotecas asociadas a C/C++, la realidad es que existen diferencias incluso en bibliotecas estandarizadas para distintas plataformas.

Algunos ejemplos representativos de módulos incluidos en esta capa son las bibliotecas de manejo de hijos o los *wrappers* o envolturas sobre alguno de los módulos de la capa superior, como el módulo de detección de colisiones o el responsable de la parte gráfica.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

4.2.4 Subsistemas principales

La capa de subsistemas principales está vinculada a todas aquellas utilidades o bibliotecas de utilidades que dan soporte al motor de juegos. Algunas de ellas son específicas del ámbito de los videojuegos pero otras son comunes a cualquier tipo de proyecto software que tenga una complejidad significativa.

A continuación se enumeran algunos de los subsistemas más relevantes:

Biblioteca matemática: responsable de proporcionar al desarrollador diversas utilidades que faciliten el tratamiento de operaciones relativas a vectores, matrices, cuaterniones u operaciones vinculadas a líneas, rayos, esferas y otras figuras geométricas. Las bibliotecas matemáticas son esenciales en el desarrollo de un motor de juegos, ya que éstos tienen una naturaleza inherentemente matemática.

Estructuras de datos y algoritmos: responsable de proporcionar una implementación más personalizada y optimizada de diversas estructuras de datos, como por ejemplo listas enlazadas o árboles binarios, y algoritmos, como por ejemplo búsqueda u ordenación, que la encontrada en bibliotecas como STL. Este subsistema resulta especialmente importante cuando la memoria de la plataforma o plataformas sobre las que se ejecutará el motor está limitada (como suele ocurrir en consolas de sobremesa).

Gestión de memoria: responsable de garantizar la asignación y liberación de memoria de una manera eficiente.

Depuración y logging: responsable de proporcionar herramientas para facilitar la depuración y el volcado de logs para su posterior análisis.

4.2.5 Gestor de recursos

Esta capa es la responsable de proporcionar una interfaz unificada para acceder a las distintas entidades software que conforman el motor de juegos, como por ejemplo la escena o los propios objetos 3D.

En este contexto, existen dos aproximaciones principales respecto a dicho acceso:

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

i) plantear el gestor de recursos mediante un enfoque centralizado y consistente o

ii) dejar en manos del programador dicha interacción mediante el uso de archivos en disco.



Figura 4.2: Visión conceptual del gestor de recursos y sus entidades asociadas. Esquema adaptado de la arquitectura propuesta en [40].

La figura muestra una visión general de un gestor de recursos, representando una interfaz común para la gestión de diversas entidades como por ejemplo el mundo en el que se desarrolla el juego, los objetos 3D, las texturas o los materiales.

En el caso particular de *Ogre 3D*, el gestor de recursos está representado por la clase *Ogre::ResourceManager*, tal y como se puede apreciar en la figura siguiente, dicha clase mantiene diversas especializaciones, las cuales están ligadas a las distintas entidades que a su vez gestionan distintos aspectos en un juego, como por ejemplo las texturas (clase *Ogre::TextureManager*), los modelos 3D (clase *Ogre::MeshManager*) o las fuentes de texto (clase *Ogre::FontManager*) [39].

En el caso particular de *Ogre 3D*, la clase *Ogre::ResourceManager* hereda de dos clases, *ResourceAllocyOgre::ScriptLoader*, con el objetivo de unificar completamente las diversas gestiones. Por ejemplo, la clase *Ogre::ScriptLoader* posibilita la carga de algunos recursos, como los materiales, mediante scripts y, por ello, *Ogre::ResourceManager* hereda de dicha clase.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

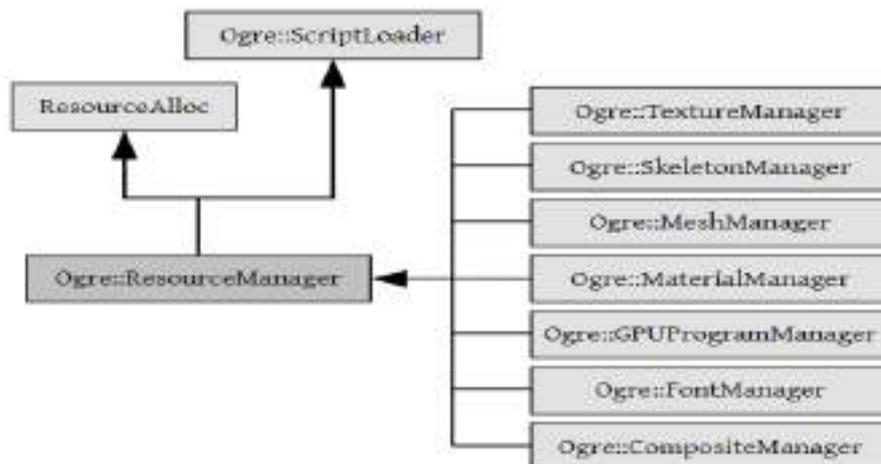


Figura 4.3: Diagrama de clases asociado al gestor de recursos de *Ogre 3D*, representado por la clase *Ogre::ResourceManager*.

4.2.6 Motor de rendering

Debido a que el componente gráfico es una parte fundamental de cualquier juego, junto con la necesidad de mejorarlo continuamente, el motor de renderizado es una de las partes más complejas de cualquier motor de juego.

Al igual que ocurre con la propia arquitectura de un motor de juegos, el enfoque más utilizado para diseñar el motor de renderizado consiste en utilizar una arquitectura multicapa, como se puede apreciar en la figura que se muestra a continuación.

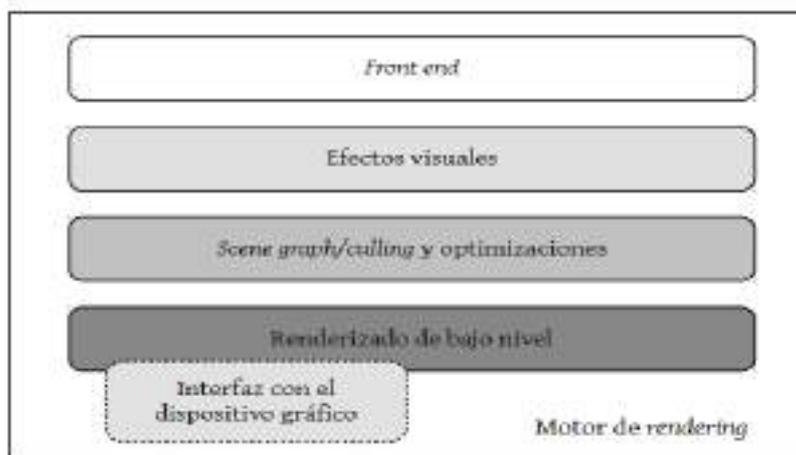


Figura 4.4: Visión conceptual de la arquitectura general de un motor de rendering. Esquema simplificado de la arquitectura discutida en [40].

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

A continuación se describen los principales módulos que forman parte de cada una de las capas de este componente.

La capa de renderizado de bajo nivel aglutina las distintas utilidades de renderizado del motor. Es decir, la funcionalidad asociada a la representación gráfica de las distintas entidades que participan en un determinado entorno, como por ejemplo cámaras, primitivas de rendering, materiales, texturas, etc. El objetivo principal de esta capa reside precisamente en renderizar las distintas primitivas geométricas tan rápido como sea posible, sin tener en cuenta posibles optimizaciones ni considerar, por ejemplo, qué partes de las escenas son visibles desde el punto de vista de la cámara.

Esta capa también es responsable de gestionar la interacción con las APIs de programación gráficas, como OpenGL o Direct3D, simplemente para poder acceder a los distintos dispositivos gráficos que estén disponibles. Típicamente, este módulo se denomina interfaz de dispositivo gráfico (*graphics device interface*).

Así mismo, en la capa de renderizado de bajo nivel existen otros componentes encargados de procesar el dibujado de distintas primitivas geométricas, así como de la gestión de la cámara y los diferentes modos de proyección. En otras palabras, esta capa proporciona una serie de abstracciones para manejar tanto las primitivas geométricas como las cámaras virtuales y las propiedades vinculadas a las mismas.

Por otra parte, dicha capa también gestiona el estado del hardware gráfico y los *shaders* asociados. Básicamente, cada primitiva recibida por esta capa tiene asociado un material y se ve afectada por diversas fuentes de luz. Así mismo, el material describe la textura o texturas utilizadas por la primitiva y otras cuestiones como por ejemplo qué pixel y *vertex shaders* se utilizarán para renderizarla.

La capa superior a la de renderizado de bajo nivel se denomina *scene graph/culling* y optimizaciones y, desde un punto de vista general, es la responsable de seleccionar qué parte o partes de la escena se enviarán a la capa de rendering. Esta selección, u optimización, permite incrementar el rendimiento del motor de renderizado, debido a que se limita el número de primitivas geométricas enviadas a la capa de nivel inferior.

Aunque en la capa de rendering sólo se dibujan las primitivas que están dentro del campo de visión de la cámara, es decir, dentro del *viewport*, es posible aplicar más optimizaciones que simplifiquen la complejidad de la escena a renderizar, obviando aquellas partes de la misma que no son visibles desde la cámara. Este tipo de optimizaciones son críticas en juegos que tenga una

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

complejidad significativa con el objetivo de obtener tasas de frames por segundo aceptables.

Una de las optimizaciones típicas consiste en hacer uso de estructuras de datos de subdivisión espacial para hacer más eficiente el renderizado, gracias a que es posible determinar de una manera rápida el conjunto de objetos potencialmente visibles. Dichas estructuras de datos suelen ser árboles, aunque también es posible utilizar otras alternativas. Tradicionalmente, las subdivisiones espaciales se conocen como *scene graph*, grafo de escena, aunque en realidad representan un caso particular de estructura de datos.

Por otra parte, en esta capa también es común integrar métodos de *culling*, como por ejemplo aquellos basados en utilizar información relevante de las oclusiones para determinar qué objetos están siendo solapados por otros, evitando que los primeros se tengan que enviar a la capa de rendering y optimizando así este proceso.

Idealmente, esta capa debería ser independiente de la capa de renderizado, permitiendo así aplicar distintas optimizaciones y abstrayéndose de la funcionalidad relativa al dibujo de primitivas. Un ejemplo representativo de esta independencia está representado por OGRE, *Object-Oriented Graphics Rendering Engine*, y el uso de la filosofía *plug & play*, de manera que el desarrollador puede elegir distintos diseños de grafos de escenas ya implementados y utilizarlos en su desarrollo.

Sobre la capa relativa a las optimizaciones se sitúa la capa de efectos visuales, la cual proporciona soporte a distintos efectos que, posteriormente, se puedan integrar en los juegos desarrollados haciendo uso del motor. Ejemplos representativos de módulos que se incluyen en esta capa son aquéllos responsables de gestionar los sistemas de partículas (humo, agua, etc), los mapeados de entorno o las sombras dinámicas.

Finalmente, la capa de *frontend* suele estar vinculada a funcionalidad relativa a la superposición de contenido 2D sobre el escenario 3D. Por ejemplo, es bastante común utilizar algún tipo de módulo que permita visualizar el menú de un juego o la interfaz gráfica que permite conocer el estado del personaje principal del videojuego (inventario, armas, herramientas, etc). En esta capa también se incluyen componentes para reproducir videos previamente grabados y para integrar secuencias cinemáticas, a veces interactivas, en el propio videojuego. Este último componente se conoce como IGC, *In-Game Cinematics, System*.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

4.2.7 Herramientas de depuración

Debido a la naturaleza intrínseca de un videojuego, vinculada a las aplicaciones gráficas en tiempo real, resulta esencial contar con buenas herramientas que permitan depurar y optimizar el propio motor de juegos para obtener el mejor rendimiento posible. En este contexto, existe un gran número de herramientas de este tipo. Algunas de ellas son herramientas de propósito general que se pueden utilizar de manera externa al motor de juegos. Sin embargo, la práctica más habitual consiste en construir herramientas de *profiling*, vinculadas al análisis del rendimiento, o depuración que estén asociadas al propio motor. Algunas de las más relevantes se enumeran a continuación [40]:

- Mecanismos para determinar el tiempo empleado en ejecutar un fragmento específico de código.
- Utilidades para mostrar de manera gráfica el rendimiento del motor mientras se ejecuta el juego.
- Utilidades para volcar logs en ficheros de texto o similares.
- Herramientas para determinar la cantidad de memoria utilizada por el motor en general y cada subsistema en particular. Este tipo de herramientas suelen tener distintas vistas gráficas para visualizar la información obtenida.
- Herramientas de depuración que gestión el nivel de información generada.
- Utilidades para grabar eventos particulares del juego, permitiendo reproducirlos posteriormente para depurar bugs.

4.2.8 Motor de física

La detección de colisiones en un videojuego y su posterior tratamiento resultan esenciales para dotar de realismo al mismo. Sin un mecanismo de detección de colisiones, los objetos se traspasarían unos a otros y no sería posible interactuar con ellos.

Un ejemplo típico de colisión está representado en los juegos de conducción por el choque entre dos o más vehículos. Desde un punto de vista general, el sistema de detección de colisiones es responsable de llevar a cabo las siguientes tareas:

La *detección de colisiones*, cuya salida es un valor lógico indicando si hay o no colisión.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

La *determinación de la colisión*, cuya tarea consiste en calcular el punto de intersección de la colisión.

La *respuesta a la colisión*, que tiene como objetivo determinar las acciones que se generarán como consecuencia de la misma.

Debido a las restricciones impuestas por la naturaleza de tiempo real de un videojuego, los mecanismos de gestión de colisiones se suelen aproximar para simplificar la complejidad de los mismos y no reducir el rendimiento del motor. Por ejemplo, en algunas ocasiones los objetos 3D se aproximan con una serie de líneas, utilizando técnicas de intersección de líneas para determinar la existencia o no de una colisión. También es bastante común hacer uso de árboles BSP para representar el entorno y optimizar la detección de colisiones con respecto a los propios objetos.

Por otra parte, algunos juegos incluyen sistemas realistas o semirealistas de simulación dinámica. En el ámbito de la industria del videojuego, estos sistemas se suelen denominar sistema de física y están directamente ligados al sistema de gestión de colisiones.

Actualmente, la mayoría de compañías utilizan motores de colisión/física desarrollados por terceras partes, integrando estos kits de desarrollo en el propio motor. Los más conocidos en el ámbito comercial son Havok, el cual representa el estándar de facto en la industria debido a su potencia y rendimiento, y PhysX, desarrollado por NVIDIA e integrado en motores como por ejemplo el del Unreal Engine 3.

En el ámbito del *Open Source*, uno de los más utilizados es ODE.

4.2.9 Interfaces de usuario

En cualquier tipo de juego es necesario desarrollar un módulo que ofrezca una abstracción respecto a la interacción del usuario, es decir, un módulo que principalmente sea responsable de procesar los eventos de entrada del usuario. Típicamente, dichos eventos estarán asociados a la pulsación de una tecla, al movimiento del ratón o al uso de un joystick, entre otros.

Desde un punto de vista más general, el módulo de interfaces de usuario también es responsable del tratamiento de los eventos de salida, es decir, aquellos eventos que proporcionan una retroalimentación al usuario. Dicha interacción puede estar representada, por ejemplo, por el sistema de vibración del mando de

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

una consola o por la fuerza ejercida por un volante que está siendo utilizado en un juego de conducción.

Debido a que este módulo gestiona los eventos de entrada y de salida, se suele denominar comúnmente componente de entrada/salida del jugador, *player I/O component*.

El módulo de interfaces de usuario actúa como un puente entre los detalles de bajo nivel del hardware utilizado para interactuar con el juego y el resto de controles de más alto nivel. Este módulo también es responsable de otras tareas importantes, como la asociación de acciones o funciones lógicas al sistema de control del juego, es decir, permite asociar eventos de entrada a acciones lógicas de alto nivel.

En la gestión de eventos se suelen utilizar patrones de diseño como el patrón *delegate*[41]. De manera que cuando se detecta un evento, éste se traslada a la entidad adecuada para llevar a cabo su tratamiento.

4.2.10 Networking y multijugador

La mayoría de juegos comerciales desarrollados en la actualidad incluyen modos de juegos multijugador, con el objetivo de incrementar la jugabilidad y duración de los títulos lanzados al mercado. De hecho, algunas compañías basan el modelo de negocio de algunos de sus juegos en el modo online, como por ejemplo World of Warcraft de Blizzard Entertainment, mientras algunos títulos son ampliamente conocidos por su exitoso modo multijugador online, como por ejemplo la saga Call of Duty de Activision.

Aunque el modo multijugador de un juego puede resultar muy parecido a su versión único jugador, en la práctica incluir el soporte de varios jugadores, ya sea online o no, tiene un profundo impacto en diseño de ciertos componentes del motor de juego, como por ejemplo el modelo de objetos del juego, el motor de renderizado, el módulo de entrada/salida o el sistema de animación de personajes, entre otros.

De hecho, una de las filosofías más utilizadas en el diseño y desarrollo de motores de juegos actuales consiste en tratar el modo de un único jugador como un caso particular del modo multijugador.

Por otra parte, el módulo de networking es el responsable de informar de la evolución del juego a los distintos actores o usuarios involucrados en el mismo mediante el envío de paquetes de información. Típicamente, dicha información

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

se transmite utilizando sockets. Con el objetivo de reducir la latencia del modo multijugador, especialmente a través de Internet, sólo se envía/recibe información relevante para el correcto funcionamiento de un juego. Por ejemplo, en el caso de los FPS, dicha información incluye típicamente la posición de los jugadores en cada momento, entre otros elementos.

4.2.11 Subsistema de juego

El subsistema de juego, conocido por su término en inglés *gameplay*, integra todos aquellos módulos relativos al funcionamiento interno del juego, es decir, aglutina tanto las propiedades del mundo virtual como la de los distintos personajes.

Por una parte, este subsistema permite la definición de las reglas que gobiernan el mundo virtual en el que se desarrolla el juego, como por ejemplo la necesidad de derrotar a un enemigo antes de enfrentarse a otro de mayor nivel.

Además, este subsistema también permite la definición de la mecánica del personaje, así como sus objetivos durante el juego.

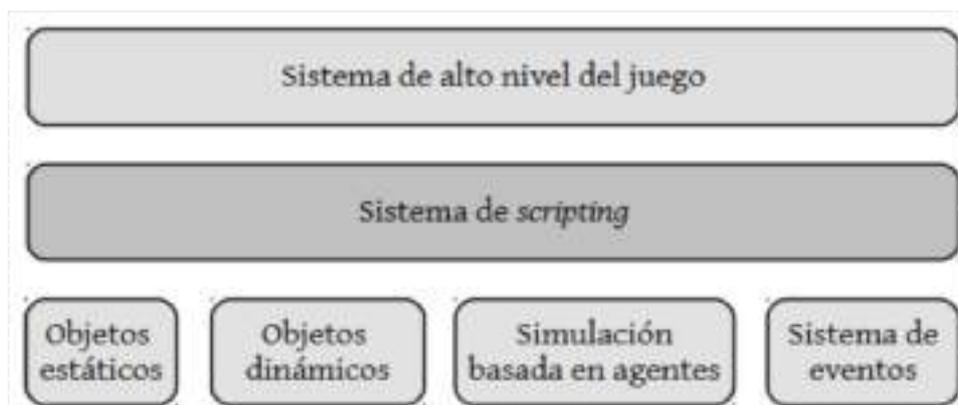


Figura 4.5: Visión conceptual de la arquitectura general del subsistema de juego. Esquema simplificado de la arquitectura discutida en [40].

Este subsistema sirve también como capa de aislamiento entre las capas de más bajo nivel, como por ejemplo la de rendering, y el propio funcionamiento del juego. Es decir, uno de los principales objetivos de diseño que se persiguen consiste en independizar la lógica del juego de la implementación subyacente. Por ello, en esta capa es bastante común encontrar algún tipo de sistema de

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

scripting o lenguaje de alto nivel para definir, por ejemplo, el comportamiento de los personajes que participan en el juego.

La capa relativa al subsistema de juego maneja conceptos como el mundo del juego, el cual se refiere a los distintos elementos que forman parte del mismo, ya sean estáticos o dinámicos. Los tipos de objetos que forman parte de ese mundo se suelen denominar modelo de objetos del juego [41]. Este modelo proporciona una simulación en tiempo real de esta colección heterogénea, incluyendo:

Elementos geométricos relativos a fondos estáticos, como por ejemplo edificios o carreteras.

- Cuerpos rígidos dinámicos, como por ejemplo rocas o sillas.
- El propio personaje principal.
- Los personajes no controlados por el usuario (NPCs).
- Cámaras y luces virtuales.
- Armas, proyectiles, vehículos, etc.

El modelo de objetos del juego está íntimamente ligado al modelo de objetos software y se puede entender como el conjunto de propiedades del lenguaje, políticas y convenciones utilizadas para implementar código utilizando una filosofía de orientación a objetos. Así mismo, este modelo está vinculado a cuestiones como el lenguaje de programación empleado o a la adopción de una política basada en el uso de patrones de diseño, entre otras.

En la capa de subsistema de juego se integra el sistema de eventos, cuya principal responsabilidad es la de dar soporte a la comunicación entre objetos, independientemente de su naturaleza y tipo. Un enfoque típico en el mundo de los videojuegos consiste en utilizar una arquitectura dirigida por eventos, en la que la principal entidad es el evento. Dicho evento consiste en una estructura de datos que contiene información relevante de manera que la comunicación está precisamente guiada por el contenido del evento, y no por el emisor o el receptor del mismo. Los objetos suelen implementar manejadores de eventos, *event handlers*, para tratarlos y actuar en consecuencia.

Por otra parte, el sistema de scripting permite modelar fácilmente la lógica del juego, como por ejemplo el comportamiento de los enemigos o NPCs, sin necesidad de volver a compilar para comprobar si dicho comportamiento es correcto o no. En algunos casos, los motores de juego pueden seguir en funcionamiento al mismo tiempo que se carga un nuevo script.

Finalmente, en la capa del subsistema de juego es posible encontrar algún módulo que proporcione funcionalidad añadida respecto al tratamiento de la IA, normalmente de los NPCs. Este tipo de módulos, cuya funcionalidad se suele

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

incluir en la propia capa de software específica del juego en lugar de integrarla en el propio motor, son cada vez más populares y permiten asignar comportamientos preestablecidos sin necesidad de programarlos. En este contexto, la simulación basada en agentes cobra especial relevancia[42].

Este tipo de módulos pueden incluir aspectos relativos a problemas clásicos de la IA, como por ejemplo la búsqueda de caminos óptimos entre dos puntos, conocida como *pathfinding*, y típicamente vinculada al uso de algoritmos A* [43].

Así mismo, también es posible hacer uso de información privilegiada para optimizar ciertas tareas, como por ejemplo la localización de entidades de interés para agilizar el cálculo de aspectos como la detección de colisiones

4.2.12 Audio

Tradicionalmente, el mundo del desarrollo de videojuegos siempre ha prestado más atención al componente gráfico. Sin embargo, el apartado sonoro también tiene una gran importancia para conseguir una inmersión total del usuario en el juego. Por ello, el motor de audio ha ido cobrando más y más relevancia.

Así mismo, la aparición de nuevos formatos de audio de alta definición y la popularidad de los sistemas de cine en casa han contribuido a esta evolución en el cada vez más relevante apartado sonoro.

Actualmente, al igual que ocurre con otros componentes de la arquitectura del motor de juego, es bastante común encontrar desarrollos listos para utilizarse e integrarse en el motor de juego, los cuales han sido realizados por compañías externas a la del propio motor.

No obstante, el apartado sonoro también requiere modificaciones que son específicas para el juego en cuestión, con el objetivo de obtener un alto grado de fidelidad y garantizar una buena experiencia desde el punto de vista auditivo.

4.2.13 Subsistemas específicos de juego

Por encima de la capa de subsistema de juego y otros componentes de más bajo nivel se sitúa la capa de subsistemas específicos de juego, en la que se

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

integran aquellos módulos responsables de ofrecer las características propias del juego.

En función del tipo de juego a desarrollar, en esta capa se situarán un mayor o menor número de módulos, como por ejemplo los relativos al sistema de cámaras virtuales, mecanismos de IA específicos de los personajes no controlados por el usuario (NPCs), aspectos de renderizados específicos del juego, de armas, puzzles, etc.

Idealmente, la línea que separa el motor de juego y el propio juego en cuestión estaría entre la capa de subsistema de juego y la capa de subsistemas específicos de juego.

4.3 Motores actuales y relevantes

Actualmente existe una lista muy amplia de motores para producir videojuegos, tanto 2D, como 3D, de pago y gratuitos, y que ofrecen mayor o menor compatibilidad con plataformas tanto para desarrollar como para las que producir videojuegos. Nombrarlos todos sería complicado, dada la cantidad, Wikipedia hace una lista con una gran cantidad de ellos clasificados por licencia.

Nosotros vamos a destacar y comparar los 3 motores más famosos para la producción de videojuegos actualmente. Estos son **Unreal Engine 4** de Epic Games, **Unity** de Unity Technologies, y **CryEngine** de Crytek.

4.3.1 Unreal Engine

Unreal Engine 4, abreviado **UE4**, tiene excelentes capacidades gráficas, incluyendo, entre otros aspectos, funcionalidades avanzadas de iluminación dinámica y un sistema de partículas que puede manejar hasta un millón de éstas en una escena a la vez. Es el motor líder en visualización realista, vegetación y creación de terrenos. Unreal Engine es adecuado para proyectos más grandes y no para el desarrollo de juegos móviles, aunque soporta iOS y Android support.

A pesar de que UE4 es el sucesor del UDK, *Unreal Development Kit*, el cambio de versión entre UDK y UE4 es realmente notorio. Cambios realizados con el objetivo de mejorar la facilidad de producción de videojuegos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Entre los cambios a destacar, uno de los principales es el lenguaje de scripting para el UE4, que en UDK era el lenguaje UnrealScript, y ahora ha sido completamente sustituido por C++ en UE4. Además, actualmente UE4 utiliza *Blueprints* para scripting gráfico. *Blueprints* son gráficos hechos de bloques conectados entre sí. Las colecciones crean ciertas lógicas que reemplaza a los scripts. La tecnología de renderizado es un gran beneficio, los efectos *post-process* son rápidos y soportan muchas características.

UE tiene un editor para la creación de materiales personalizados. Además proporciona excelentes herramientas para la optimización y la depuración visual. Por último, posee una versión avanzada de Kismet con la que se puede llegar a realizar por completo, un videojuego sin necesidad de programar en C++.

La licencia de UE4 solicita cobrar el 5% de las ganancias de un videojuego a partir de los primeros 3000 dólares americanos por cada cuatrimestre.

4.3.2 Unity

El motor **Unity** ofrece una amplia gama de características y una interfaz sencilla de entender. Además, posee un sistema de integración multiplataforma que permite exportar juegos para casi todas las plataformas existentes con solo presionar un botón, siendo actualmente la mejor opción para desarrollos 3D en plataformas Android, por sus herramientas de compresión que permiten que los videojuegos no sean especialmente pesados, y no consuman excesivos recursos.

Es el motor más usado del mundo. La primera versión fue lanzada en la conferencia de Apple en 2005 y dirigido únicamente al desarrollo de OS X. Desde entonces, Unity ha evolucionado y actualmente soporta 27 plataformas, incluyendo VR. La cualidad más importante de Unity es la facilidad de uso. Desarrollar en Unity es muy rápido, especialmente en plataformas móviles. Los proyectos y las *Builds* son pequeños, y el proceso de exportación es bastante simple. El componente *architecture* del motor es fácil de entender. Programar en C # es rápido y eficiente.

Unity tiene una gran comunidad; hay foros llenos de respuestas lo que facilita la depuración. También existe una tienda de *Assets* que es relativamente barata y contiene muchos *Assets* útiles. Sólo en cuanto a gráficos, Unity es un poco inferior en comparación con Unreal o CryEngine, no tiene buen soporte para el follaje y los terrenos.

El motor de juego es compatible con las principales aplicaciones de modelado y animación 3D, como 3ds Max, Maya, Softimage, Cinema 4D, y

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Blender, entre otros, lo cual se traduce en que soporta la lectura de archivos exportados con estos programas sin ofrecer ningún problema.

Como contra, Unity es un motor pago, a pesar de haber desbloqueado desde su versión 5.0 prácticamente todas las características que poseía antes exclusivamente la versión pro. En este aspecto, Unreal Engine 4 sale ganando al ser gratuito y ofrecer a cualquier persona que lo descargue, el 100% de todas las funcionalidades del motor, mientras que Unity sigue teniendo algunas de sus capacidades solo accesible con cuentas pagas, como por ejemplo: Analytics: Core Analytics, que permite la obtención de percepciones inmediatas del comportamiento de los jugadores en múltiples plataformas.

4.3.3 CryEngine

CryEngine es un motor considerablemente potente diseñado por la empresa Crytek, que se introdujo al mundo de los videojuegos con FarCry. Este motor ha sido diseñado para ser utilizado en consolas de sobremesa y PC, incluyendo la actual generación de Sony y Microsoft, es decir, PlayStation 4 y Xbox One.

Las capacidades gráficas de CryEngine se pueden equiparar a las de Unreal Engine 4, con excelente iluminación, física realista, sistemas avanzados de animación, etc. Además, al igual que UE4, el motor posee unas características de editor y diseño de niveles muy potentes. Por otro lado, a pesar de que CryEngine es un motor realmente potente, su curva de aprendizaje es un poco complicada para empezar a utilizarlo de manera productiva. Si no se pretende producir un juego de características visuales a nivel de triple A (producciones normalmente multimillonarias), no se suele recomendar su utilización.

CryEngine tiene una licencia de suscripción con costo 9.90€//\$ al mes. Para proyectos de gran envergadura es necesario ponerse en contacto con ellos para obtener una licencia que permita acceso al 100% del código del motor y a asistencia directa de Crytek.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

5. Realidad Aumentada.

5.1 Qué es realidad aumentada

Realidad Aumentada, **AR**, es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real.

AR también es la incorporación de datos e información digital en un entorno real, por medio del reconocimiento de patrones que se realiza mediante un software. En otras palabras, es una herramienta interactiva que está dando sus primeros pasos alrededor del mundo y alcanzando todas las disciplinas: videojuegos, medios masivos de comunicación, arquitectura, educación e incluso en la medicina, trayendo un mundo digital inimaginable a nuestro entorno real. Su gran diferencia con la realidad virtual, es que ésta nos extrae de nuestro entorno para llevarnos a una realidad paralela.

5.2 Como funciona la realidad aumentada

Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añaden una parte sintética virtual a lo real. Ésta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que une los datos informáticos y/o imágenes al mundo real. AR abarca tres principales características:

- *Inserción de imágenes virtuales en los entornos reales:* Integrar información en el ambiente real mediante objetos virtuales, ya sea mediante animaciones o imágenes estáticas sobre el video grabado del entorno mediante la cámara del dispositivo.
- *Reconocimiento de objetos en tercera dimensión:* Sobreponer información de los objetos en el entorno, colocándola de manera precisa, aplicando técnicas de reconocimiento de los elementos del ambiente.
- *Interactividad en tiempo real:* Característica que destaca a la AR, debido a que mientras el usuario interactúa con el entorno real, al mismo tiempo puede interactuar con los objetos virtuales. Con la ayuda de dispositivos, la

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

información sobre el mundo real alrededor del usuario es capturada y digitalizada.

Esta información sobre el medio ambiente y los objetos, puede ser almacenada y recuperada.

Para poder generar AR se necesita de una serie de elementos tales como:

- **Target:** contenedor que hará de marcador para que el sistema reconozca donde tiene que realizarse la aparición del contenido virtual.
- **Cámara:** será la encargada de reconocer el *Target* activando así la Realidad Aumentada.
- **Unidad de Proceso:** Encargada de procesar y gestionar los recursos para que la Realidad Aumentada funcione.

El tipo de AR más utilizada en la actualidad, sobre todo en dispositivos móviles, es el denominado basado en marcadores. Este sistema consiste en el uso de un *Target*, generalmente una imagen o un código que servirá de marcador para poder trazar usando la cámara del dispositivo donde tendrán que aparecer los elementos 3D generados mediante software.

Para realizar estos cálculos, el software tiene que interpretar el tamaño del marcador, y la distancia a la que se encuentra de la cámara, variando así los elementos que aparecen.

Hay otros sistemas de AR como la del posicionamiento de la persona mediante el uso de la localización. Con ello lo que se consigue es no tener un *Target* físico al que asociar la AR, sino que para ello utiliza coordenadas de longitud y latitud. Es un sistema útil para cuando se quiere tener una mayor flexibilidad y no depender de tener que escanear objetos. Un ejemplo de gran éxito de AR a través de localización es el juego “Pokemon GO” de la empresa Niantic.

5.3 Tecnologías de Realidad Aumentada

Es común que los programadores descarguen o adquieran un SDK y/o un IDE, *Integrated Development Environment*, que contenga un conjunto de herramientas de programación al momento de crear sus propias aplicaciones. Un SDK es un conjunto de instrumentos de programación específica de un lenguaje que permite a un programador desarrollar aplicaciones para una plataforma

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

determinada. Un SDK básico incluye un compilador, documentación acerca del lenguaje y la sintaxis, e instrucciones de instalación. Los más sofisticados también incluyen editor, un depurador, un módulo de diseño de interfaz visual, y las API's del lenguaje.

Un IDE es un tipo de SDK e incluyen un conjunto de herramientas de desarrollo en una aplicación de programación elegante. Los módulos de aplicación tienen un conjunto uniforme de menús y controles los cuales simplifican el proceso de programación.

A continuación, profundizaremos en los SDK's para trabajar con AR elegidos para el análisis comparativo.

5.3.1 Wikitude

En su sitio web, la empresa se define como "Wikitude es el proveedor de la tecnología de AR más importantes del mundo. Nuestra gama completa de la tecnología de AR incluye un motor de geo-basado AR, servicios de reconocimiento, seguimiento de imágenes y modelos 3D y capas de presentación. Esta tecnología central proporciona todos los componentes necesarios para crear experiencias de AR profundas y atractivas".

Características

Wikitude SDK, es la principal biblioteca que se utiliza para la aplicación de AR. Sobre la base de los lenguajes de programación conocidos: HTML5, JavaScript y CSS3, Wikitude reduce drásticamente el ciclo de vida del Time-to-Market², y elimina la necesidad de aprender nuevos lenguajes de programación. El avanzado motor de renderizado 3D incluido en la potente tecnología de Wikitude, ofrece a los desarrolladores la capacidad de satisfacer y superar incluso las expectativas de los clientes más exigentes.

Arquitectura

² Time-to-Market es el tiempo transcurrido desde que el producto es desarrollado hasta que esta disponible para su uso.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Wikitude posee una arquitectura basada en servicio, la cual genera una “capa” entre el mundo real y el dispositivo; dicha “capa” se denomina Architect Engine y está basado en HTML5 y JavaScript, y se encarga de la interacción y soporte multimedia.

Ciclo de Vida

El ciclo de vida de Wikitude viene dado por las siguientes cinco etapas:

1. Solicitar
2. Búsqueda de índice
3. Petición / Respuesta
4. Fusionar Resultados
5. Respuesta

Aplicaciones

Este SDK permite las siguientes aplicaciones:

- **Reconocimiento de escenas** (aumentar objetos grandes para juegos al aire libre, construcción, etc.).
- **Nuevo extended recording y tracking objects** (escanear y ver objetos aumentados más allá de los marcadores).
- **Objetivos instantáneos** (guardar y compartir aumentos instantáneos),
- **Vista previa en vivo de Unity** (función de vista AR en el editor de Unity para probar las funciones del SDK),
- **Soporte de Windows.**

5.3.2 Vuforia

Vuforia es un SDK de AR para smartphone u otro dispositivo móvil similar que permite ejecutar aplicaciones AR sobre un video en tiempo real obtenido de estos dispositivos. Este software utiliza las capacidades de *computer*

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

*vision technology*³ para reconocer y realizar el seguimiento individual de los objetos capturados por la cámara en tiempo real. Por otro lado, no todos los objetos serán detectados, y solo algunos objetos detectados pueden ser rastreados debido principalmente a la CPU y GPU del móvil.

La capacidad de Vuforia para registrar imágenes permite a los desarrolladores posicionar y orientar en el espacio los objetos virtuales, principalmente objetos 3D u otro tipo de recursos audiovisuales, en relación con imágenes o videos del mundo real cuando estos son vistos a través de la cámara de un smartphone. El objeto virtual puede rastrear la posición y orientación de la imagen real en tiempo real, de modo que la perspectiva del espectador sobre el objeto corresponda con su perspectiva sobre el target del mundo real. De esta manera, el objeto u objetos virtuales aparecen como si fueran otros objetos del mundo real.

El SDK de Vuforia admite diferentes tipos de targets, tanto 2D como 3D, incluyendo configuraciones de *multi-targets*, *image targets* sin marcadores y *frame markers*. El SDK tiene otras características adicionales como detecciones de oclusión localizadas mediante botones virtuales, selección de *image target* en tiempo real y la capacidad de reconfigurar y crear conjuntos de *target* según el escenario.

El SDK admite el desarrollo nativo para iOS y Android, al mismo tiempo permite el desarrollo de aplicaciones AR en Unity que son fácilmente portables a ambas plataformas. Las aplicaciones de AR desarrolladas con Vuforia son por lo tanto compatible con una amplia gama de dispositivos móviles, incluido el iPhone (4, 4S y 5), iPad y teléfonos y tabletas Android con versión de sistema operativo Android 2.2 o superior y un procesador ARM v6 o 7 con capacidades de procesamiento FPU.

Características

El SDK de Vuforia admite una gran variedad de objetos como textos, imágenes, objetos simples 3D, marcadores, etcétera. Además, presenta el servicio de reconocimiento de la nube Vuforia, que aprovecha el poder de la nube para darle flexibilidad y escalabilidad a aplicaciones con varias imágenes a reconocer. También se pueden crear aplicaciones de botones virtuales, efectos de fondos y reproducción de videos.

³ Computer Vision Technology: es la ciencia y tecnología de las máquinas que ven. Como una disciplina científica, computer vision se relaciona con la teoría y tecnología para construir sistemas artificiales que obtienen información de imágenes o de datos multidimensionales.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Arquitectura

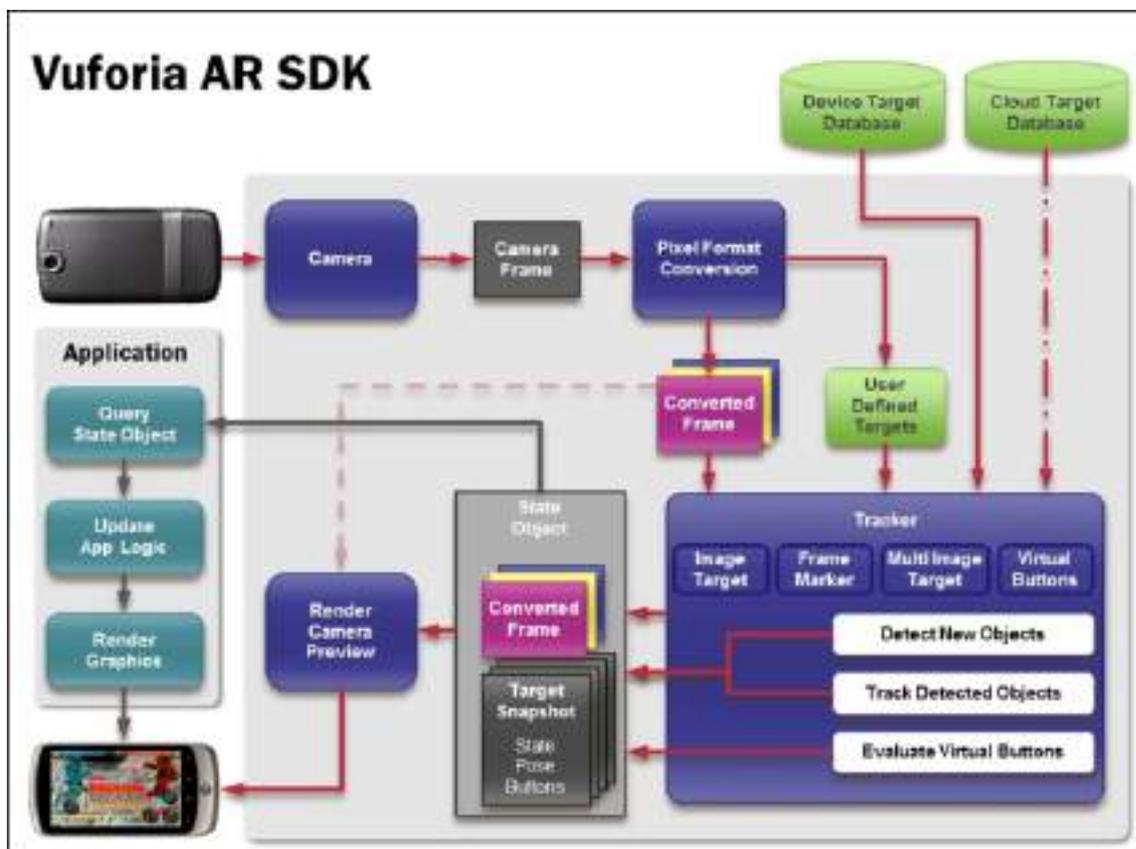


Figura 5.1: Diagrama de flujo de datos del SDK Vuforia en una aplicación. (Fuente: www.desarrollolibre.net)

Los componentes principales de una aplicación basada en el SDK de Vuforia son:

- **Cámara:** La cámara garantiza que cada frame de vista previa se capture y pase de manera eficiente al *tracker*. El desarrollador solo tiene que decirle a la cámara cuándo debe comenzar y detenerse la captura. El frame de la cámara se entrega automáticamente en un formato y tamaño de imagen que depende del dispositivo.
- **Base de datos:** La base de datos del dispositivo es creada utilizando el Target Management System; ya sea la base de datos local o la base de datos en la nube, almacena una colección de Targets para ser reconocidos por el Tracker.
- **Image Converter:** el convertidor de formato de píxeles convierte el formato de la cámara a un formato adecuado para el renderizado de

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

OpenGL ES ⁴ y para el rastreo (por ejemplo, luminancia). Esta conversión también incluye muestreo por reducción para tener la imagen de la cámara en diferentes resoluciones disponibles en la pila de frames convertidos.

- **Tracker:** El *tracker* contiene los algoritmos de *computer vision* que detectan y rastrean objetos del mundo real en frames de la cámara. Basado en la imagen de la cámara, diferentes algoritmos se encargan de detectar nuevos *targets* o marcadores y evaluar botones virtuales. Los resultados se almacenan en un *state object* que es usado por el *Video Background Renderer* y se puede acceder desde el código de la aplicación. El *tracker* puede cargar múltiples conjuntos de datos, pero solo uno puede estar activo a la vez.
- **Video Background Renderer:** El Video Background Renderer renderiza la imagen de la cámara almacenada en el state object. El rendimiento del video background renderer está optimizado para dispositivos específicos.
- **Application Code:** Los desarrolladores de aplicaciones deben inicializar todos los componentes anteriores y realizar tres pasos clave en el código de la aplicación. Por cada frame procesado, el state object es actualizado y se llama al método de renderizado de las aplicaciones. El desarrollador de la aplicación debe:
 - Consultar el state object por nuevos targets detectados, marcadores o actualizaciones de estados de estos elementos.
 - Actualizar la lógica de la aplicación con los nuevos datos de entrada.
 - Renderizar los gráficos aumentados.

Aplicaciones:

- La detección de varios tipos de etiquetas (incluyendo objetos, imágenes y textos en inglés).
- Rastreo de targets.
- Reconocimiento 2D y 3D.
- Vuforia Model Targets: introduce el reconocimiento de objetos por forma, a diferencia de los diseños de medios visuales impresos. Esto ayudará a

⁴ OpenGL for Embedded Systems

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

rastrear imágenes, objetos escaneados, marcas especiales (codificadas), texto y superficies.

- Botones virtuales.
- Mapeamiento de elementos adicionales vía OpenGL.
- Vuforia Ground Plane: una función para el motor Unity que permite colocar el contenido aumentado en el suelo o en las superficies. Ayuda a crear aplicaciones y diseños visuales de alta calidad.
- Seguimiento extendido, capacidad que muestra continuas experiencias visuales incluso cuando el target está fuera de vista.

ARKit

ARKit, que está presente en el iOS, permite crear fácilmente experiencias de AR para iPhone y iPad. ARKit consiste en unir objetos digitales con la información que posee del entorno en el que te encuentres. Esto dará una sensación de interacción con el mundo real llevando la utilidad de las aplicaciones móviles a un nivel más alto. El uso de la cámara será vital para sacar el mayor provecho a ARKit. Este, podrá detectar planos horizontales como tablas y pisos. También, utilizará sensores de luz para poder aplicar la cantidad apropiada a los objetos virtuales.

ARCore

ARCore es un kit de desarrollo de software desarrollado por Google que permite la creación de aplicaciones AR para Android. ARCore usa tres tecnologías clave para integrar contenido virtual con el mundo real que se ve a través de la cámara del teléfono:

- El seguimiento de movimiento permite que el teléfono entienda y rastree su posición en relación con el mundo.
- La comprensión ambiental permite que el teléfono detecte el tamaño y la ubicación de superficies horizontales planas como el suelo o una mesa de café.
- La estimación de luz permite al teléfono estimar las condiciones de iluminación actuales del entorno.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Vuforia Fusion

Vuforia Fusion es una capacidad, introducida con Vuforia Engine 7, que está diseñada para proporcionar la mejor experiencia de AR posible en una amplia gama de dispositivos.

Fusion resuelve el problema de la fragmentación en las tecnologías de activación de AR, incluidas cámaras, sensores, conjuntos de chips y de frameworks como ARKit y ARCore. Detecta las capacidades del dispositivo subyacente y las fusiona con las características de Vuforia Engine, lo que permite a los desarrolladores confiar en una única API de Vuforia Engine para una experiencia AR óptima.

Vuforia Fusion ofrece funciones avanzadas de Vuforia Engine para dispositivos compatibles con ARKit y ARCore, además de otros 100 modelos de dispositivos Android y iOS.

5.3.3 ARToolKit

ARToolKit es una biblioteca de funciones para el desarrollo rápido de aplicaciones de AR. Fue escrita originalmente en C por H. Kato, y mantenida por el HIT Lab de la Universidad de Washington, y el HIT Lab NZ de la Universidad de Canterbury (Nueva Zelanda).

ARToolKit facilita el problema del registro de la cámara empleando métodos de visión por computador, de forma que obtiene el posicionamiento relativo de 6 grados de libertad haciendo el seguimiento de marcadores cuadrados en tiempo real, incluso en dispositivos de baja capacidad de cómputo.

Características

Tracking de una cámara. ARToolKit en su versión básica soporta de forma nativa el tracking de una cámara, aunque puede utilizarse para tracking multi-cámara (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.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

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 smartphones (Andorid, iPhone, PDAs...).

Comunidad Activa: A través de los foros 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.

Ciclo de Vida

El ciclo de desarrollo puede resumirse en tres grandes etapas:

1. Inicialización: consiste en leer los parámetros asociados a la cámara y la descripción de las marcas que se van a utilizar.
2. Bucle Principal (Main Loop): es la etapa principal y está formada por un conjunto de subetapas que veremos a continuación.
3. Finalización: libera los recursos requeridos por la aplicación.

La etapa del Bucle Principal está formada por 4 subetapas funcionales que se realizan repetidamente hasta que el usuario decide finalizar la aplicación:

1. Captura. Se obtiene un frame de la cámara de vídeo.
2. Detección. Se identifican las marcas en el frame anterior.
3. Transformación. Se calcula la posición relativa entre las marcas detectadas y la cámara física.
4. Dibujado. Se dibujan los objetos virtuales situando la cámara virtual en la posición relativa anteriormente calculada.

Arquitectura

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

ARToolKit está formado por tres módulos:

Video: 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 en el archivo de cabecera video.h.

AR: Este módulo principal contiene las funciones principales de tracking de marcas, calibración y estructuras de datos requeridas por estos métodos. Los archivos de cabecera ar.h, arMulti.h (subrutinas para gestión multi-patrón) 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 archivos de cabecera gsub.h, gsub_lite.h y gsubUtil.h.

Estos módulos están totalmente desacoplados, de forma que es posible utilizar ARToolKit sin necesidad de emplear los métodos de captura de vídeo del primer módulo, o sin emplear los módulos de representación Gsub o Gsub_Lite

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

6. Descripción del problema. Hipótesis de trabajo.

Hoy en día, existen muchos museos que todavía tienden a optar por presentar sus exhibiciones con metodologías tradicionales como la exposición de ejemplares o réplicas, el uso de cartelería y/o la reproducción de material audio visual.

Estas metodologías son limitadas al momento de transmitir al público determinados conceptos que son, o muy complejos o muy abstraídos de la realidad cotidiana como para entenderlos sin tener un conocimiento o afinidad por el tema.

Otro problema asociado a estas metodologías es la dificultad para captar y/o mantener el interés y la atención del visitante contemporáneo en el tema expuesto, siendo estos aspectos importantes para definir el grado de dificultad con el que un contenido se aprende.

En el caso del museo de Ciencias Naturales de La Plata toda la planta baja está dedicado al aprendizaje sobre las distintas eras geológicas, los fenómenos que se sucedieron en cada una de ellas, la flora y la fauna de las distintas eras y como se dio la transición entre ellas.

Pese a que ciertos temas interesantes y básicos, como los animales de cada era o la extinción de los dinosaurios son fáciles de aprender y retener, temas importantes y complejos como la transformación de la superficie terrestre (movimiento de placas tectónicas), la aparición del oxígeno, la cadena de la evolución, el transcurso del tiempo en cada era y otros son mucho más difíciles de abordar y explicar de manera exitosa al visitante.

Lo complejo de estos temas hace que no se consiga un resultado exitoso al momento de exponerlos con las típicas metodologías tradicionales. Esto se debe a que éstas son limitadas en aspectos como expresividad y/o claridad de comunicación. Como consecuencia al querer abordar un tema complejo con una metodología tradicional se necesita que el resultado sea tan complejo como el tema, produciendo un aumento en el costo requerido tanto económico como de personal para generarlo y mantenerlo.

El museo al momento de abordar una solución para esta problemática ha creado para sus salas experiencias didácticas simples. Ejemplos de éstas son: la pantalla táctil que se puede encontrar en la sala de La Tierra, una historia de cambios, la cual le propone al visitante un simple juego de preguntas y respuestas sobre el movimiento de placas tectónicas y temas que se abordan en esa sala. Una botonera en la sala de Tiempo y Materia, laberintos de la evolución, la cual tiene un botón asignado a cada elemento de la tabla periódica y un panel con dibujos

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

de cosas que se componen de esos elementos, al presionarse un botón se enciende una luz al lado de alguno de los objetos.

Pese a los esfuerzos, los resultados no han sido satisfactorios. Estas actividades didácticas, aunque mejoran la experiencia del visitante y su comprensión del tema, son difíciles y costosas de mantener y actualizar, haciendo que sean muy difíciles de mantener en el tiempo.

Una alternativa al momento de abordar un tema complejo es usar las nuevas tecnologías para comunicarse con el público, más específicamente las tecnologías móviles.

En esta tesis se propone el desarrollo de una aplicación con **Realidad Aumentada** como alternativa a las metodologías de exposición tradicionales. Se aplicarán aspectos de diseño de videojuegos, para obtener una aplicación atrayente y divertida la cual logre transmitir el conocimiento deseado por el museo. Se espera que al final del recorrido por las salas el visitante comprenda y retenga los temas abarcados por la aplicación, y que haya disfrutado de la experiencia de la visita al museo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

7. Propuesta de solución

7.1 Introducción

Hasta este momento se ha descrito el marco teórico necesario para entender el juego serio a desarrollar. En este capítulo se utilizarán los conceptos de los capítulos anteriores para contar y explicar el proceso que dio como resultado **Sinfonía Terrestre**.

Para emprender la realización de un videojuego, es necesario considerar dos cuestiones fundamentales: *sobre qué tratará el juego, y qué tipo de juego se quiere implementar*. La primera cuestión hace referencia a la temática del juego, es decir, en qué entorno estará ambientado, quiénes serán sus protagonistas y qué historia se quiere contar. La segunda cuestión, se relaciona con el género del juego y las mecánicas que presentará. Al hablar de mecánicas, se hace referencia al conjunto de acciones o formas de juego permitidas por las reglas, que guían el comportamiento del jugador, creando interacciones [44].

En algunos desarrollos, la elección del tipo de juego surgirá primero y la temática después. En estos casos, primero se tiene la estructura básica del juego, y después la misma es revestida por una historia o tema en particular. Esta estructura base, podrá ser ajustada para adaptarse a distintas temáticas, buscando la más adecuada según las características del proyecto en cuestión.

En el caso de **Sinfonía**, diminutivo que usaremos para referirnos a **Sinfonía Terrestre**, el videojuego serio a desarrollar, al ser un juego educativo, ocurre lo inverso. Primero se tiene la temática que se pretende transmitir, y sobre esta temática se escoge el género de juego y las mecánicas que mejor se adapten a la transmisión del contenido.

7.2 Temática del juego

Sinfonía es un juego desarrollado para el Museo de Ciencias Naturales de La Plata, más específicamente para la planta baja del museo. Esta área se encarga de transmitir todo lo referente al origen y evolución de la tierra y la vida en ella, pasando por las distintas eras geológicas: el Período Precámbrico, la Era Paleozoica, la era Mesozoica, la Era Cenozoica hasta la actualidad.

La planta baja se divide en varias salas. Cada una abarca distintos conceptos de la temática ya mencionada. El recorrido sigue un orden cronológico

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

desde el origen de la tierra, pasando por las distintas Eras hasta llegar a lo que es la vida sobre la Tierra hoy en día.

Comienza por la Sala 1: La Tierra, una historia de cambios, sigue por la Sala 2: Tiempo y Materia, laberintos de la evolución, Sala 3: Paleontología-Paleozoico, Sala 4: Paleontología-Mesozoico, Sala 5: Paleontología-Cenozoica, Sala 6: Zoología Invertebrados, Sala 7: Zoología Vertebrados terrestres y acuáticos, terminando en la Sala 8: Zoología Sala Histórica.

Sinfonía abordará la temática del origen y evolución de la tierra y la vida en ella. Como se puede ver esta temática es muy compleja y amplia, a tal punto que el museo las divide en sub-temas para abordarlas en distintas salas.

Todas las salas se componen de exposiciones permanentes, denominadas así por ser exhibiciones diarias de las piezas propias del museo que permanecen abiertas al público por tiempo indefinido.

Cada una de las salas se basa en un esquema escrito que organiza, de forma sencilla, ordenada, precisa y directa, las obras, así como los paneles y gráficos que deben ser usados en la exposición. Por otra parte, da una idea clara de cómo debe ser tratado el tema. Este esquema escrito también nos especifica el recorrido que se propone realizar al público, la iluminación de las obras y/o objetos, y el ambiente en general, el color de las paredes, etc. A estos esquemas se los denomina guiones museográficos.

Todas las salas están compuestas de:

- Piezas de colección en exhibición, elementos centrales de las salas, estratégicamente ubicadas en pedestales o en vitrinas.
- Textos de apoyo que tienen la función de explicar, describir e ilustrar las ideas y conceptos que se quieren transmitir. Estos se utilizan al principio de una exposición para presentarla, e igualmente al comienzo de los temas que la componen para introducirlos y explicar algunas cosas en relación con los objetos exhibidos. La información que contienen debe ser presentada de lo general a lo particular, lo que resulta en el manejo de diferentes niveles de profundidad y detalle. Sus contenidos deben ser claros y concisos para permitir la comprensión por parte de los diferentes públicos: niños, estudiantes, adultos y especialistas.
- Experiencias didácticas dedicadas a ayudar a transmitir ciertos conceptos difíciles de inculcar solo con piezas y textos de apoyo.

El diseño de las salas debe ser muy riguroso, e implica inversiones considerables, para garantizar su duración en el tiempo. La investigación y el alto costo del montaje de un guión para una exposición de este tipo, determinan que su vigencia debe estar entre 8 y 10 años. Por esto la necesidad de crear un montaje adecuado en cuanto a su comunicación, conservación de las piezas expuestas,

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

necesidades interactivas y de tecnología para permitir el deleite del público a muy largo plazo.

Como puede verse, la temática que aborda el juego es compleja.

Al desarrollar un juego serio, la elección del género o tipo de juego, debe siempre realizarse en función de los propósitos de éste, sus destinatarios y el lugar en el que será jugado.

La temática del origen y evolución de la tierra y la vida en ella es amplia y puede ser abordada desde distintos puntos de vista. En el caso de este juego, el propósito más inmediato es acercar a los niños que lo jueguen a temas expuestos en las salas que, en general, son difíciles de entender o son vistos como algo tedioso.

Para evitar esta concepción, el tipo de juego elegido, debía ser alguno al que los niños estuvieran habituados y les despertara desde un primer momento deseos de jugar.

El contenido a transmitir, que involucra aspectos de historia y ciencia, debería poder irse desprendiendo de manera incremental a medida que el jugador se involucre más y más con el juego,. Si la carga de información fuera demasiado elevada en un principio, los niños probablemente abandonarían el juego rápidamente.

7.3 Género del juego

Con el fin de encontrar el género del juego que mejor se adapte a las condiciones particulares de este desafío/proyecto se investigaron diversos juegos de AR en museos. Se estudiaron sus características y particularidades de manera de identificar aquellos aspectos que hicieron que tuvieran éxito en su cometido de educar al visitante.

Los que más influyeron en mi propuesta se detallan brevemente a continuación.

Soldados de Terracota: El Instituto Franklin usó AR en su exhibición temporal de los soldados de terracota. La aplicación permite a los visitantes usar sus teléfonos para escanear objetos y visualizar contenido aumentado para aprender más sobre la intrigante historia detrás de los soldados de arcilla. La exhibición que casi 1500 metros cuadrados que contenía diez de los soldados en tamaño real y más de 160 de los artefactos que permanecieron escondidos por más de 2.200 años, hacía uso de AR para agregar contenido interactivo que permitiera al visitante comprender mejor los misterios de los soldados de

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

terracota, incluyendo su deterioro, descubrimiento, arqueología, historia, y preservación del contenido encontrado en el lugar de descanso del primer emperador chino *Qin Shihuangdi* [45].

La aplicación muestra representaciones de cómo se predice que las esculturas se veían hace más de 2000 años. La aplicación también usa AR para mostrar modelos 3D de las armas y artefactos usados por las antiguas estatuas. Además la aplicación posee modelos 3D de los soldados con la capacidad de moverse, permitiendo al visitante crear su propio ejército en cualquier espacio. Puede sacarse una captura de pantalla del ejército para ser compartida por las redes sociales.



Figura 7.1: Muestra Soldados de Terracota. Museo Franklin.

(Fuente: [45])



Figura 7.2: Muestra Soldados de Terracota. Museo Franklin.

(Fuente: [45])

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

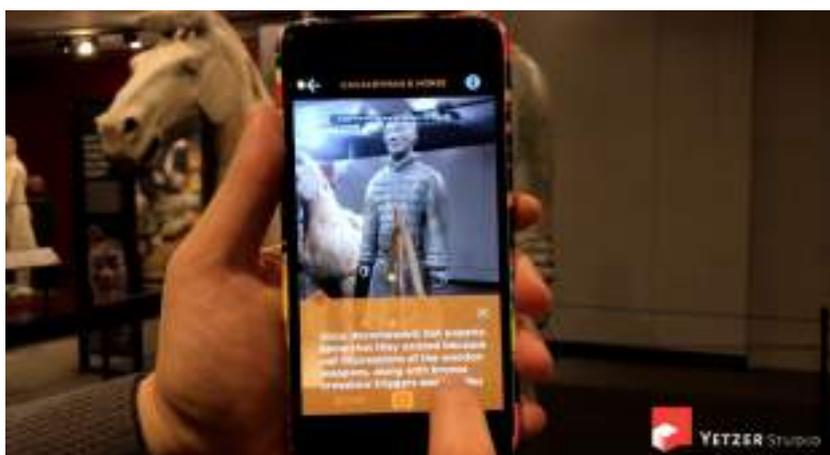


Figura 7.3: Muestra Soldados de Terracota. Museo Franklin.
(Fuente: [45])

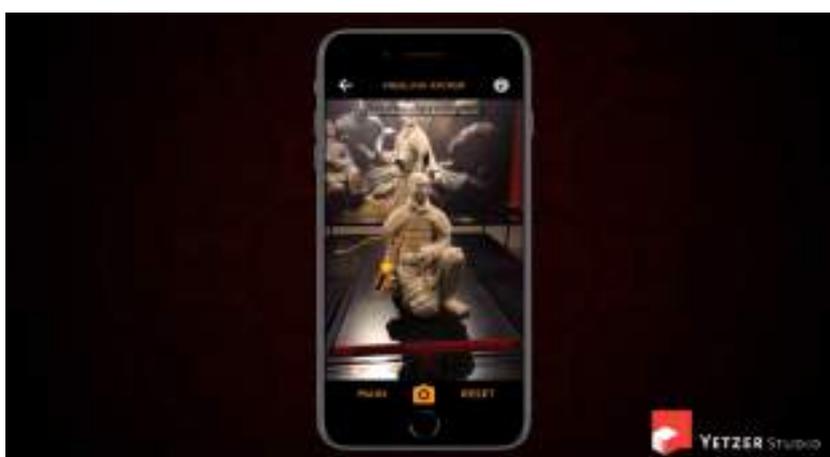


Figura 7.4: Muestra Soldados de Terracota. Museo Franklin.
(Fuente: [45])



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

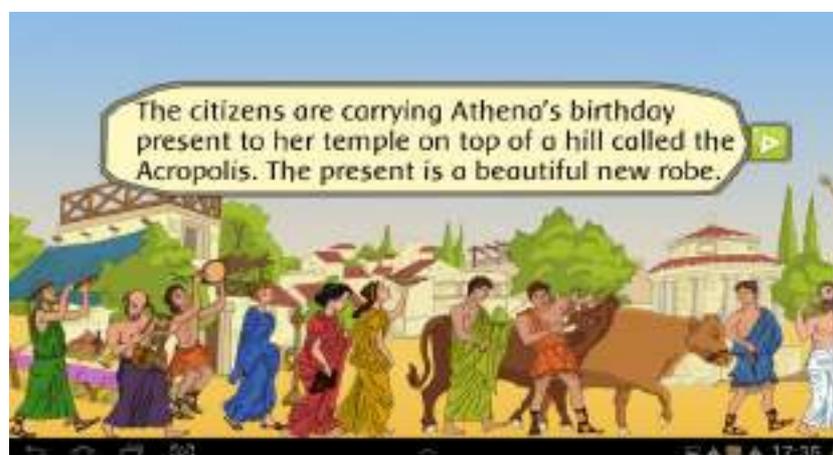
Figura 7.5: Muestra Soldados de Terracota. Museo Franklin.

(Fuente: [45])

A Gift for Athena: A Gift for Athena es un juego móvil de realidad aumentada para la galería del Partenón del Museo Británico. Los jugadores están invitados a participar en la procesión alrededor de la Acrópolis para celebrar el cumpleaños de Athena. En la animación de apertura, se les presenta una túnica especial que debe llevarse a uno de los templos de la Acrópolis. En el camino, pasan por el Partenón. Boreas, dios del viento, roba traviesamente la túnica y los jugadores tienen que completar una serie de desafíos para recuperarla. Los desafíos implican encontrar esculturas, resolver acertijos y jugar minijuegos. Cada conjunto de desafíos examina una parte diferente del Partenón. Después de completar los desafíos, se muestra a los niños, cómo las esculturas que miraron en la galería encajan en el edificio en su conjunto.



Figura 7.6: Juego Gift forAthena. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 7.7: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

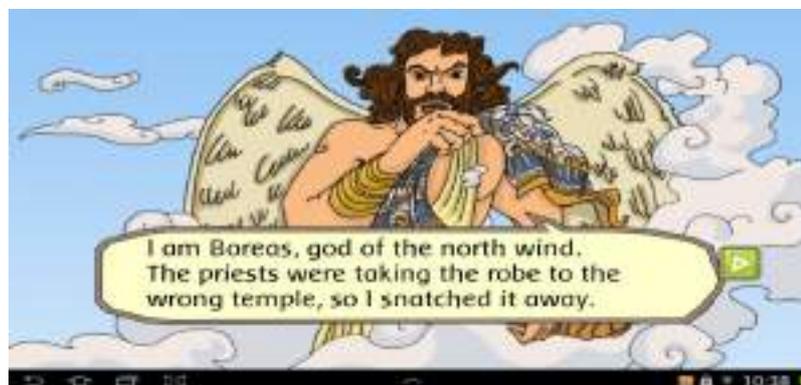


Figura 7.8: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

El juego aprovecha las fortalezas de AR para alentar a los jugadores a descubrir aspectos de las esculturas del Partenón que son difíciles de ver. Las primeras pruebas del juego revelaron que los niños tenían problemas para diferenciar los elementos de las esculturas porque eran de color uniforme y estaban muy dañados en algunos lugares. Dos de los desafíos del juego abordan esa dificultad y apoyan la exploración visual de las esculturas por parte de los jugadores a través de una combinación ideal de objetivos de aprendizaje con interacción digital. El desafío de la Silueta muestra un contorno vacío en la pantalla. Los jugadores combinan el contorno con una escultura en la galería. Cuando encuentran una coincidencia, son recompensado con una animación y una explicación de lo que han encontrado. Esta actividad los alienta a prestar atención a la forma, el tamaño y el volumen de las esculturas, que fueron diseñadas para encajar en el frontón triangular del edificio.



Figura 7.9: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 7.10: Juego Gift for Athena. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])



Figura 7.11: Juego Gift for Athena. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

El desafío de Coleccionar pide a los jugadores que encuentren diferentes elementos en el friso del Partenón. Las pistas en forma de dibujos lineales se muestran junto con una descripción de texto del artículo. Luego, los niños tienen que encontrar el artículo y escanearlo para confirmar que es el que están buscando. Si es correcto, una versión reconstruida del mismo se superpone sobre el original (a menudo dañado). Es el equivalente de la reconstrucción en tiempo real.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 7.12: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

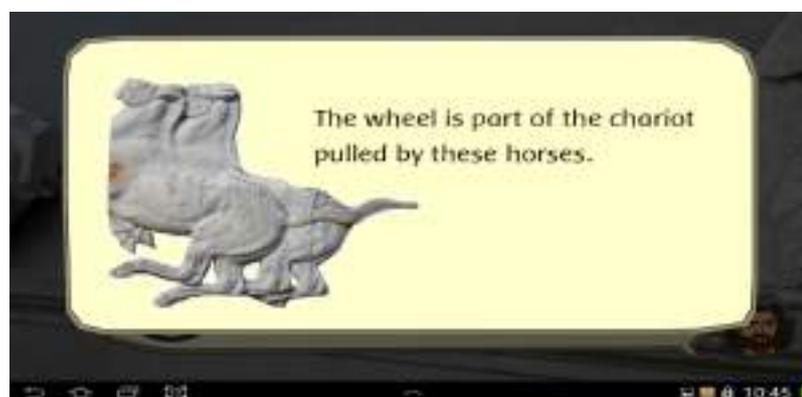


Figura 7.13: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

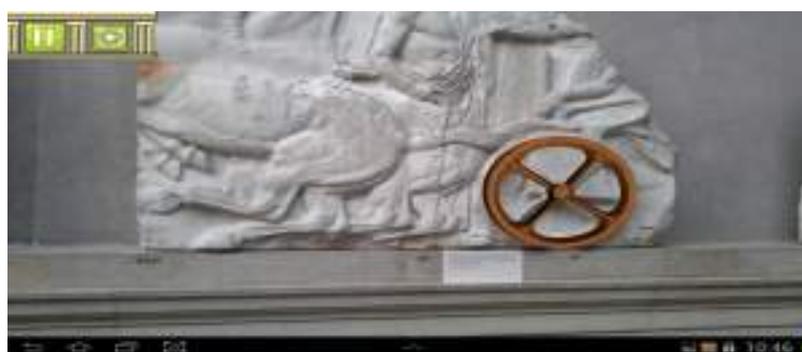


Figura 7.14: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

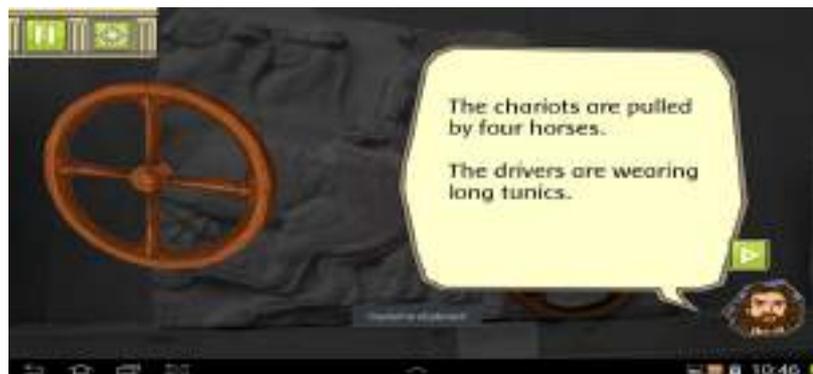
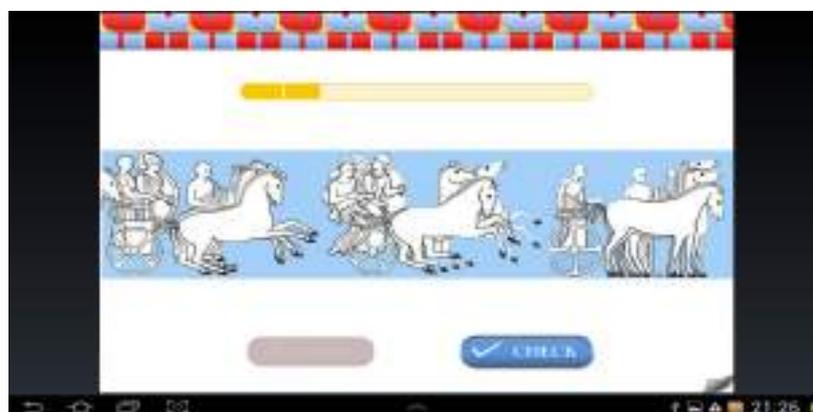


Figura 7.15: Juego Gift forAthena. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

La tecnología detrás de **A Gift for Athena** incluye un motor AR patentado que hace un seguimiento de objetos físicos. Muchas empresas y plataformas de AR hacen bien el reconocimiento 2D. Pueden usar con éxito imágenes 2D como disparadores de contenido, pero pocas pueden usar objetos 3D de la misma manera. El hecho de que el juego pueda reconocer sólidamente cuando los visitantes están mirando esculturas 3D específicas en una galería ocupada y con condiciones de luz variables es un verdadero logro técnico.

A Gift for Athena fue el primer producto digital del museo que se desarrolló a través de un enfoque esbelto. Al diseño final se llegó a través de extensas pruebas de usuario y múltiples iteraciones con prototipos. Hubo tres rondas de evaluación con 250 niños. La primera prueba se basó en una versión en papel del juego, seguido de un simple prototipo digital y, finalmente, versiones alfa y beta del juego terminado.

La figura a continuación muestra un prototipo temprano que arrojó información importante sobre la forma en que las pistas visuales funcionaban para ayudar a los jugadores a encontrar los objetos en las actividades.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 7.16: Juego Gift forAthenea. Galería del Partenón del Museo Británico. (Fuente: [46])

En la medida de lo posible, las características de la aplicación se basaron en los comentarios de los jugadores. La aparición de Athena al final del juego felicitando a los niños por sus esfuerzos fue algo que funcionó consistentemente bien en las pruebas. Los jóvenes jugadores apreciaron que un personaje como Athena, a quien reconocieron, les felicitara. En entrevistas, los niños dijeron que este refuerzo positivo era satisfactorio. Sobre esta base, se le dio más énfasis al final del juego [46].

Story of the Forest: El Museo Nacional de Singapur tiene actualmente una exhibición inmersiva llamada **Story of the Forest**. La exposición se centra en 69 imágenes de la Colección William Farquhar de Dibujos de Historia Natural. Estos se han convertido en animaciones tridimensionales con las que los visitantes pueden interactuar. La pieza digital, que mide 15 m de altura y 170 m de largo. Imita las densas selvas tropicales del sudeste asiático. Los visitantes descargan una aplicación y luego pueden usar la cámara en su teléfono o tableta para explorar las pinturas. La instalación utiliza tecnología para proporcionar una experiencia de aprendizaje. Al igual que Pokémon Go, los visitantes pueden "cazar" y "atrapar" artículos. En este caso, estos artículos son las plantas y los animales dentro de las pinturas. Entonces pueden agregarlos a su propia colección virtual mientras caminan por el museo. La aplicación muestra más información sobre ellos una vez que se han recopilado. Los usuarios pueden aprender hechos como el hábitat, la dieta y cuán raras son las especies. La Colección William Farquhar de Dibujos de Historia Natural es una de las colecciones más importantes del museo. Creado por el colectivo japonés de arte digital teamLab, este proyecto de AR da vida a los dibujos. Comenzando en la parte superior de la estructura de tres pisos, los visitantes ingresan a través de una habitación oscura que proyecta pétalos que caen a través del techo, antes de caminar por un camino en espiral de 144 metros con animales corriendo por el bosque intrincadamente diseñado. La exposición termina en una sala lloviendo pétalos. A medida que los visitantes se acercan a los pétalos, brotan de inmediato, creciendo en segundos árboles altísimos. El público puede interactuar y explorar las imágenes de una manera nueva y emocionante.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 7.17: Captura de pantalla Story of the Forest. National Museum of Singapore. (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=OMv92Dpcgfl>)



Figura 7.18: Captura de pantalla Story of the Forest. National Museum of Singapore. (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=OMv92Dpcgfl>)



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 7.19: Captura de pantalla Story of the Forest. National Museum of Singapore. (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=OMv92Dpcgfl>)



Figura 7.20: Captura de pantalla Story of the Forest. National Museum of Singapore. (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=OMv92Dpcgfl>)

En función de los casos estudiados y con el fin de que **Sinfonía** resulte atractivo para todos y se ajuste de la mejor manera posible a las características del museo y más específicamente a las salas afectadas, se optó por desarrollar *un juego basado en el género de rol y minijuegos*. Los jugadores tomarán el papel de un arqueólogo y geólogo y a medida que avancen por las distintas salas del museo irán jugando minijuegos con el fin de revelar un tesoro al final de la visita.

7.4 Framework MDA (Mecánicas/Dinámica/Estética)

Cuando se diseña un juego se piensa inevitablemente en los jugadores, en cómo jugarán, cómo interactuarán, como se divertirán, cómo consumirán ese juego. El framework **MDA** (*Mechanics/Dynamics/Aesthetics*) propuesto por LeBlanc, Hunicke y Zabek, es una herramienta que intenta acortar la brecha entre el diseño y el desarrollo de juegos, entre las críticas a los juegos, y el estudio técnico de juegos y ayuda a comprender las partes involucradas en el diseño de un juego[47]. Este framework divide el diseño en tres aspectos:

- **Mecánicas:** describe los componentes principales del juego a nivel de representación de datos y algoritmos. Este aspecto se asocia a las “reglas del juego”.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

- **Dinámicas:** describe los comportamientos que ocurren al momento de jugar, basados en las mecánicas y dependientes de las acciones efectuadas por el jugador y su respuesta a lo largo del tiempo. Este aspecto se refiere al “sistema de interacciones” que se crea al momento de jugar un juego.
- **Estéticas:** Describe las emociones que se espera evocar en el jugador cuando interactúe con el juego. Este último aspecto se asocia al concepto de “diversión”.

El diseño de la experiencia de juego utilizando el enfoque formal MDA, consiste en un proceso iterativo que tiene su base en reconocer a los juegos como sistemas dinámicos. Estas tres capas de abstracción permiten conceptualizar la forma en que se interactúa con los juegos y a partir de este análisis comprender qué cambios realizar para obtener los resultados deseados. Estos cambios, siempre serán cambios en las mecánicas del juego, que es el único aspecto que puede ser directamente modificado y controlado. Es decir, lo que se busca es crear pequeños prototipos de partes de las mecánicas del juego para ponerlas a prueba rápidamente y ver que impacto y que emociones y sensaciones provocan en el jugador en el momento de interactuar con ellas. Esta metodología permite volver a iterar sobre el mismo prototipo y así ir puliendo tanto unos aspectos como otros haciendo que el diseño del juego sea mucho más homogéneo.

Desde la perspectiva del diseñador, la mecánica da lugar al comportamiento dinámico, que a su vez conduce a experiencias estéticas particulares.

Desde la perspectiva del jugador, la estética establece la experiencia de juego, que nace de dinámicas observables y, finalmente de mecánicas operables.

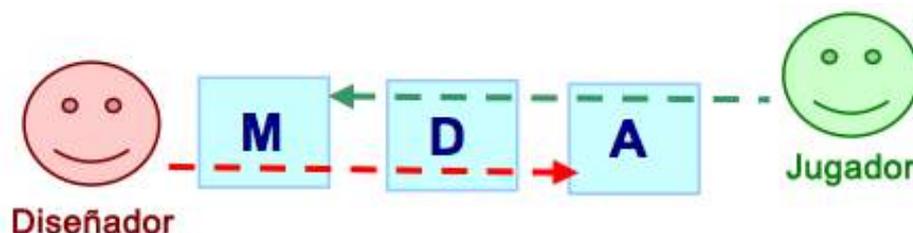


Figura 7.21: Direccionalidad del diseño MDA. (Fuente: [47])

Al trabajar con juegos, es útil tener en cuenta las perspectivas del diseñador y del jugador. Esto nos ayuda a observar cómo incluso pequeños cambios en una capa pueden repercutir en cascada en otras. Además, pensar en

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

el jugador fomenta el diseño basado en la experiencia (en oposición al diseño basado en características).

Como tal, comenzamos nuestra descripción de **Sinfonía** con una discusión sobre su estética, continuando con su dinámica, y terminando con las mecánicas subyacentes.

7.4.1 Estética

El aspecto "Estéticas" del framework MDA, hace referencia a las emociones que provocan los videojuegos. Al describir la estética de un juego, queremos alejarnos de palabras como "divertido" y "juego" para obtener un vocabulario más detallista. Esto incluye, entre otros, la taxonomía que se enumera a continuación.

El modelo MDA incluye las siguientes "Estéticas":

- **Sensación** (El juego como placer sensorial)
- **Fantasia** (El juego como "hacer creer")
- **Narrativa** (El juego como narración de conflictos / drama)
- **Desafío** (El juego como serie de obstáculos)
- **Compañerismo** (El juego como entorno social)
- **Descubrimiento** (El juego como territorio desconocido)
- **Expresión** (El juego como forma de autodescubrimiento)
- **Sumisión** (El juego como pasatiempo)

La Estética **Sensación** es abordada en **Sinfonía** a partir de una construcción visual y sonora que busca generar un ambiente inmersivo. Las interacciones que surgen a partir de ciertos objetos con físicas realistas, también generan efectos visuales interesantes.

Fantasia, **Narrativa** y **Descubrimiento** son emociones estimuladas a través de la historia que se presenta en el juego, la cual sitúa al jugador en el rol de un arqueólogo que debe completar los retos que se presentan en las salas para ir avanzando en la historia y completar la aventura.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Desafío se incluye a partir de la organización del juego en minijuegos, ofreciendo a los jugadores visualizaciones claras sobre su progreso actual en el juego, y en comparación con otros jugadores para estimular emociones que surgen de la competencia. A medida que el jugador avanza en el juego, su dominio del mismo crecerá, generando sensaciones de satisfacción al alcanzar logros mientras se ponen a prueba sus habilidades.

Compañerismo es una estética que a pesar de que **Sinfonía** no incluye un modo multijugador está satisfecha por la particularidad de ser un juego que está inmerso en un espacio físico con características particulares, el museo. Esto nos permite aprovechar el hecho de que un museo en la mayoría de los casos se visita en grupo, ya sea familia o amigos pudiendo lograr que cada jugador reconozca el grupo con el que visita el museo, y visualice el progreso de los mismos, estimulando la competencia y la cooperación.

Las características de juego serio de **Sinfonía**, explotan de manera natural las estéticas de **Sumisión** y **Expresión**. Aunque no ocurrirá en todos los casos, muchos niños pueden llegar a apreciar el hecho de estar aprendiendo mediante el juego y sentir emociones positivas vinculadas con este aprendizaje y el jugar de manera seria.

A esta altura resulta interesante rescatar la investigación realizada por N. Lazzaro respecto de la capacidad que tienen los juegos para generar emociones[48]. A partir de la observación de videos, expresiones faciales, respuestas de cuestionarios y notas recogidas en sesiones de juego con distintos tipos de participantes (jugadores fuertes, jugadores casuales y no jugadores), Lazzaro llega a la conclusión de que la gente juega no tanto por los juegos en sí, sino por la experiencia que estos juegos generan. Esta “experiencia de juego” está directamente relacionada con las emociones que los jugadores experimentan.

Lazzaro ha categorizado a las emociones que surgen a partir del juego (sin considerar el aspecto narrativo), en cuatro grandes grupos: *HardFun*, *EasyFun*, *SeriousFun*, y *PeopleFun*.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 7.22: Claves para la diversión MDA.

(Fuente: Lazzaro, N. 2004)

Los juegos comerciales más populares, utilizan características de estos cuatro tipos de diversión para captar la atención del jugador y motivarlo durante el juego.

A continuación, se describen los tipos de diversión definidos por Lazzaro:

- **HardFun:** emociones provocadas por el deseo de superar obstáculos y progresar. En este tipo de diversión, la experiencia se estructura hacia la concreción de objetivos. El desafío captura la atención del jugador y genera emociones como frustración y triunfo personal, ofreciendo recompensas asociadas al progreso.
- **EasyFun:** las emociones que surgen de esta diversión, están asociadas a la inmersión que el jugador experimenta durante el juego. Entre ellas se cuentan el misterio, la sorpresa y el asombro. En el caso de esta diversión, el tener un objetivo claro que superar, no resulta lo más atrayente. En su lugar, la estimulación visual y sonora, y el nivel de detalle ocupan un rol central. Aquí se busca crear un mundo que estimule la *curiosidad*, el querer saber que viene a continuación, el deseo de explorar.
- **SeriousFun:** emociones que surgen cuando se pretende que jugar tenga un sentido. En esta diversión, los jugadores juegan con el propósito de pasar de un estado mental a otro (por ejemplo: relajarse, cambiar el humor), para generar algún cambio en el mundo real, o para obtener algún beneficio personal. El juego puede ser visto como un modo de terapia o como una forma de hacer que tareas aburridas se tornen interesantes.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

- **PeopleFun:** las emociones son provocadas a partir de la interacción con otros jugadores. Esta interacción, que puede ser *in situ* o de manera online, posibilita la aparición de emociones asociadas a actividades de competencia y cooperación. Al jugar con otros, las emociones emergen más frecuentemente y de manera más intensa que jugando aisladamente. Los jugadores que disfrutan de esta diversión, ven a los juegos como un mecanismo de interacción social.

Si bien entre el modelo de emociones previamente presentado y este último existen ciertas variaciones en los nombres y la clasificación, el concepto es esencialmente el mismo, y su aplicación en **Sinfonía** es idéntico.

Las emociones de *Sensación*, *Fantasía* y *Descubrimiento* pueden asociarse al tipo *EasyFun* expuesto anteriormente, mientras que la emoción de *Desafío* remite al concepto de *HardFun*. De la misma manera, puede establecerse una relación entre *Compañerismo* y *SocialFun*, y entre las emociones de *Sumisión* y *Expresión* con la idea de *SeriousFun*.

A diferencia del análisis de las emociones realizado por N. Lazzaro, en MDA, la narrativa sí es tenida en cuenta como un elemento más en el diseño de la diversión.

7.4.2 Dinámica

LeBlanc, Hunicke y Zabek reconocen que una de las principales diferencias entre los juegos y otras formas de entretenimiento, radica en su relativa imprevisibilidad. No puede saberse, antes de que un juego sea jugado, cómo reaccionarán los jugadores frente a las mecánicas dadas.

Las dinámicas que se generan dependen de las características particulares de cada minijuego y del jugador que juega esos minijuegos. Enumerar aquí las dinámicas surgidas en cada momento del juego, no tiene demasiado sentido. Es importante en cambio, destacar el papel que el análisis de las dinámicas (observables en las múltiples pruebas del juego) tiene en el proceso de diseño de cada minijuego. Luego de realizar varias pruebas de prototipos, se identifican la aparición de dinámicas no deseadas o deficientes, que motivan ajustes en las mecánicas. Estos ajustes, propiciaron la aparición de nuevas dinámicas, más apropiadas para la generación de las emociones buscadas.

Más allá de las dinámicas particulares de cada minijuego, se han analizado también algunas dinámicas generales:

- Interés del jugador con respecto al sistema de logros.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

- Nivel de aprendizaje conseguido.
- Actitud del jugador en relación con los demás jugadores (dinámicas sociales).

La aplicación de estos análisis se detalla en la implementación, mientras que los resultados podrán ser leídos en el Capítulo 9. Conclusiones y Futuras líneas de trabajo.

7.4.3 Mecánicas

Como se ha mencionado anteriormente, la mecánica básica de **Sinfonía**, será la de los juegos de rol y minijuegos.

Cada minijuego es un juego en sí mismo, único e independiente con su conjunto de reglas simples y sencillas. A su vez estos comparten una base en común:

- La temática de los minijuegos es idéntica a la temática de la sala en la que se encuentran.
- Todo minijuego recompensa al jugador con una pista que le permite progresar en la historia del juego.

Debido a las características enunciadas y al alcance de la tesina carece de sentido describir cada uno de los minijuegos en detalle. Se profundizará sobre aquellos que fueron implementados para el prototipo de la tesina en el Capítulo 8. Implementación.

Con respecto a las mecánicas de rol estas serán expresadas con diálogos e interacciones con los personajes del juego.

7.4.4 Tecnologías empleadas y razón de su uso

Si bien la mayoría de los motores permite crear cualquier tipo de juegos, algunos están mejor preparados y/o presentan facilidades para ciertos géneros de juego. Por esta razón, antes de elegir un motor en particular, es importante tener definido el género del juego.

En vista a estas consideraciones y formalizada la idea de crear un juego de AR, se procedió a buscar motores que contarán con las siguientes características:

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

- Capacidad de exportar a dispositivos móviles
- Soportar desarrollo 3D
- Integración con Realidad Aumentada
- Facilidad de uso
- Documentación extensa y detallada
- Comunidad amplia y madura

En el caso de la herramienta que proveyera AR se buscó que tenga:

- Soporte para Image Target
- Facilidad en el aprendizaje y uso
- Idéntico al motor gráfico, una comunidad amplia y madura
- Compatibilidad con el motor gráfico escogido

Habiendo estudiado, analizado y comparado los distintos motores gráficos y SDK de AR más relevantes, estamos en condiciones de elegir y justificar las herramientas a utilizar en la implementación del juego.

El motor y SDK elegidos fueron Unity + Vuforia. Unity, como se describió previamente en el Capítulo 4, es un motor muy completo que posee todas las características deseadas.

Es un motor con un alto grado de abstracción que oculta varios de los aspectos técnicos del desarrollo de juegos detrás de una interfaz sencilla e intuitiva haciendo que el nivel de complejidad en el uso sea mucho menor que otros.

Unity permite el desarrollo de juegos tanto 2D como 3D. Posee una extensa y variada documentación y una amplia comunidad lo que permite facilitar y agilizar el proceso de aprendizaje.

Sumado a esto, Unity posee la particularidad de que es muy sencillo exportar el juego a una gran variedad de plataformas, para ser más específico solo se requiere presionar un botón. Característica muy favorable y deseada para esta tesina donde se busca que el producto final sea un juego para dispositivos móviles.

Por otro lado, Vuforia es un SDK de AR excelente con una amplia variedad de características. Entre ellas se encuentra la estrecha relación entre Unity y

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Vuforia. No solo Vuforia soporta Unity sino que está integrado con el motor, lo que reduce mucho el costo de esfuerzo de utilizar AR en nuestro proyecto.

Vuforia es muy fácil de aprender e intuitivo de usar debido a la gran cantidad de documentación y a lo grande que es su comunidad. Se vuelve sencillo buscar respuestas a las dudas que surgen durante el desarrollo. Esto sin duda se debe no solo a lo bueno que es el SDK sino también que, al haberse integrado con Unity recibe mucha de su comunidad.

Además, Vuforia es compatible con una gran variedad de dispositivos de gama baja, siendo ésta una característica muy importante ya que permite que el juego sea accedido por todo aquel al que le interese sin restricciones. Por supuesto la gama de dispositivos en los que se podría instalar la app variará dependiendo del tipo de target que usemos.

Vuforia soporta una gran variedad de target:

- *Model Targets*: permiten que las aplicaciones creadas con Vuforia Engine reconozcan y rastreen objetos particulares en el mundo real en función de la forma del objeto utilizando modelos digitales en 3D. Se puede utilizar una amplia variedad de objetos como *Model Target*, desde electrodomésticos y juguetes, vehículos, equipos industriales a gran escala e incluso puntos de referencia arquitectónicos.
- *Image Targets*: representan imágenes que Vuforia SDK puede detectar y rastrear. No necesitan regiones negras y blancas o códigos especiales para ser reconocidas. Vuforia SDK utiliza un conjunto de algoritmos para detectar y rastrear las características presentes en la imagen reconociéndolas por comparar esas características con una base de datos de objetos conocidos. Una vez que es detectada Vuforia rastreará la imagen siempre que esté al menos parcialmente en el campo de visión de la cámara. Es la forma más sencilla de poner contenido AR en objetos planos, como páginas de revistas, figuritas coleccionables y fotografías.
- *Multi Targets*: consiste en múltiples *Image Target* que tienen una relación espacial. Cuando la cámara detecta una de las partes de un *Multi Target* todas las otras pueden ser rastreadas si su posición relativa y orientación es conocida. Los envases de productos, afiches y murales son elementos fantásticos para trabajar con *Multi Targets*.
- *Cylinder Targets*: permiten colocar contenido AR en objetos con formas cilíndricas y cónicas. Latas de bebidas gaseosas, botellas y tubos con diseños impresos son grandes candidatos para *Cylinder Targets*.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

- *Object Targets*: se crean escaneando un objeto físico. Constituyen una buena alternativa para los juguetes y otros productos ricos en detalles superficiales y una forma constante.
- *VuMarks*: permiten identificar y agregar contenido a una serie de objetos. Constituye una fantástica manera de agregar información y contenido a las líneas de productos, inventario y maquinaria.

Entre estos el que a nosotros más nos interesa es el *Image Target* debido a que es el tipo de *target* que vamos a usar en la implementación. No obstante, el hecho de poseer otras alternativas nos ofrece flexibilidad al momento de plantear soluciones en el caso de que el *Image Target* no sea suficiente para alcanzar el resultado deseado.

Unity y Vuforia fue la primera opción para este tesista debido a la experiencia adquirida en cursos en la facultad. Pero luego de haber pasado por todo el proceso de búsqueda, análisis y comparación de las otras opciones, mi decisión de elegirlos se fortaleció.

Cabe aclarar que ni Unity, ni Vuforia son gratuitos o de código abierto. Sin embargo, son extremadamente accesibles y para el alcance de esta tesina es más que suficiente. Unity posee un plan de tres licencias: personal, pro y plus. La licencia personal es la elegida dado que es gratuita para aquellos con ingresos o fondos (recaudados o autofinanciados) que no superen los \$100.000 por año y posee prácticamente todas las herramientas de desarrollo de Unity liberadas. En el caso de Vuforia, éste es gratuito con todas sus capacidades desbloqueadas para el desarrollo, pero no para la publicación. Te permite prototipar y desarrollar con completa libertad, pero al momento de comercializar se debe comprar una de las licencias que ofrece.

No ha existido un momento en el cual la licencia bloqueara o estorbara durante la implementación. Como se puede notar con lo previamente enunciado son herramientas con un justo plan de comercialización que no afecta su uso con fines educativos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

8. Implementación

La implementación de **Sinfonía** siguió un enfoque iterativo y por etapas, las cuales se detallan a continuación.

8.1. Etapa 1. Primer acercamiento a las herramientas y preparación.

En esta etapa se realizó la instalación del ambiente de desarrollo. Lo primero que se hizo fue descargar e instalar Unity.

Para poder descargar e instalar el editor de Unity es necesario crearse una cuenta o iniciar sesión con Facebook o Google. Para agilizar el proceso se usó una cuenta de Google. Entonces se descargó e instaló de la página el programa Unity Hub, herramienta de administración de proyectos e instalaciones de Unity.

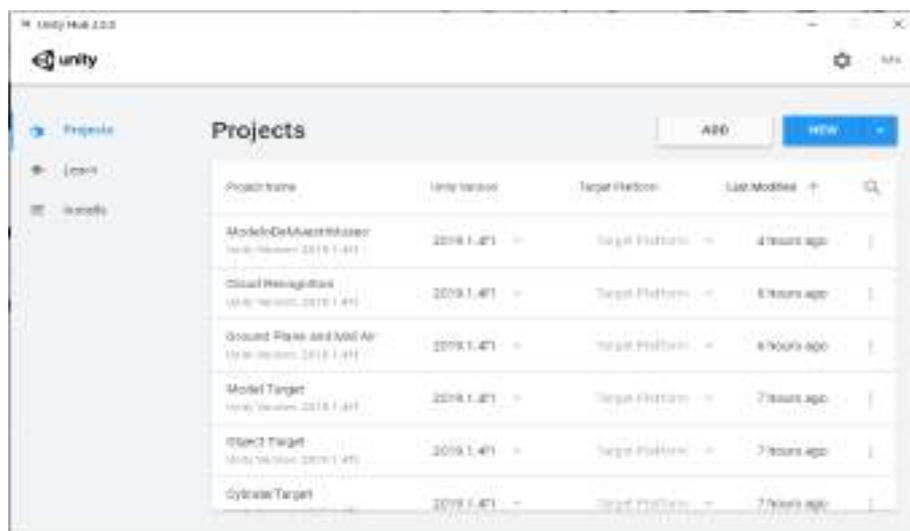


Figura 8.1: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Una vez abierto el programa, yendo a la solapa de “Installs” se puede instalar y administrar las versiones del editor que querramos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

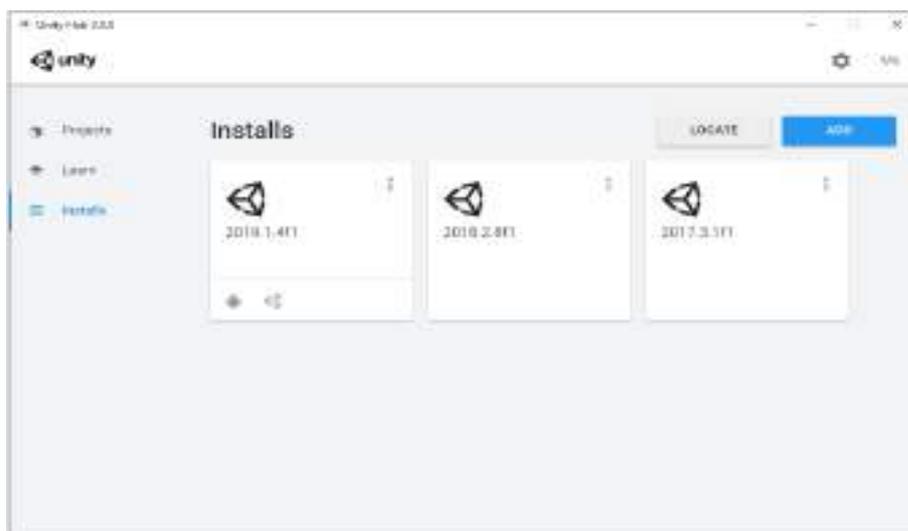


Figura 8.2: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Presionando ADD, se seleccionó la versión del editor deseada y los módulos a agregar para instalar un editor que se ajuste a nuestras necesidades.

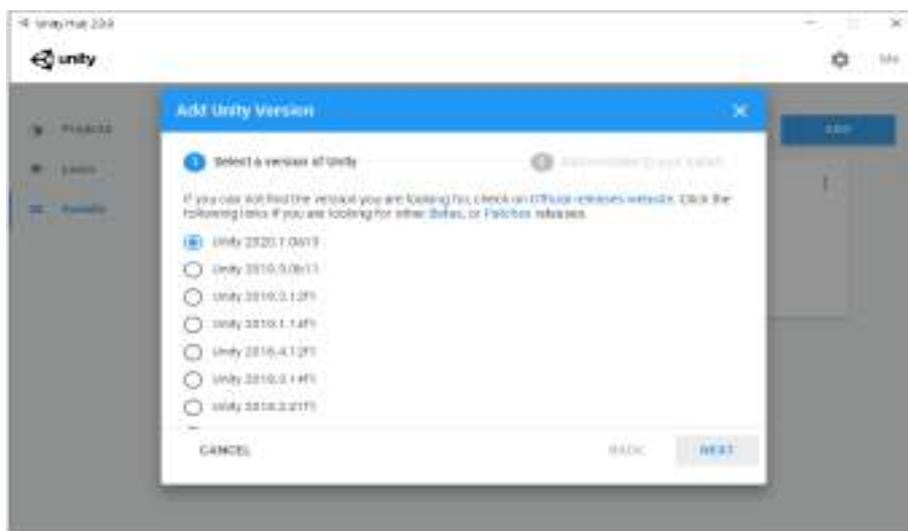


Figura 8.3: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Al ser el producto final de este proyecto un juego para Android, el único módulo que fue necesario agregar fue "Android Build Support"

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

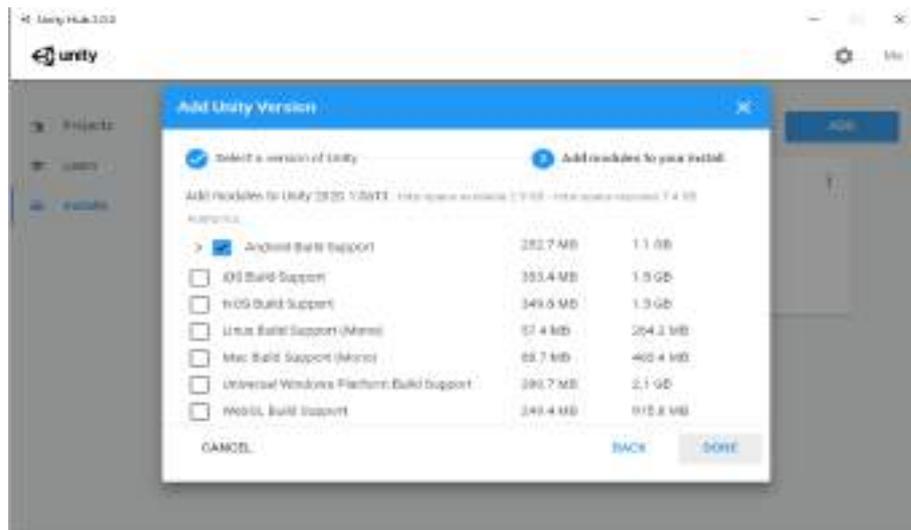


Figura 8.4: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Instalado el editor de Unity, el siguiente paso fue gestionar la licencia y una primera base de datos que contiene los target que se usaron en el primer prototipo que se describirá en la siguiente sección.

Ya habiéndonos registrados en la página de Vuforia, la creación de la licencia gratuita fue muy sencilla. Solo hubo que clicar en “Get Development Key” dentro de la pestaña “Licence Manager”, asignarle un nombre y aceptar los términos y condiciones.

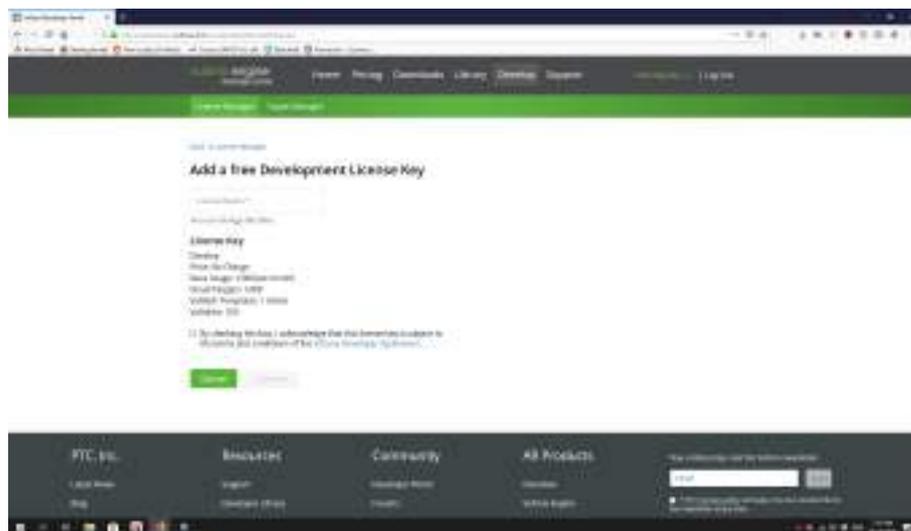


Figura 8.5: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Como resultado de esto, teníamos una licencia con el nombre “Test”.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

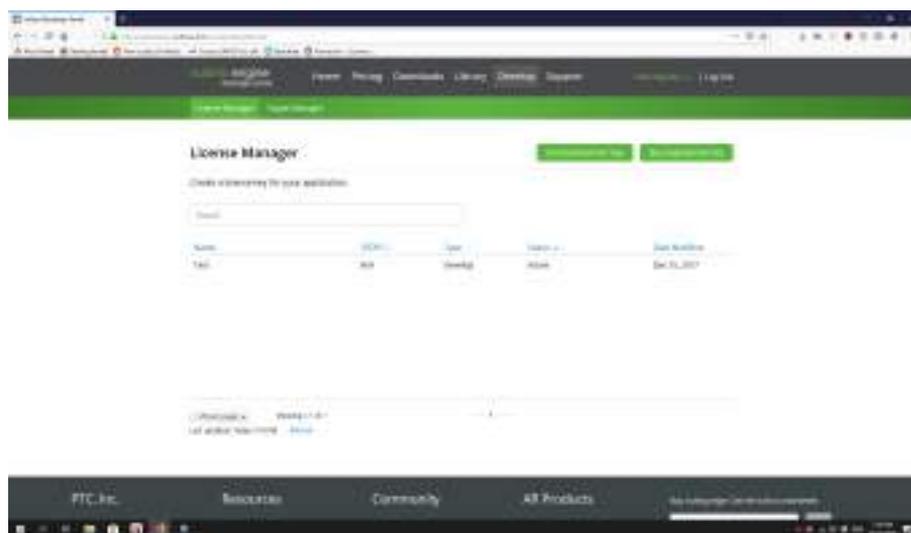


Figura 8.6: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Una vez obtenida la licencia lo siguiente que se hizo fue encarar la creación de un primer prototipo para mostrar a las autoridades del museo.

8.2. Etapa 2. Armado de un prototipo.

Al ser esta tesina un trabajo interdisciplinario con la colaboración del Museo de Ciencias Naturales de La Plata era necesario establecer un ambiente de trabajo en el que todos comprendieran de qué se estaba hablando.

La Realidad Aumentada es una tecnología nueva que tiende a ser difícil de visualizar y entender. Por ende se pensó que era necesario tener una ayuda visual la cual facilitaría su explicación. En consecuencia se creó un prototipo que mostrara una primera idea del juego junto con las capacidades y posibilidades de la Realidad Aumentada.

La creación del mismo, supuso una implementación básica de la idea general del juego en una primera instancia. Dicha idea consistía en hacer evolucionar un organismo unicelular prehistórico hasta llegar al bradysaurus, el primer animal en moverse sobre la tierra. Para poder hacerlo evolucionar había que destrabar la serie de eventos que producían la evolución del organismo. Esto se lograba jugando una serie de minijuegos los cuales recompensan al jugador con estos eventos.

Para este prototipo la herramienta de Vuforia usada fue *Image Target*.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Antes de comenzar con la programación del prototipo fue necesario realizar dos pasos más de configuración de proyecto.

El primero consistió en agregar Vuforia. Esto fue muy sencillo, desde “File”, “Build Settings”, “Player Settings” bastó con solo marcar la casilla “Vuforia Augmented Reality Supported” dentro de “XR Settings” y Unity nos presentó la opción de descargarlo.

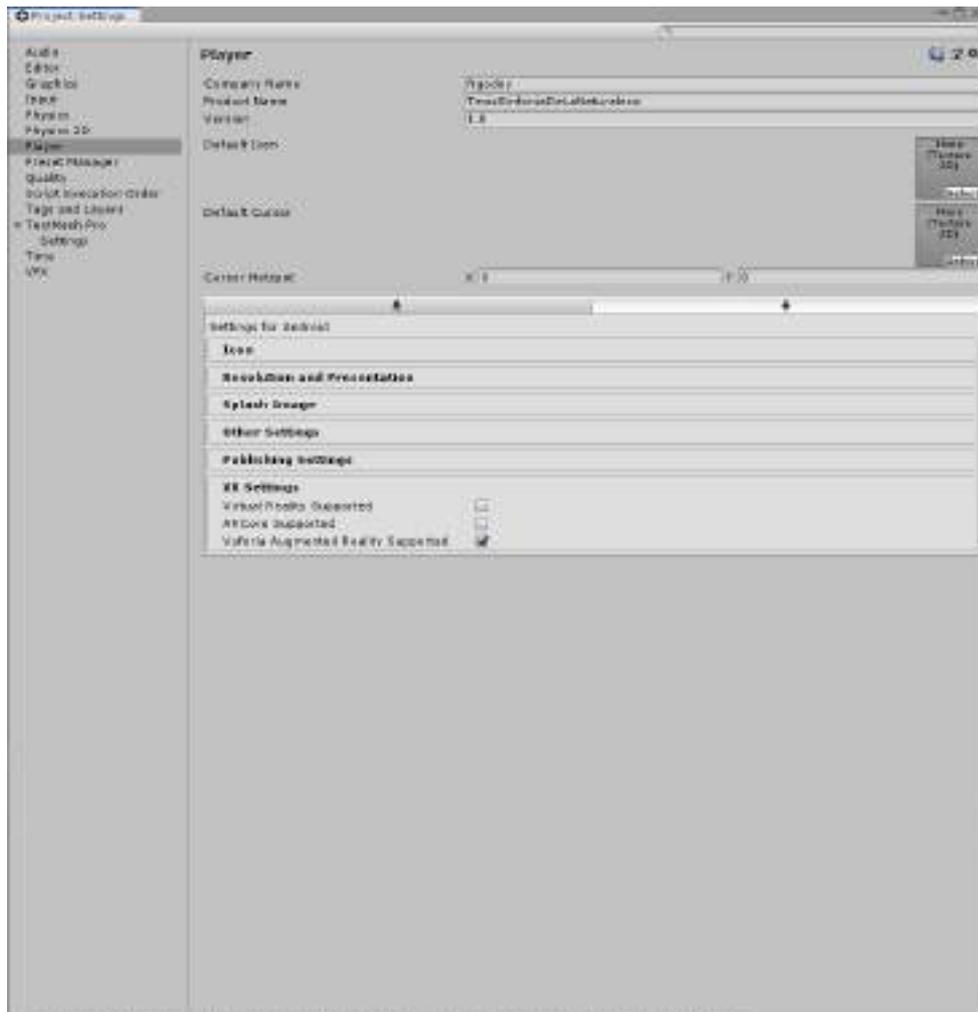


Figura 8.7: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Existen otras dos maneras de hacer lo mismo. Marcando la casilla correspondiente al momento de la instalación o desde “Unity Hub”.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

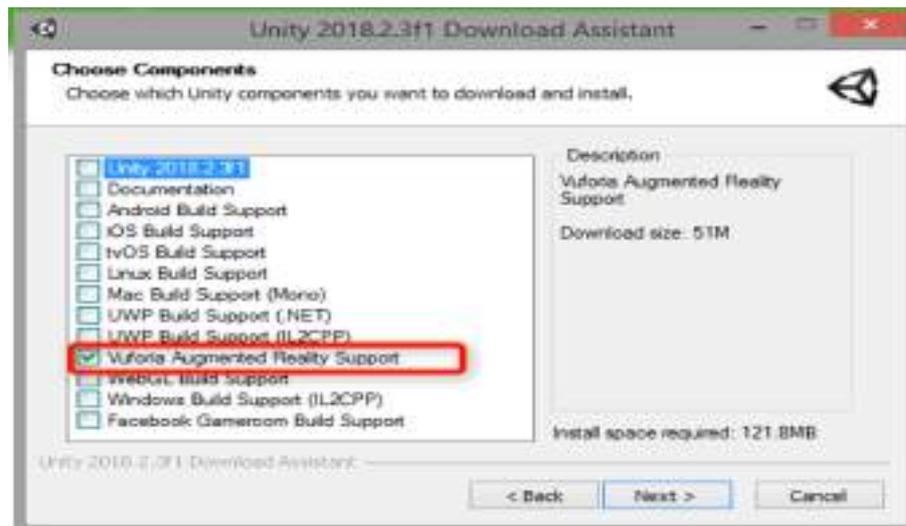


Figura 8.8: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

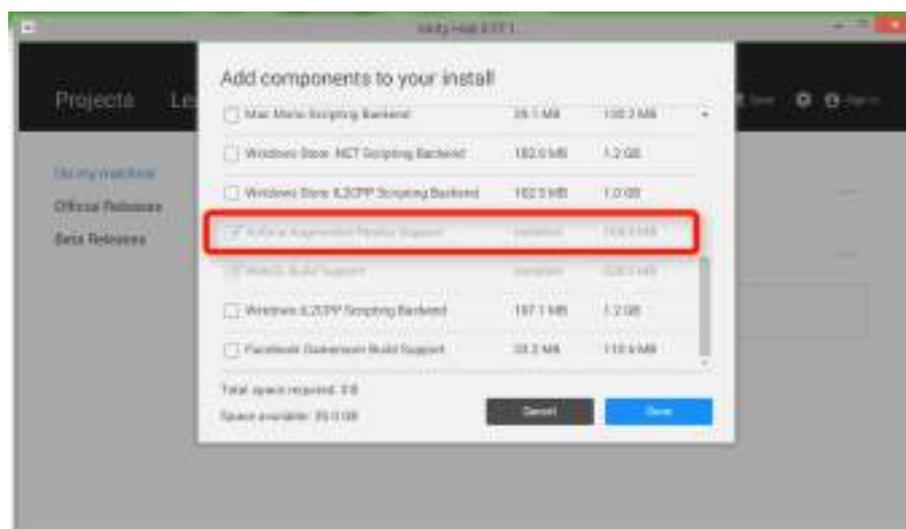


Figura 8.9: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Esta sencillez se debe a que a partir de la versión 2017.2 de Unity, Vuforia ya viene integrado.

Por último antes de poder comenzar a desarrollar el juego fue necesario, al ser éste un juego para Android, indicarle a Unity que la plataforma del juego iba ser Android así cuando compilara el resultado sería un juego para esta plataforma. Para ello en "File", "Build Settings" cambiamos la plataforma a Android.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

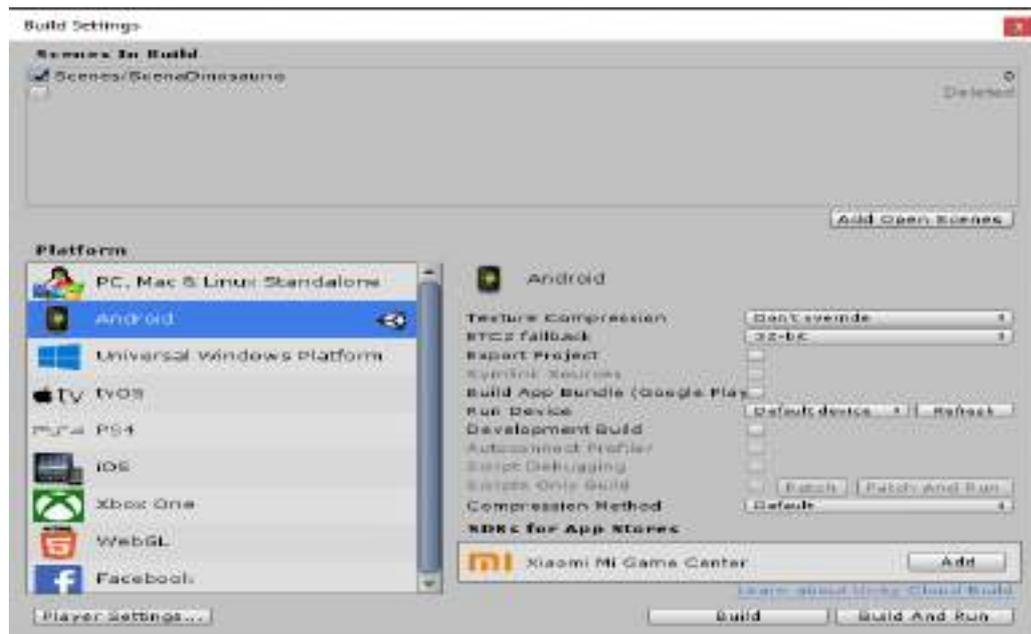


Figura 8.10: Captura de pantalla proyecto Sinfonía Terrestre.

Incorporando estos últimos dos pasos de configuración a los pasos explicados en la sección anterior se completa cualquier configuración de proyecto que incluya Vuforia y quiera ser diseñado para la plataforma Android. Estoy fue igual para el diseño del prototipo final, ningún paso adicional fue necesario.

En el juego se implementaron tres *Images Target*. Cada uno poseía un objeto recolectable diferente, que reemplazaban a lo minijuegos para simplificar el prototipo. Una vez recolectado los tres, se utilizaban sobre el modelo de un dinosaurio en determinado orden para disparar “evoluciones” que finalizaban con un huevo que se recolectaba para después ir hacia la pieza del bradysaurus ubicada en la sala Paleontología-Paleozoico, representado en el prototipo por una foto del mismo, apuntarlo con la cámara para que aparezca el huevo y con un clic hacer que nazca una cría de bradysaurus.

Lo que se buscó con este prototipo fue mostrar tres aspectos importantes del juego:

1. La Realidad Aumentada y sus capacidades.
2. El hecho de que se podía, con el debido tiempo y esfuerzo, reflejar cualquier concepto científico que el museo quisiera.
3. Como a través de las mecánicas del juego se premiaba al jugador y como eso se generaba interés que afectaba el aprendizaje.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Este primer prototipo fue puesto a prueba desde un primer momento a través de reuniones con el personal del museo, permitiendo así identificar de manera temprana las fortalezas y debilidades del juego propuesto.

El resultado de estas reuniones fue muy satisfactorio. De entrada se logró establecer una buena comunicación, lo cual trajo aparejado un excelente intercambio de información, haciendo posible alcanzar los objetivos propuestos con este prototipo.

Se pudo aprender que:

- El museo ya tenía dentro de las exhibiciones actividades interactivas incorporadas. Las cuales les resultaba difícil de mantener y actualizar.
- No poseía ninguna experiencia previa con una aplicación interactiva que usara el celular del visitante. Mucho menos que incluyera AR.
- Se acordó que la aplicación abarcaría las primeras tres salas del recorrido del primer piso. La Tierra, una historia de cambios, Paleontología-Paleozoico y Tiempo y Materia, laberintos de la evolución.
- De la sala La Tierra, una historia de cambios el concepto que les interesaba resaltar era el movimiento de placa tectónicas. Mientras que los que más les costaba que el visitante aprendiera era la formación de la tierra y el impacto del tiempo transcurrido entre las distintas eras geológicas, y la espiral evolutiva.
- De la sala **Tiempo y Materia, laberintos de la evolución** les interesaba potenciar su pieza más emblemática, el diplodocus. Además de profundizar el concepto de fosilización a través de la app.
- La sala **Paleontología-Paleozoico** es un caso muy particular, debido a que está en plena remodelación. Esto hace que esté constantemente en cambio y no se sepa a estas alturas que forma final va a tener, dificultando mucho la creación de contenido. Sin embargo se pudo rescatar que les interesaba resaltar el Bradysaurus, espécimen muy importante de la era, el proceso que dio origen al oxígeno en la atmósfera y la célula y su papel como origen de la vida.

La dinámica de trabajo se ajusta perfectamente al diseño de juegos utilizando el modelo MDA. A partir de la identificación de las emociones y dinámicas generadas al momento de ser jugado el prototipo, las mecánicas de recolección de objetos y su utilización fue como era de esperarse reemplazado por la mecánica de minijuegos. Se intercambió la mecánica principal de evolución del organismo primitivo por una mecánica mas genérica como es la colección de logros a través de la interacción con los distintos minijuegos. Esto se debe a que no resultaba correcto simplificar esta evolución a una simple sucesión de eventos

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

ya que se perdía mucha información de contexto como sus tiempos y las interacciones entre estos eventos. En consecuencia la mecánica de premiación del jugador por completar el juego sufrió cambios, debido a que ahora la condición para este hecho es el desbloqueo de todos los logros en vez de evolucionar el espécimen.

Ciertas mecánicas específicas se corrigieron o descartaron, incorporando otras nuevas en el desarrollo del prototipo final.

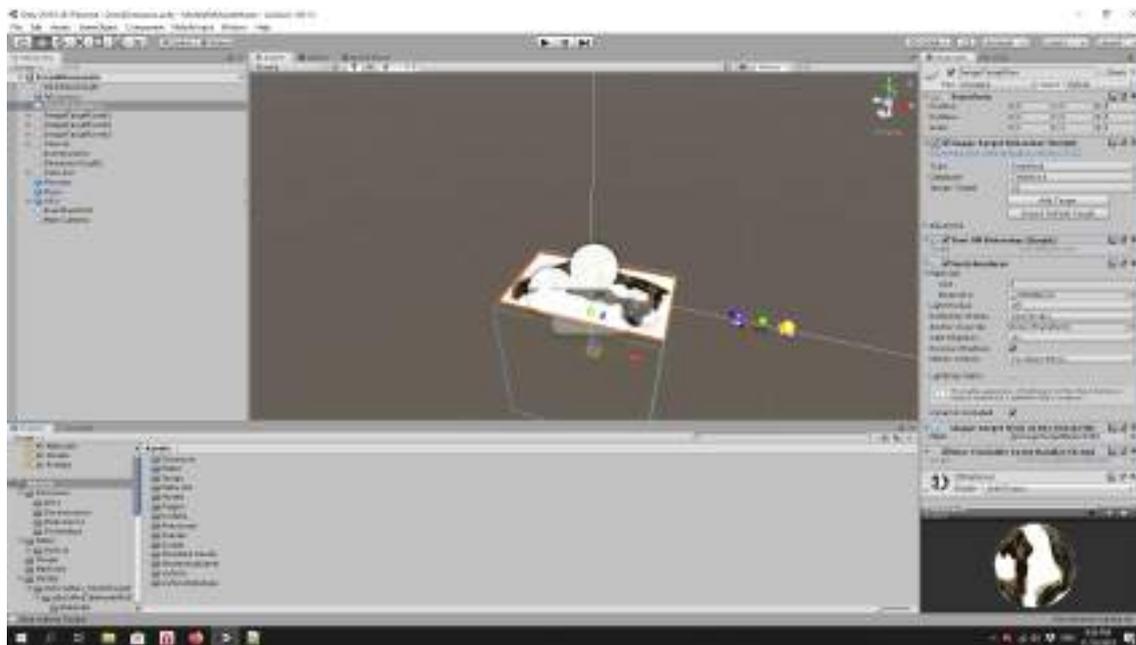
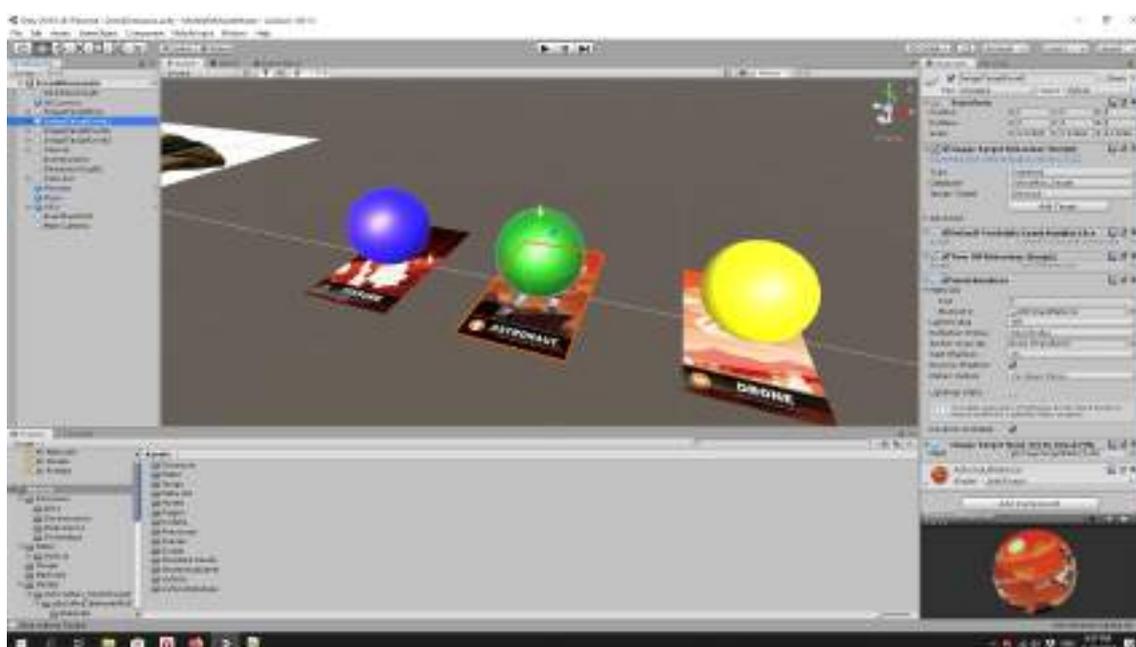


Figura 8.11: Captura de pantalla primer prototipo.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 8.12: Captura de pantalla primer prototipo.

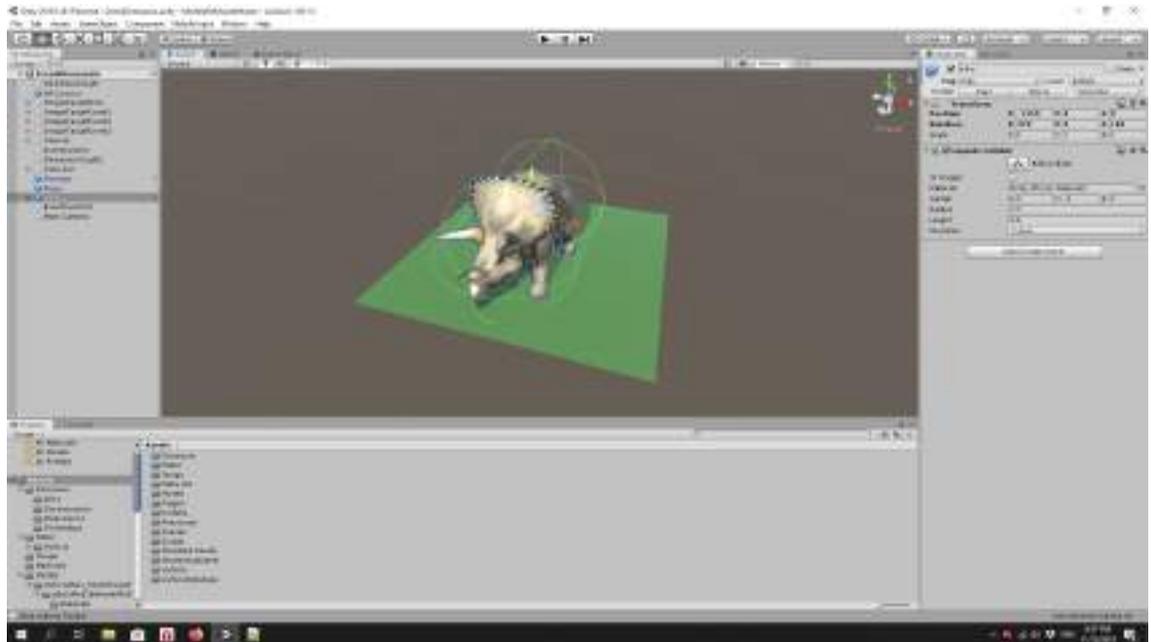


Figura 8.13: Captura de pantalla primer prototipo.

8.3. Etapa 3. Estudio y análisis de las herramientas provistas por Vuforia.

Terminada la recopilación de información gracias al prototipo y ya teniendo un mayor entendimiento del museo y sus necesidades era necesario comenzar con el juego.

El primer paso y posiblemente el más importante fue la elección de la herramienta Vuforia a usar.

Con el fin de poder tomar la mejor decisión se realizaron prácticas con cada herramienta disponible.

En la práctica de *Image Target* al reconocer el target se aumentaba un hombre en traje con un fondo animado de Matrix.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

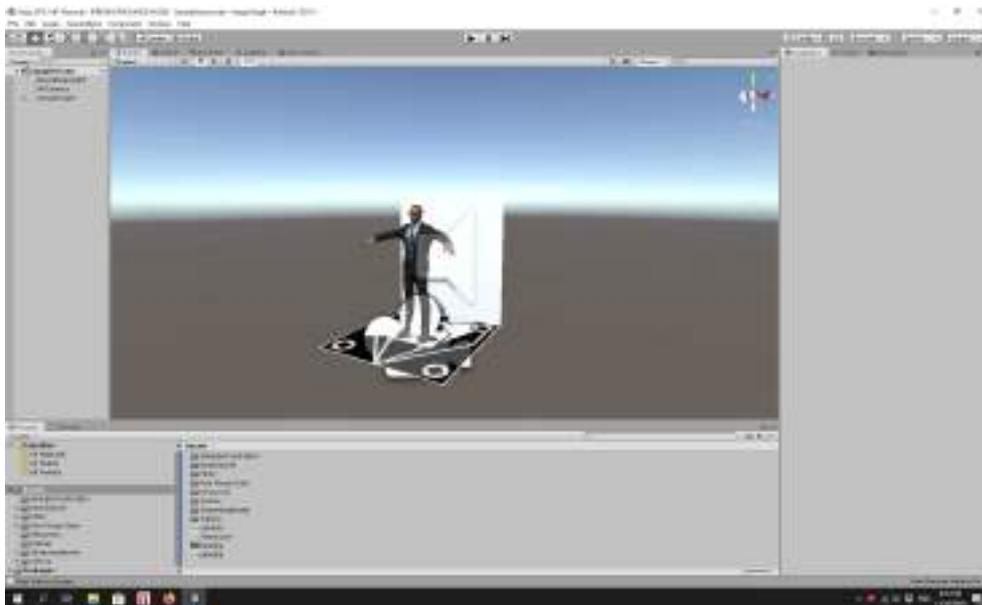


Figura 8.14: Captura de pantalla proyecto ImageTarget.



Figura 8.15: Captura de pantalla proyecto ImageTarget.

En la práctica de *Position Tracking*, se hizo un juego donde aparecían murciélagos y el jugador debía hacer clic sobre ellos para atraparlos y sumar puntos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.16: Captura de pantalla proyecto PositionTracking.



Figura 8.17: Captura de pantalla proyecto PositionTracking.

En la práctica de *Multi Target* al detectar un cubo se aumentaba las calles de una ciudad con los coches andando.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

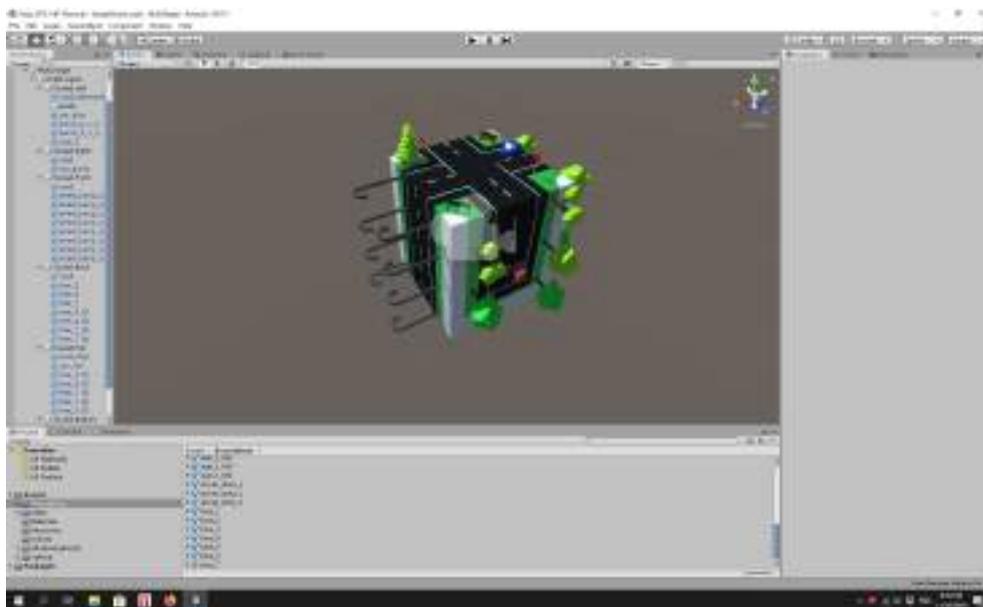


Figura 8.18: Captura de pantalla proyecto MultiTarget.

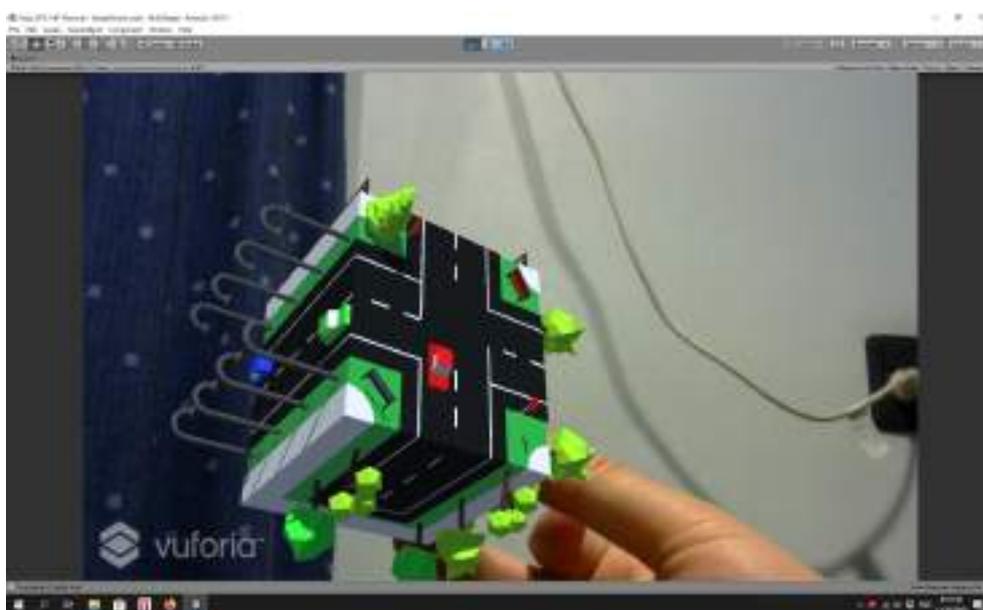


Figura 8.19: Captura de pantalla proyecto MultiTarget.

En la práctica de *Cylinder Target* al apuntar con la cámara a la pulsera se mostraba un reloj.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

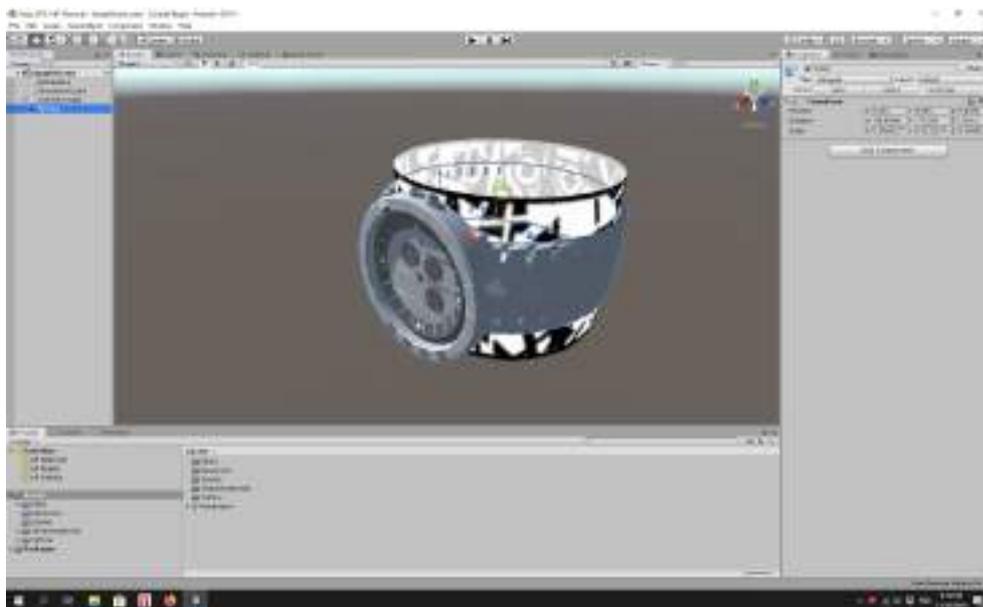


Figura 8.19: Captura de pantalla proyecto CylinderTarget.



Figura 8.20: Captura de pantalla proyecto CylinderTarget.

Para la práctica de *VuMark* se hizo un tipo de *VuMark* con Adobe Illustrator y se instanciaron los *VuMark* con código 10, 72 y 528. Luego sobre Unity se creó una app que al apuntar con la cámara el *VuMark* se aumentaba una figura geométrica y se mostraba a través de una interfaz el id y descripción del *VuMark* así como una imagen del mismo.

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.21: VuMark Target proyecto VuMark.

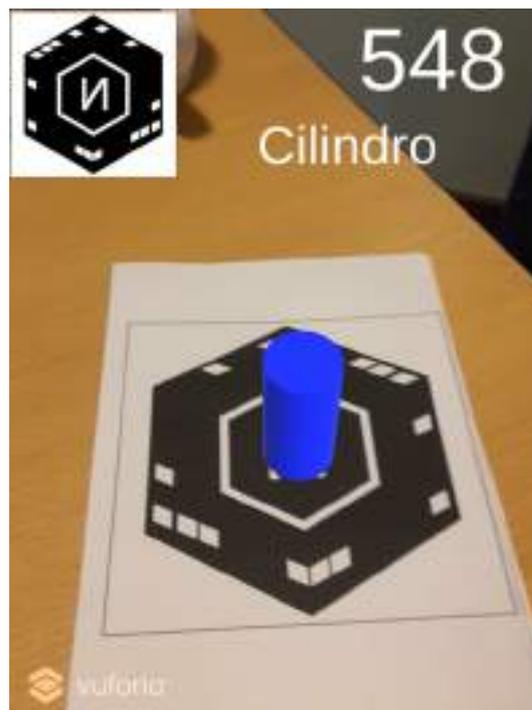


Figura 8.22: Captura de pantalla proyecto VuMark.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.23: Captura de pantalla proyecto VuMark.

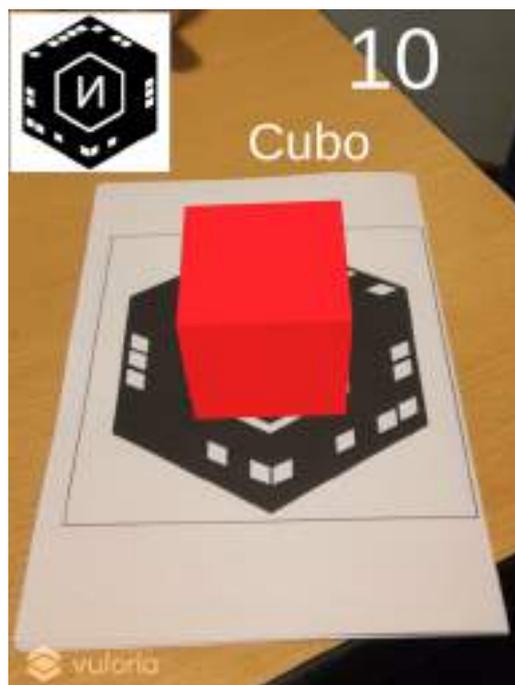


Figura 8.24: Captura de pantalla proyecto VuMark.

Para la práctica de *User Define Target* se hizo que un personaje aparezca cuando el jugador presiona un botón sobre cualquier objeto que la cámara apunte. Básicamente el objeto apuntado se vuelve un *target*. El círculo que aparece al centro de la pantalla mide la calidad como target del objeto que

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

estamos apuntando. Rojo no se puede usar, amarillo indica que se puede usar pero no debería usarse y verde denota que el objeto cumple las condiciones para ser target.

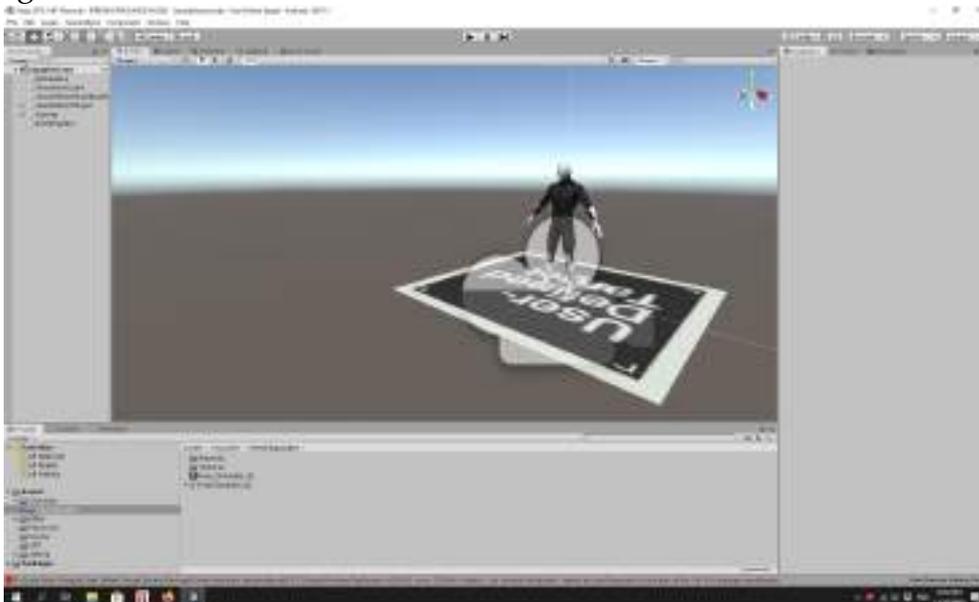


Figura 8.25: Captura de pantalla proyecto UserDefineTarget.



Figura 8.26: Captura de pantalla proyecto UserDefineTarget.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.27: Captura de pantalla proyecto UserDefineTarget.

Para la práctica de *Object Target* se escaneó un control remoto de aire acondicionado y se aumentó sobre el contenido 3D.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.28: Scaneo de objetos proyecto ObjectTarget.

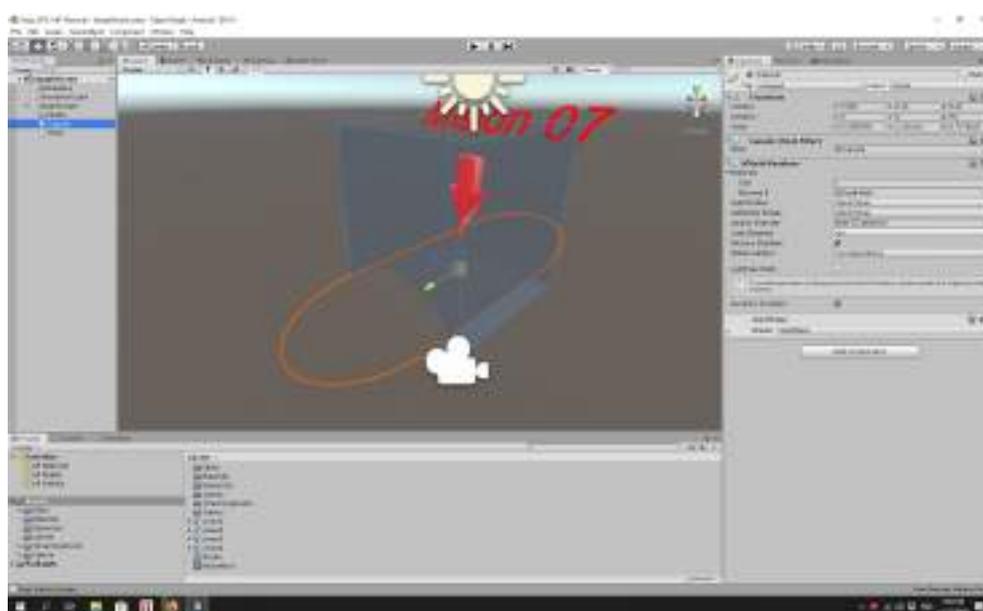


Figura 8.29: Captura de pantalla proyecto ObjectTarget.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.30: Captura de pantalla proyecto ObjectTarget.

Para probar el funcionamiento del *Model Target* se hizo una práctica en la que al apuntar a una impresión 3D de un zorro, éste es reemplazado por un modelo 3D del mismo.



Figura 8.31: Captura de pantalla proyecto ModelTarget.

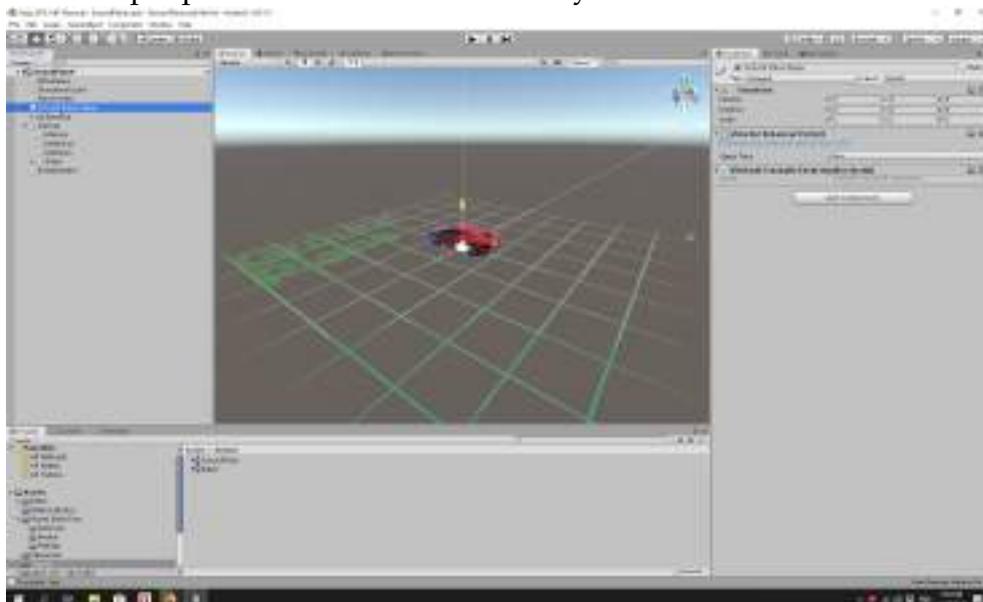
Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.32: Captura de pantalla proyecto ModelTarget.

Ground Plane y *Mid Air* nos permite aumentar objetos 3D sin la necesidad de un target. Esto lo hace detectando el entorno, no obstante estas herramientas requieren dispositivos de alta gama. Al no poseer uno de estos dispositivos se uso un target especial para simular el suelo.

La práctica que se realizó para el *Ground Plane* fue colocar un auto junto con una interfaz que permite cambiarlo de color y rotarlo



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 8.32: Captura de pantalla proyecto GroundPlane.

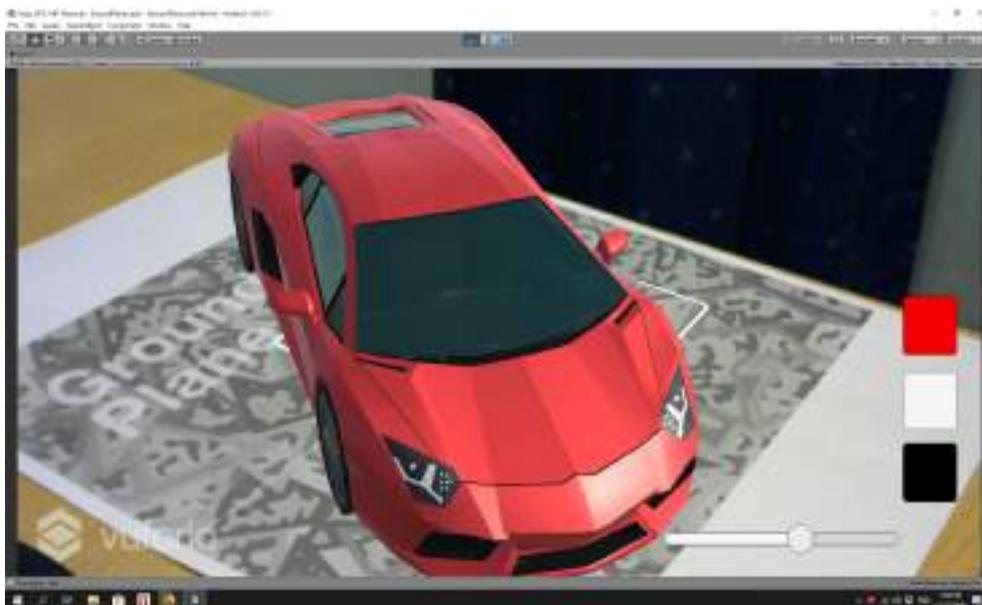


Figura 8.33: Captura de pantalla proyecto GroundPlane.

Para la práctica del *Mid Air* se hizo una simulación de la tierra girando.

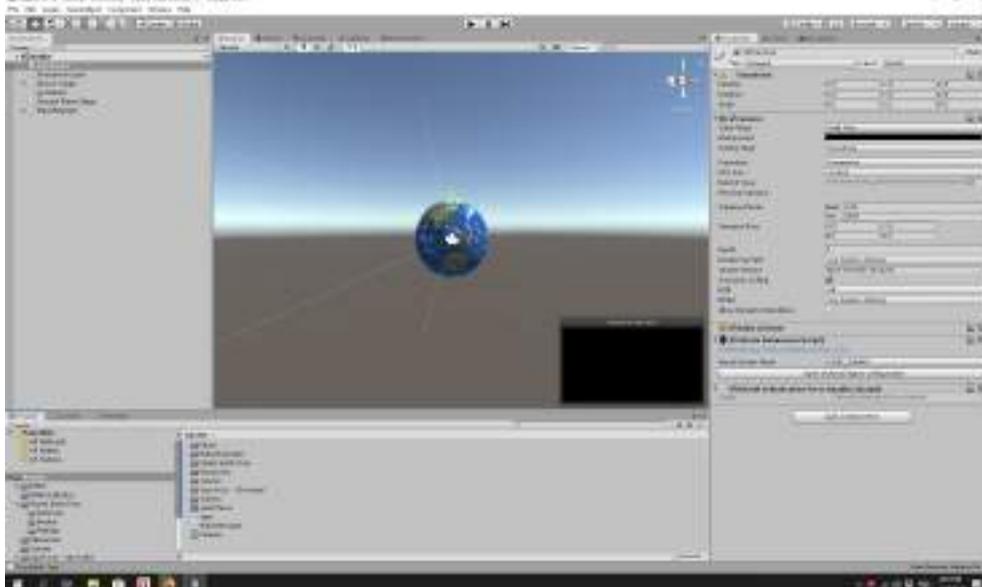


Figura 8.34: Captura de pantalla proyecto MidAir.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.35: Captura de pantalla proyecto MidAir.

Gracias a estos juegos se logró una mayor familiarización con las herramientas y su uso dentro de Unity.

Llegado a esta instancia, se pudo tomar una decisión con respecto a las herramientas de Vuforia a usar. Se descartaron varias de ellas debido a que no se ajustaban a los requerimientos de la tesina y/o a las características/necesidades del museo.

Multi Target y *Cylinder Target* se descartaron al no existir ningún uso práctico dentro del museo. Su uso hubiera significado alterar las exhibiciones para forzar su existencia.

VuMarks se descartó simplemente porque no era la intención de esta tesina usar una versión mejorada de una tecnología que ya ha sido motivo de varias tesis como los códigos QR.

Object Target se descartó debido a las dificultades que implicaba escanear piezas del museo. Éstas deben ser removidas de la exhibición y manipuladas con todo un protocolo que dificulta mucho el progreso de la tesina.

User Defined Target se descartó ya que no se encontró ningún uso. No era compatible con el museo, la capacidad de permitir al jugador definir sus target. Podía complicar mucho las visitas y los recorridos establecidos.

Ground Plane y *Mid Air* no fueron usados debido a la restricción en gamas de dispositivos que los acompaña. Sin un dispositivo que los soporte se cae en la necesidad de usar una imagen que provee Vuforia volviéndolo muy similar a un

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Image Target. Aparte de esto no se logró encontrar espacios vacíos dentro de las salas donde sumara valor a las exhibiciones colocar contenido con alguna de estas herramientas.

Las dos finalistas fueron *Model Target* e *Image Target*. La idea con *Model Target* era diseñar modelos a partir de las piezas del museo y usarlos como targets. Mientras que con *Image Target* era simplemente usar una imagen como target para todos los minijuegos.

De los dos se terminó optando por el *Image Target* por varias razones:

1. *Model Target* limitaba mucho la gama de dispositivos en los cuales el juego podría funcionar. Mientras que *Image Target* puede ser usado con cualquier dispositivo que tenga una cámara siempre y cuando el hardware del dispositivo soporte los modelos 3D que se vayan a colocar en el target.
2. Ya de por sí era deseable tener una imagen en las salas que le marcara la zona en la cual existía un minijuego al visitante, de manera de no generar caos en las salas debido a jugadores buscando los minijuegos.
3. Es muy fácil transportar el juego a cualquier ambiente con un *Image Target*, ya que lo único que se necesita es la imagen y un dispositivo con el juego. Esta cualidad era deseable para la tesina ya que permite probarlo tanto en el museo como en un aula.
4. Diseñar cada *Model Target* requería una gran cantidad de tiempo lo cual iba en contra de los tiempos de esta tesina.

8.4. Etapa 4. Decisiones de diseño e implementación y redacción de un documento de especificación de requerimientos

Ya habiendo tomado la decisión de usar *Image Target* lo siguiente fue diseñar el juego. Esto abarcó el rediseño de las mecánicas y el diseño de la interfaz de usuario junto con la estructura que el juego iba a poseer.

Como ya se mencionó previamente después de la exposición del primer prototipo las mecánicas sufrieron una transformación. En esta etapa se aprovechó la devolución que hizo el museo para modificar y profundizar en las mecánicas generales y definir las propias de cada minijuego dando como resultado:

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

8.4.1 Mecánica global

El juego arranca con un tutorial en el cual se presentan algunas pantallas (slices) contando como es la interacción y después pasa a un primer menú en el que se elige la sala en la que uno está.

Éstas pueden ser: **La Tierra, una historia de cambios, Paleontología-Paleozoico y Tiempo y Materia, laberintos de la evolución.**

En cada sala se proponen dos actividades interactivas que incluyen el uso de AR. A medida que el visitante va completando las actividades, va obteniendo medallas conmemorativas. Cuando alcance todas las medallas se le otorgará el huevo del primer vertebrado sobre la tierra para que el jugador vaya al esqueleto en exposición, lo escanee (reconocerlo con AR) y pueda ver cómo nace.

8.4.2. Explicación de cada minijuego y sus mecánicas.

La Tierra, una historia de cambios

Minijuego Formación de la Tierra

Se capta la tierra desde el espacio. El jugador interactúa con una línea del tiempo la cual posee franjas con las distintas Eras y cuando clickea en las distintas franjas ve cómo cambia la tierra.

Minijuego sobre la teoría de la tectónica de placas. Movimiento de los continentes.

Se trabajará con las placas tectónicas simulando la interacción entre placas y las formaciones generadas. En el juego deben captarse las distintas superficies terrestres que se muestran en la sala. Las superficies se almacenan en un subinventario (hasta que el objeto no es captado aparece la sombra). Cuando el jugador logra que se genere una formación o evento se le otorga una medalla. El juego termina cuando el jugador cierra la actividad.

Placas: oceánica, continental.

Movimiento entre placas: divergente (<-- -->), convergente (--> <--), transform (arriba y abajo).

Combinaciones:

1. divergente(oceánica + oceánica) = magma y nueva roca.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

2. divergente(continental + continental) = magma y nueva roca.
3. convergente subducción(oceánica + continental) = erupción.
4. convergente uplift(continental + continental)= montaña. Ej: Himalaya.
5. convergente subducción(continental + continental) = fold mountain. Ej: Cordillera de los Andes
6. transform(continental + continental) = falla. Ej: Falla de San Andrés.

Tiempo y Materia, laberintos de la evolución o la evolución de los sistemas naturales.

Minijuego Formación de fósiles/petróleo.

Slide del tiempo mostrando los procesos de los fósiles y la generación del petróleo.

El juego comienza mostrando una pecera con agua, con el suelo hecho de fango y arena y una subinterfaz compuesta de botones con iconos. Ellos son: sedimento, compresión fuerte, compresión extra fuerte, martillo, pala y huesos de animal muerto, puede ser un dinosaurio. El objetivo es presionar los botones en el orden correcto para obtener el petróleo o el fósil. Dependiendo de lo que se obtenga es un logro diferente.

Secuencia correcta de botones y animaciones resultantes:

1. Esqueleto del dinosaurio: se deposita el esqueleto en el fondo de la pecera.
2. Sedimentos: se cubre el dinosaurio con capas de sedimentos.
3. Compresión
 - 3.1.1. Compresión fuerte: se crea el fósil.
 - 3.1.2. Compresión extra fuerte: se crea el petróleo.
4. Martillo: rompe el vidrio de la pecera y saca el agua
5. Pala: desentierra el petróleo o el fósil.

Paleontología-Paleozoico

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Minijuego Experimento de Miller

La idea es simular el experimento de Miller. El jugador deberá realizar dicho experimento para obtener un logro asociado. Tendrá que interactuar con el modelo 3D de manera correcta para obtener los mismos resultados que Miller y recolectar un cierto número de moléculas orgánicas y oxígeno.

Secuencia correcta de interacciones:

1. Presionar sobre la fuente de calor para producir fuego. Esto trae como resulta que el agua se calienta y genere vapor de agua.
2. Cuando las moléculas de vapor de agua llegan a los electrodos se debe presionar sobre ellos para que produzcan electricidad. Eso dará como resultado unas moléculas de agua cargadas que simulan los vapores atmosféricos después de una tormenta eléctrica.
3. Se debe presionar sobre el condensador cuando los vapores del paso 2 pasen por él. Dando como resultado oxígeno y moléculas orgánicas que se van acumulando hasta llegar al número deseado.

Minijuego Bradysaurus.

Cuando se consiguen todos los logros, se revela que se puede interactuar con el *bradysaurus*. Yendo al ejemplar que se encuentra en la sala y apuntándole con la cámara aparece un modelo 3D con el que se puede interactuar.

8.4.3. Decisiones de diseño de interfaz y estructura del juego.

Se plantea una primera interfaz la cual se denomina pantalla principal. Desde esta pantalla se puede acceder a un menú de opciones, ver los logros, acceder a las otras pantallas y leer un tutorial del juego. El submenú de opciones, representado por una tuerca, se compone de un botón para resetear el juego y dos botones para cambiar el idioma.

El acceso a las otras pantallas se hace a través del submenú de salas indicado por una flecha de "play". Por último el submenú de logros, simbolizado por una copa, se compone de una lista de todos los logros en su estado actual. Es decir si el logro fue adquirido, éste se marca con una copa dorada y si todavía falta obtenerlo se marca con una copa opaca.

Por cada una de las salas se diseñó una pantalla diferente. Todas comparten una interfaz común la cual consiste de un botón hacia atrás que

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

permite volver a la pantalla principal y un botón con el logo de una cámara para poder sacar fotos y compartirlas por las redes sociales.

Cada minijuego tiene su propia interfaz que se detalla al momento de describir los minijuegos implementados en la sección siguiente, construcción de un juego.

En esta etapa también se tomaron decisiones de desarrollo dando como resultado una metodología de trabajo.

Metodología de trabajo:

Al ser el juego planteado muy extenso y complejo para desarrollar en su totalidad dentro de las limitaciones y plazos de una tesina, se decidió trabajar de manera incremental. La idea es dividir el desarrollo en dos etapas.

En la primera etapa trabajar 3 ítems, 1 de casa sala y la interfaz general. Finalizada la etapa 1 se tendrá un prototipo bastante completa la cual podría ponerse en uso en caso de desearlo. Si sobrara tiempo del plazo de un año establecido para esta tesina se pasará a la etapa dos en la cual se desarrollan los ítems restantes para ser incorporadas a la app ya desarrollada y la incorporación de la historia mencionada en la propuesta de solución.

Minijuegos de la primera etapa: teoría de la tectónica de placas, sobre el diplodocus, experimento de Miller.

Minijuegos de la segunda etapa: Formación de la Tierra, Formación de fósiles/petróleo, Bradysaurus.

Una vez terminado el diseño y habiendo tomado estas decisiones se concluyó con la redacción de un documento el cual detalló todo lo previamente descrito. Este documento fue tratado junto con las autoridades del museo y aprobado por ellos. Ya teniendo ambas partes una idea clara de lo que se iba a hacer se pasó a la implementación final.

8.5. Etapa 5. Construcción del juego

En el Anexo I se han abordado conceptos de implementación en Unity, tales como composición del editor(vistas), conceptos como objeto, componentes y escena, Asset Store, Prefabs, que son necesarios conocer antes de comenzar con la descripción de la creación del juego.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

El desarrollo comenzó configurando el proyecto como ya se explicó. Una vez listo el proyecto se decidió comenzar con la implementación de la estructura del juego y la interfaz.

8.5.1. Desarrollo de la estructura e interfaz del juego

Se plantearon cuatro escenas que conforman la estructura del juego. La escena denominada GameIntro donde se plasma el menú principal y una escena por sala donde se ubican los minijuegos.

La creación de las interfaces para las escenas respetó el diseño establecido. Para la estética visual de los componentes de la interfaz se descargó del Unity Store un pack que contenía todos *assets* visuales para interfaces. Estos tenían una estética medieval porque estaban pensados para juegos del género RPG, sin embargo con un poco de ingenio se pudieron usar para dar al juego una estética arqueológica inspirada en las películas de Indiana Jones.

Para no tener que repetir por cada escena de cada sala la misma interfaz, se diseñó solo para la primera y se generó un *prefab* a partir de ella. Después bastó con solo incorporarla y ajustarla en las otras escenas.

Se agregó un componente *Audio Listener* a la cámara y dos audio source para agregar sonido al comportamiento de la interfaz. Se incorporó un sonido de vuelta de página cuando se abren ventanas modales y un sonido de crujido de papel cuando se cierran. Se creó un objeto vacío que llamamos AudioCollection y volvimos los audio source hijos del AudioCollection. Por último se convirtió el AudioCollection en un *prefab* y se lo usó en las otras escenas



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 8.36: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.37: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.38: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

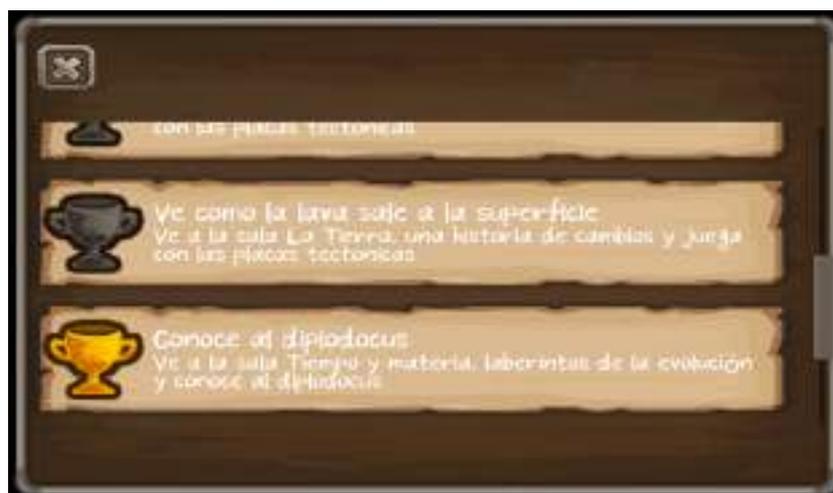


Figura 8.39: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.40: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura 8.41: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

8.5.2. Creación del primer minijuego, movimiento de placas tectónicas

Lo primero que se hizo al momento de encarar esta escena fue diseñar y crear los modelos de las placas tectónicas y las animaciones de movimientos. Esto no es un trabajo de programación sino que debe ser realizado por un diseñador.

Junto con el diseñador, a través de conversaciones vía Skype, debatimos y diseñamos los modelos y animaciones de placas que luego él creó con herramientas de modelado como 3D-max o Blender.

Esta etapa generalmente exige un trabajo en equipo entre programador y diseñador. Este minijuego no fue la excepción.

Con los modelos estáticos de las placas no hubo mayor dificultad, con una simple conversación pudieron ser creadas. La dificultad surgió al momento de crear las animaciones. Éstas tenían una particularidad que hizo que fuese necesario ser más ingenioso.

Las animaciones de placas poseen la característica que son animaciones sin *skeleton mesh*⁵, componente básico de todo modelo animado en Unity ya que es el componente dentro del modelo que es animado. Pese a que en los programas de modelado 3D las animaciones se reproducían correctamente cuando se las exportaba a un formato soportado por Unity como FBX y éstas eran importadas dentro del editor, las animaciones se rompían.

La primera solución que se pensó junto al diseñador fue usar un formato bastante reciente conocido como Alembic.⁶ Dado que Alembic no venía por defecto con Unity, hubo que ingresar al Package Manager e instalarlo.

⁵ Skeleton Mesh están formados por dos partes, un conjunto de polígonos compuestos para formar la superficie del skeletal mesh y un conjunto jerárquico de huesos interconectados que pueden usarse para animar los polígonos. Son usados a menudo en UE4 para representar personajes u otros objetos de animación.

⁶ Alembic es un formato de archivo de gráficos de computadora desarrollado por Sony y ampliamente adoptado por los profesionales de efectos visuales y animación.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Una vez instalado el formato y habiendo importado las animaciones al mismo, las primeras pruebas fueron exitosas, las animaciones se reproducían idénticamente que en los programas de modelado. Sin embargo cuando el juego era exportado a Android, las animaciones no se reproducían. Buscando la causa de esto se descubrió que Alembic no era un formato soportado por todos los sistemas operativos, los sistemas operativos para mobile (Android y iOS) no los soportaban.

Fue necesario buscar una segunda solución. Se decidió recrear las animaciones con otro método de animación 3D conocida como Morph Target Animation⁷ Esta decisión resultó ser la solución correcta. Las animaciones se reproducían correctamente tanto en computadoras como en dispositivos móviles.

Llegar a esta solución no fue fácil, requirió investigación, pruebas y sobre todo del trabajo en conjunto de ambas partes, programador y diseñador.

Una vez superada esta dificultad la implementación no tuvo mayores contratiempos. Se agregaron a los modelos estáticos *colliders* para detectar el clic sobre la pantalla y así seleccionar las placas que iban a moverse. Se implementó una interfaz de usuario dentro del mundo para seleccionar un tipo de movimiento de placas. Se agregó al AudioCollection un nuevo audio source con el sonido de un terremoto. Después se agregó al código que ejecuta la animación la reproducción del terremoto. Esto logró que aumentara significativamente el realismo y la inmersión del jugador.

Por último se configuraron los logros asociados a este minijuego.

⁷ Morph target animation, per-vertex animation, shape interpolation, o blend shapes es un método de animación 3D usada junto otras técnicas como [Skeletal Animation](#). En una morph target animation, una versión "deformada" de una malla es almacenada como una serie de posiciones de [vértices](#). En cada frame clave de una animación, los vértices son [interpolados](#) entre posiciones almacenadas.

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.42: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.43: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.44: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

8.5.3. Creación del segundo minijuego, conoce al diplodocus

A diferencia del minijuego anterior este tuvo un enfoque más tradicional. Su desarrollo siguió los lineamientos básicos de un nivel 3D en un juego.

Para poder empezar a crear este minijuego se solicitó al diseñador que creara un personaje Diplodocus con los comportamientos (animaciones) comer, caminar e *idle*⁸. Una vez obtenido el modelo del diplodocus se pasó a crear un ambiente en el cual poder colocarlo con un paquete de paisaje de bajo poligonaje que se descargó del Asset Store.

Creado el ambiente y colocado el diplodocus. Se creó un Animation Controller con los distintos clip de animación del diplodocus (caminar, comer, idle) y las transiciones entre ellas.

⁸ Idle: se refieren a animaciones dentro de videojuegos que ocurren cuando el personaje no realiza ninguna acción.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

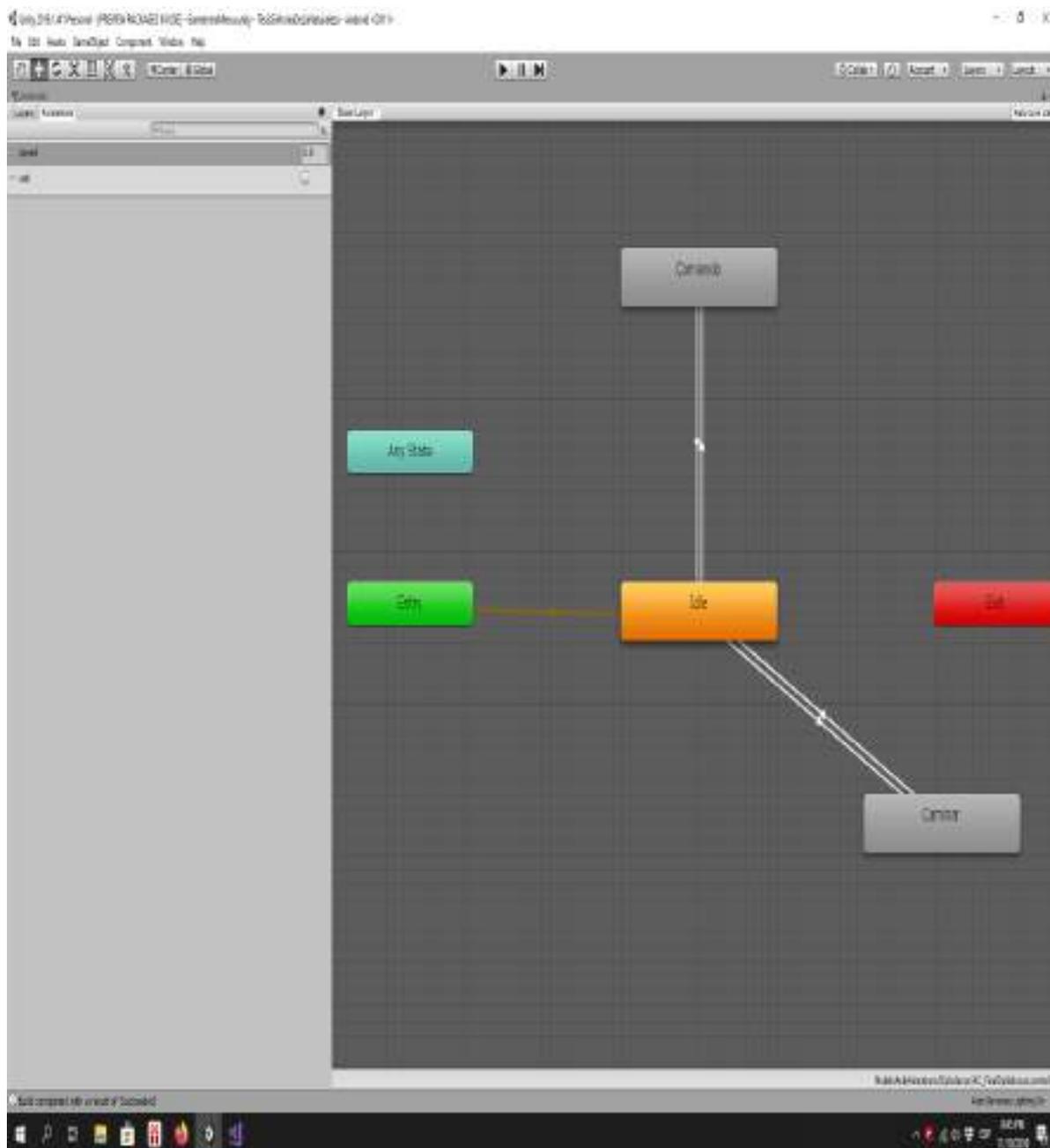


Figura 8.45: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Se creó un *navigational mesh* y se programó el comportamiento de caminar incluyendo el pasaje a la animación de caminar.

Paso siguiente se colocó un árbol y de igual manera que con el comportamiento de caminar se programó el de comer. Cuando el diplodocus come se revela un texto con información relevante asociada a su hábito alimenticio.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

De la misma manera se agregó al diplodocus una serie de botones con signos de exclamación y que al presionarlos se despliega información sobre él. Todo esto se hizo para poder incorporar como objetivo final del minijuego el responder un cuestionario.

Entonces se diseñó e implementó el cuestionario con elementos de interfaz y se agregaron los logros asociados a este minijuego.

Por último se agregó al AudioCollection cinco audio source nuevos. Cuatro con sonidos para ambientar el cuestionario como por ejemplo sonidos de respuesta correcta e incorrecta. Y uno con sonido de ambiente prehistórico. Además se creó una colección de audio source adicional con los sonidos vocales de un diplodocus y el sonido que hacía al caminar. Estos se agregaron a los comportamientos de caminar e idle. Todo esto fue para alcanzar el objetivo de mejorar la inmersión y ambientación del nivel.

Una vez terminado y probado el minijuego con los elementos a disposición. Se pasó a resolver un último detalle que era la inexactitud del ambiente. Para ello se solicitó al personal del museo que nos proporcione información sobre como era el ecosistema en el que vivía el diplodocus, principalmente material visual. Con el material aportado, el diseñador paso a crear un nuevo ambiente de bajo poligonaje más exacto.

En este minijuego el reto mas importante fue sin lugar a dudas mantener la performance. Es un minijuego muy cargado visualmente y por ende si uno buscaba más realismo esto requería mayor potencia del dispositivo en el que se ejecutase el juego. En consecuencia hubo que buscar un equilibrio entre realismo y performace. Esto dio como resultado un diplodocus realista y un ambiente en que pese a ser de bajo poligonaje se distingue la flora de la época. Resultado más que aceptable.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

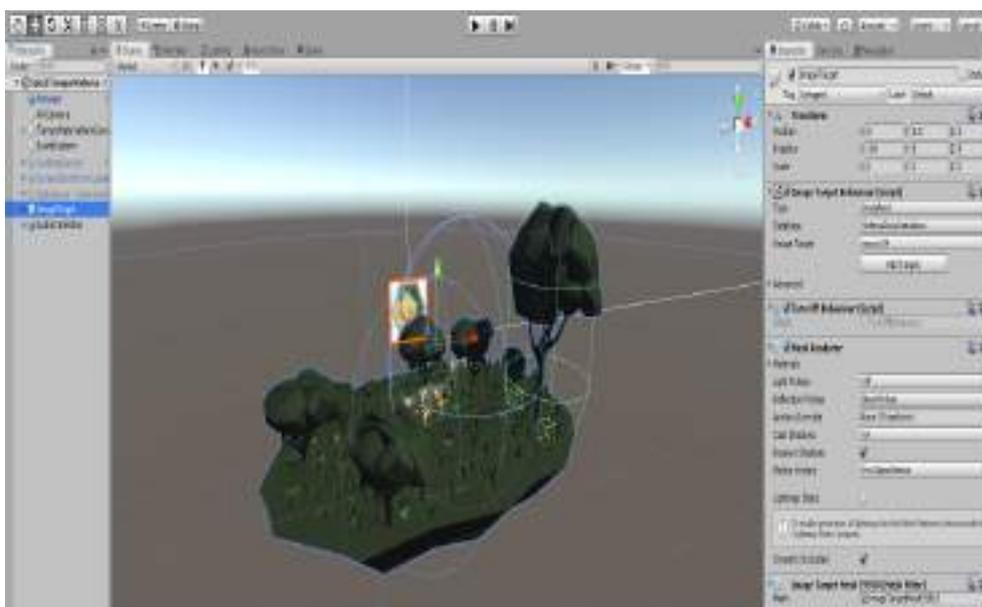


Figura 8.46: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.47: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura 8.48: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.49: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

8.5.4. Agregando múltiples idiomas

Habiendo llegado a este punto y antes de encarar el tercer minijuego se decidió analizar la posibilidad de agregar soporte para más de un idioma. El paso previo a diseñar una solución propia fue ver que nos ofrecía el Asset Store. Al disparar la búsqueda con la clave “localization” en el Store surgieron muchos

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

resultados, la gran mayoría pagos. Analizando los resultados de la búsqueda hubo uno en particular *Lean Localization* que me llamó la atención por ser gratuito y tener el máximo puntaje de cinco estrellas junto con muy buenas reseñas de los usuarios.

Paso siguiente descargamos y importamos *Lean Localization* en nuestro proyecto. Lean desde el principio no decepcionó, al estudiar la documentación y los ejemplos que vienen con el paquete, se descubrió que era una solución muy completa que ofrecía no solo tener textos en varios idiomas, sino también imágenes, sonidos, sprite, etc. Otro aspecto importante es que fue fácil de aprender y usar.

En cuanto a implementación lo que se hizo fue crear dos archivos de texto uno para los textos en inglés y otro para los textos en castellano. Se completaron los archivos con tuplas:clave=valor, o en caso de ser comentarios con tuplas://comentario.

Luego dentro de la escena GameIntro se creó un objeto vacío llamado Localization. Siguiendo los ejemplos que venían con el *asset* se crearon tres objetos como hijos de Localization. A saber:

LeanLocalization: es el objeto más importante en el cual se define la configuración de idiomas a través de la componente Lean Localization. En esta componente se configuran aspectos importantes como que idiomas va soportar el juego. Que lenguaje establecer como defecto. Que estrategia de detección de lenguaje usar. Y si se debe salvar el idioma en uso.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

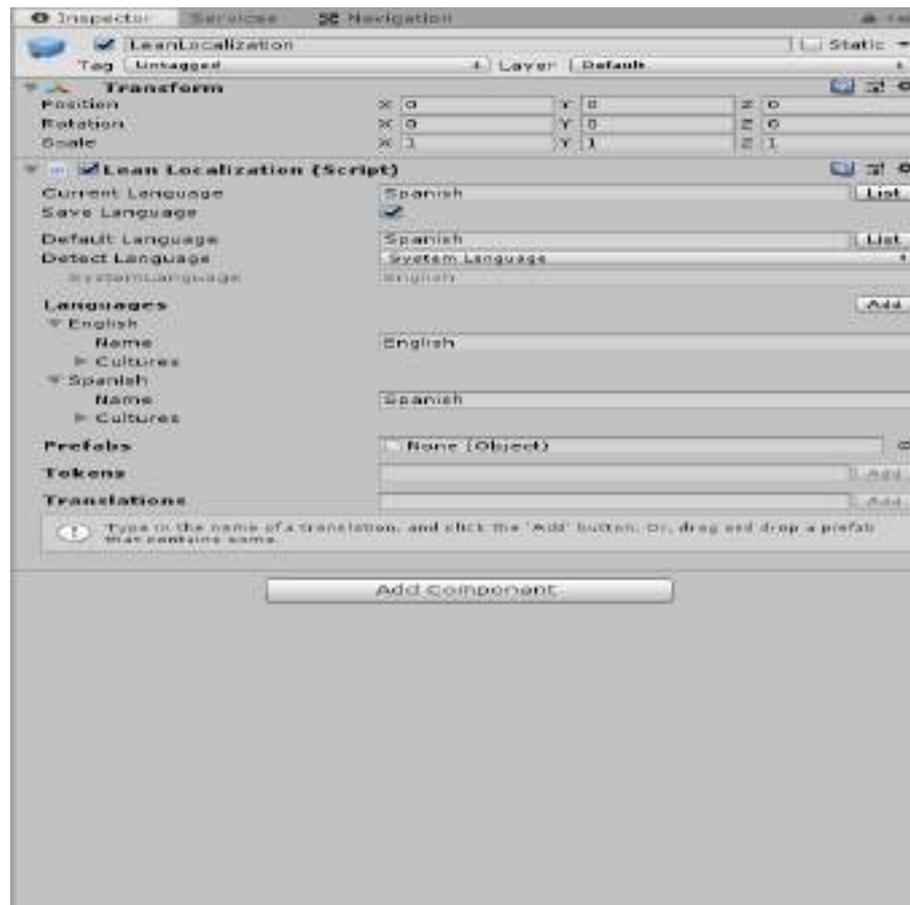


Figura 8.50: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

LeanSourceEnglish y **LeanSourceSpanish**: estos son objetos que poseen la componente Lean Lenguaje CSV. Es gracias a esta componente que podemos usar los archivos de texto como medio de almacenamiento de las líneas de texto. En esta componente se configura la fuente de donde buscar las traducciones. El idioma al que va a estar asociado. Y los distintos caracteres especiales que permiten leer el archivo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

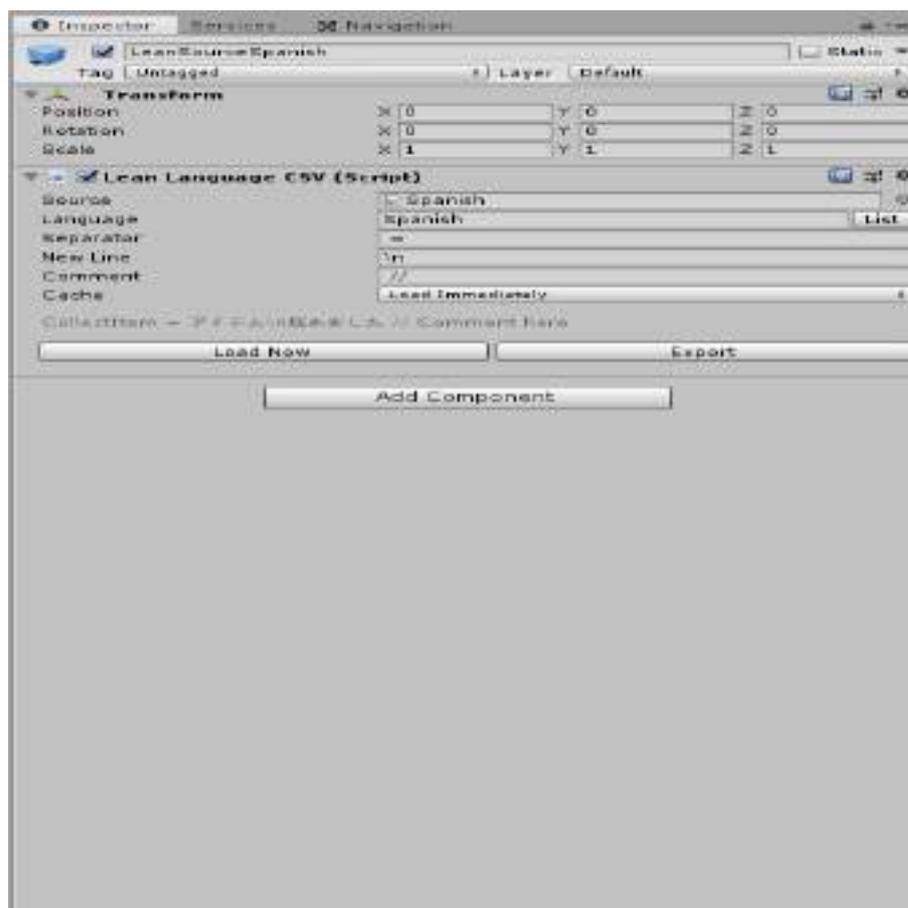


Figura 8.51: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Una vez realizada esta simple configuración estábamos listos para adaptar los textos. Usar Lean para traducir los textos fue muy sencillo, bastó con colocar a los objetos de interfaz texto el componente Lean Localization Text y en el campo Translation name indicar la clave correspondiente al texto que definimos en los archivos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

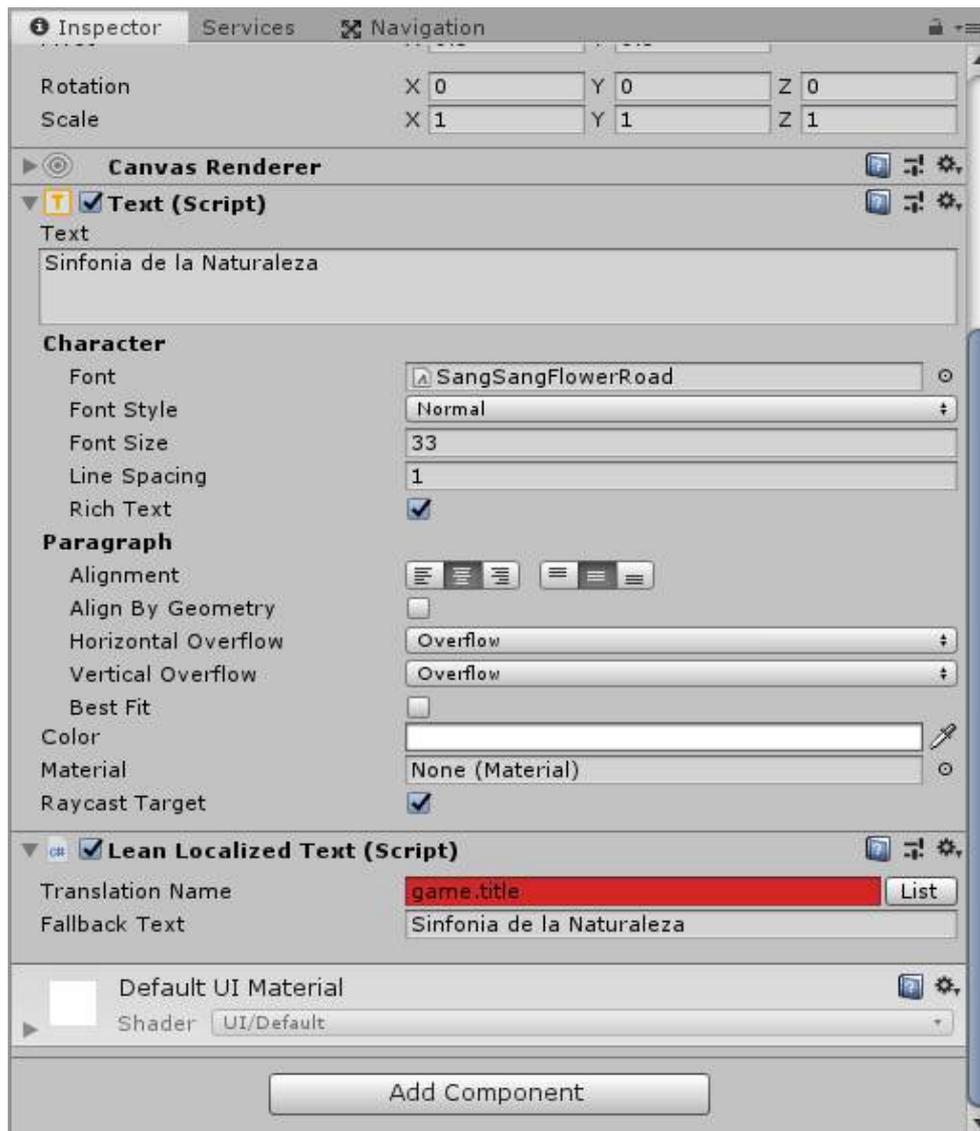


Figura 8.50: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Para los textos que se definían por código, con reemplazar el texto estático por la instrucción: `Lean.Localization.LeanLocalization.GetTranslationText("YourPhraseNameHere")` fue más que suficiente.

Es importante aclarar que este *assets* ofrece varias maneras de llegar al mismo resultado como por ejemplo usar objetos para almacenar las traducciones en lugar de archivos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

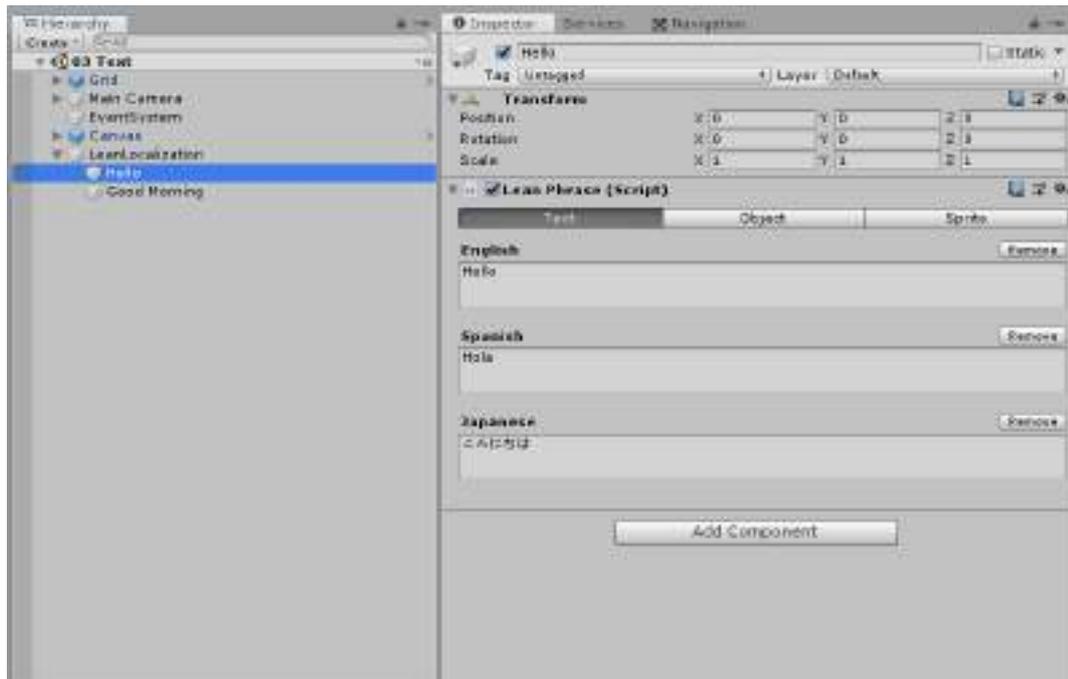


Figura 8.51: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Sin embargo se eligió esta metodología por resultar ser la más prolija y liviana en cuanto a uso de memoria ya que lo único que se quiere traducir es texto. En el caso de necesitar reemplazar imágenes y/o sonidos deberíamos usar otra metodología como la de almacenar las traducciones en objetos dentro de la escena.

El objeto Localization tiene la particularidad que debe existir en todas las escenas para que las traducciones se realicen. Ante esta dificultad teníamos dos opciones, la primera y la más estándar era crear un *prefab* de Localization y colocarlo en todas las escenas. Esto haría que cada vez que cambiemos de escena se elimine la instancia de Localization y se cree y configure una nueva. No parecía lo mejor para este caso. En lugar de eso, se optó por la solución dos que consistía en mantener la instancia viva entre escenas. Para ello se creó un simple script con la línea “ DontDestroyOnLoad(transform.gameObject);” lo que permite mantener vivo al objeto al que se le asigne este script como componente. De esta manera nos evitamos cargar de mas el proceso de pasaje entre escenas.

8.5.5. Creación del tercer minijuego, experimento de Miller

Este minijuego tiene la particularidad que, a diferencia de los anteriores se decidió usar sistemas de partículas.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Se solicitó al diseñador que modelara los instrumentos del experimento de Miller, junto con algún elemento que representara las distintas moléculas involucradas en dicho experimento. Esto no trajo mayores dificultades ya que lo que se solicitó eran únicamente modelos estáticos.

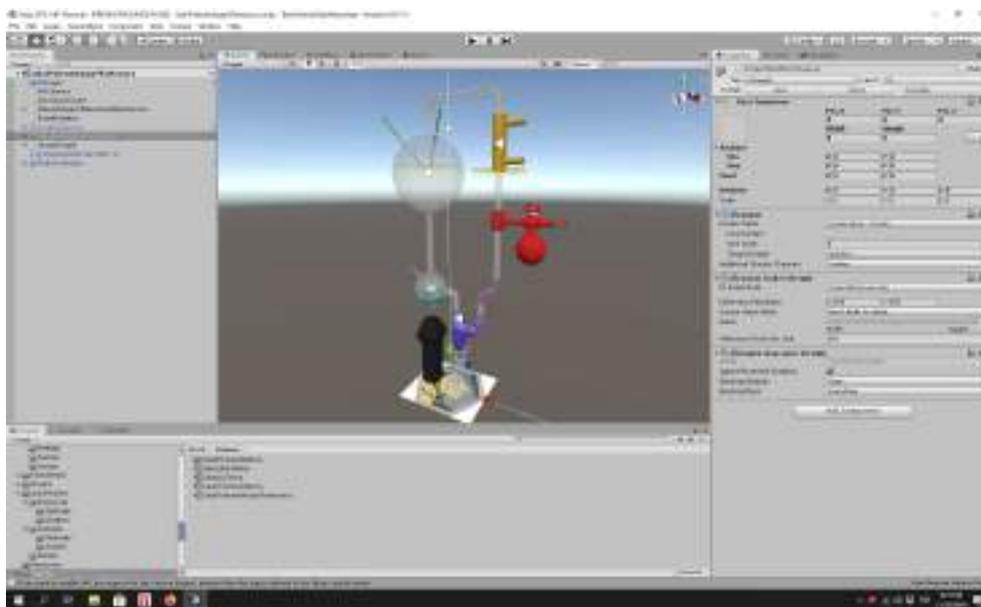


Figura 8.52: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Una vez obtenido el modelo pasamos a animar los distintos componentes a fin de poder simular el experimento de Miller. El objetivo final del juego es “recolectar” tres moléculas orgánicas y tres moléculas de oxígeno.

Para poder alcanzar este objetivo el siguiente paso fue ingresar al Asset Store y descargar:

Unity particle system: una colección de *asset* de partículas ya listo para usar ofrecida por Unity completamente gratuita.

iTween: un poderoso pero simple y fácil de usar sistema de animaciones.

Ligthing bolt effect for Unity: un *asset* que permite crear efectos de rayos eléctricos.

Una vez en posesión de estos *assets* se pasó a animar el modelo. Se agregó un efecto de fuego a la fuente de calor, se incorporó un efecto de gas frío a la zona de refrigeración, ambos con Unity particle system y se agregó un efecto de electricidad a los electrodos utilizando Ligthing bolt effect for Unity. Entonces, como de costumbre, y de igual forma a como fue hecho hasta ahora, se agregó efectos de sonido a cada animación para aumentar el grado de realismo e inmersión.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Paso siguiente creamos representaciones de las diferentes moléculas que interactúan en el experimento, éstas fueron llamadas icoSpheres.

IcosphereVaporDeAgua



Figura 8.53: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

IcosphereVaporDeAtmosferaMoleculaOrganica



Figura 8.54: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

IcosphereVaporDeAtmosferaMoleculaOxigeno



Figura 8.55: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

IcosphereVaporDeAtmosferaPrimitiva

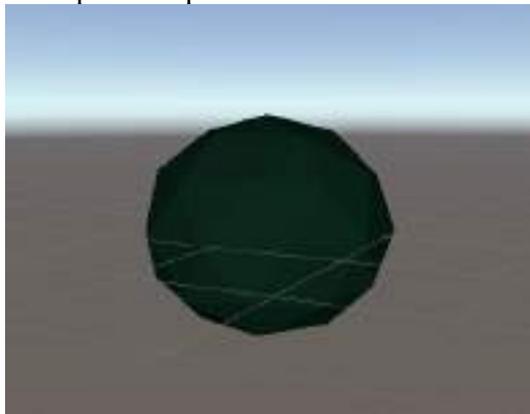


Figura 8.56: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Una vez creadas estas icospheres se crearon *prefabs* a través de ellas.

Ya teniendo todos los elementos necesarios para el juego se pasó a desarrollar la lógica. La idea del juego era muy simple, al interactuar con los distintos elementos del experimento: fuente de calor, electrodos y zona de refrigeración, se iban transformando las distintas moléculas e iban avanzando por los conductos.

Esta idea dio como origen las siguientes mecánicas:

- Al presionar sobre la fuente de calor se inicia el juego y éste continúa hasta que se presione nuevamente la fuente. La fuente de calor crea llamas que calientan el agua y éstas crean moléculas de vapor de agua.
- Cuando las moléculas de vapor de agua pasan por los electrodos se electrifican y se convierten en moléculas similares a las que existían en la atmosfera en la prehistoria.
- Luego al pasar por la zona de refrigeración, estas moléculas primitivas se dividen en moléculas orgánicas y moléculas de oxígeno.
- Por último, estas moléculas viajan a sus respectivos puntos de salida. En ellos existe manijas que deben ser giradas para que la molécula pueda ser recolectada.

La dificultad del juego y por ende su diversión radica en que cada uno de estos puntos de interacción se mantienen activos por un período de tiempo. Por ende se debe sincronizar bien los pasos sino las moléculas se pierden. Es decir si una molécula de vapor de agua llega a los electrodos y estos no están encendidos,

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

la molécula se pierde. Lo mismo pasa con la zona de refrigeración y los puntos de recolección.

El logro se desbloquea si se recolectan tres moléculas orgánicas y tres moléculas de oxígeno.

Para poder activar los puntos de interacción se incorporaron distintos *collider* que detectan que se presionó sobre ellos.

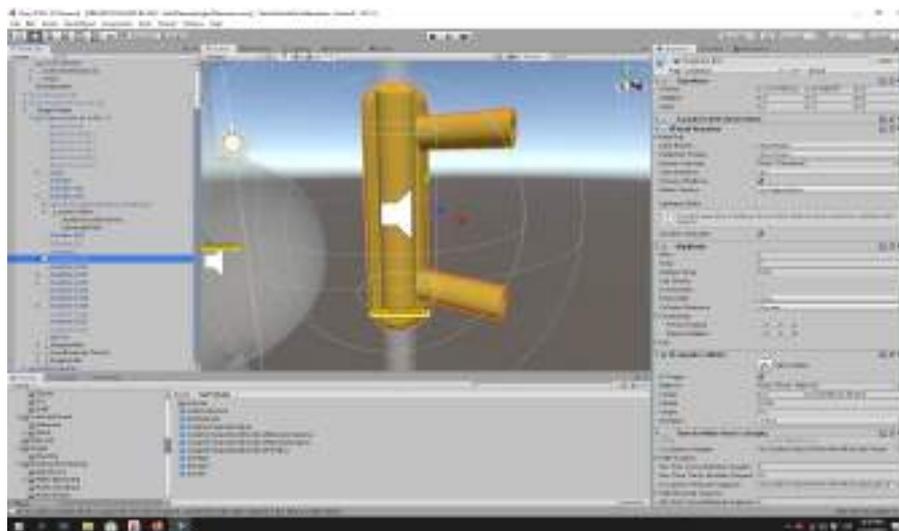


Figura 8.57: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

De la misma manera se agregaron objetos vacíos con un único componente *collider* que detecta que una molécula ha llegado al punto de interacción.

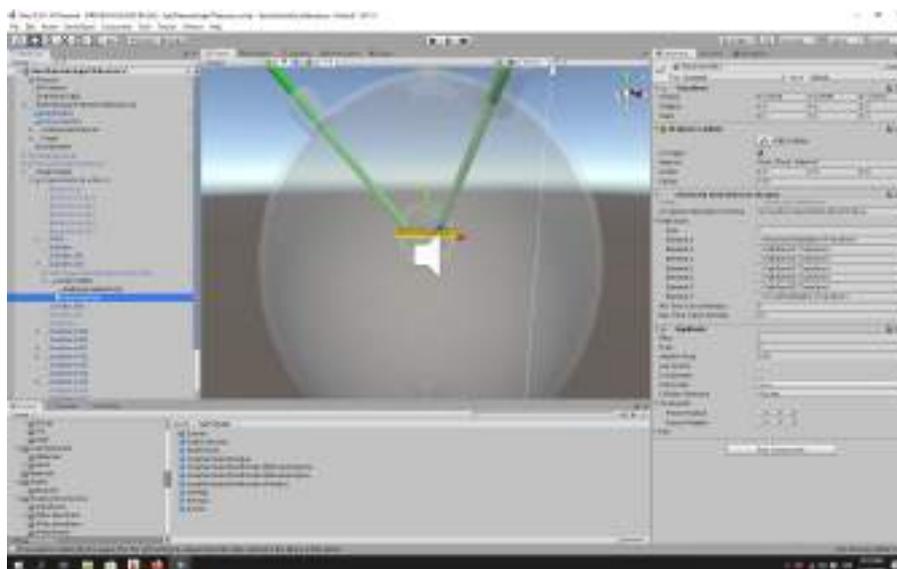


Figura 8.58: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Por último para lograr que las moléculas siguieran un trayecto establecido se uso iTween. Más específicamente su método MoveTo. Este funciona indicándole un punto de destino representado por un objeto o un recorrido también indicado por una serie de objetos en la escena. Para este caso se crearon jerarquías de objetos vacíos que fueron ubicados estratégicamente en el modelo para hacer que las moléculas sigan el recorrido que estos objetos arman.

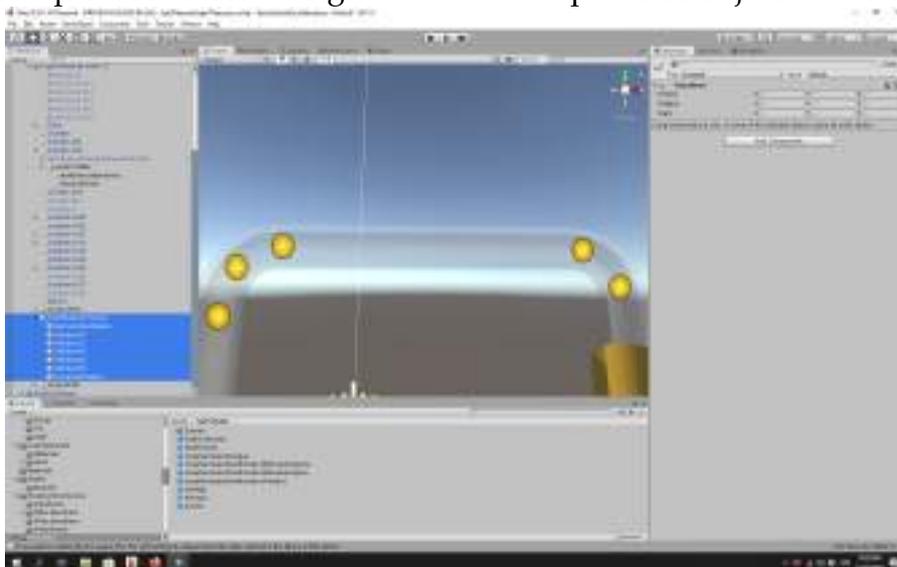


Figura 8.59: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.



Figura 8.60: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

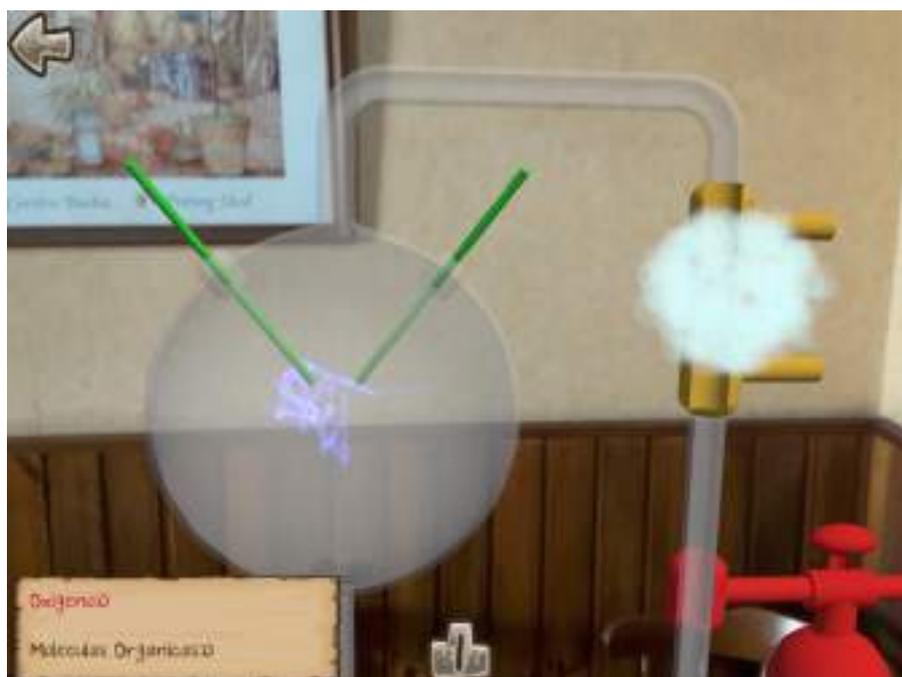


Figura 8.61: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

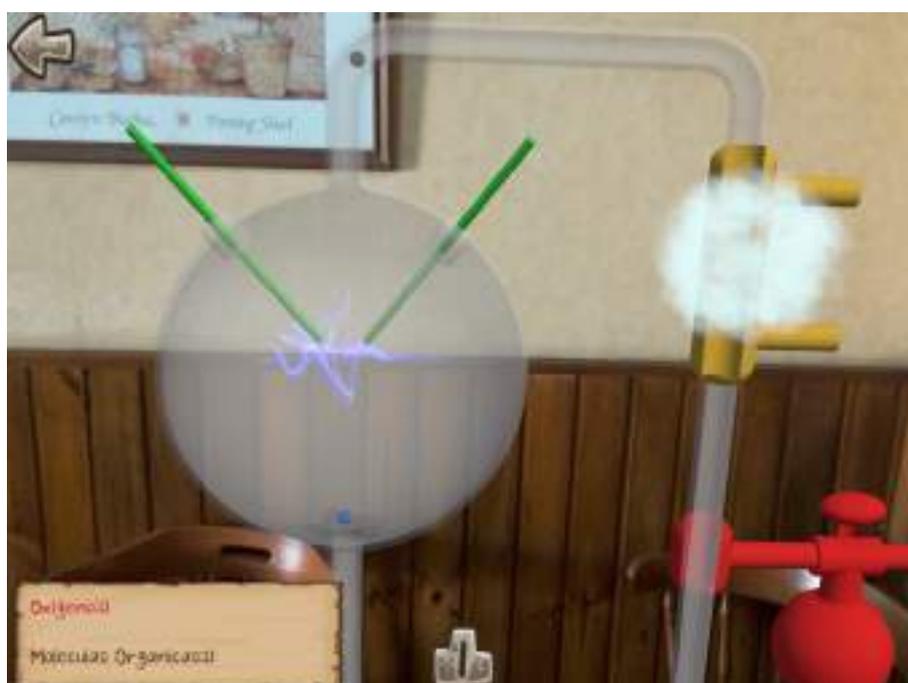


Figura 8.62: Captura de pantalla Sinfonía Terrestre.

8.5.6. Incorporación de un tutorial de juego

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Al finalizar los tres minijuegos con todas sus mecánicas incorporadas, estábamos en condiciones de diseñar y desarrollar un tutorial que ayudara y guiara a los jugadores a interactuar correctamente con el juego.

Esta implementación aunque puede llegar a no parecerlo es de gran importancia. Principalmente funciona como un nivelador ya que ayuda a aquellos jugador a los que no les resulta intuitivo jugar el juego evitando en muchos casos que éstos abandonen el juego al frustrarse por no saber cómo jugarlo.

Al diseñar el tutorial se buscaba que:

Se desplegara la primera vez que se ejecute Sinfonía y la primera vez que se jugara cada minijuego. Ejecuciones posteriores no deberían ver el tutorial de manera automática.

Que pudiera repetirse en caso de que el jugador lo quisiese.

Que pudiera explicar tanto aspectos generales de las mecánicas de juego, como aspectos más detallados en caso de ser necesario.

Para cumplir estos objetivos se pensó en una serie de “pistas”, las cuales fueran resumidas y precisas. Este diseño era deseable ya que es preferible tener varias pistas, a tener mucho texto en una única pista. Esto se debe a que leer mucho y seguido resulta aburrido, engorroso y lento para muchos jugadores mientras que textos cortos y continuos resultan fácil y ligeros de leer, logrando mantener la atención del jugador y evitando que salte el tutorial sin leerlo para luego encontrarse que no le resultan intuitivas las mecánicas.

Esta “serie de pistas” pasó a convertirse en un módulo, el cual debía ser agregado y configurado en todas las escenas. Este módulo se compone principalmente de una lista de “pistas”. Estas pistas se definieron como pasos dentro del tutorial. Los pasos se crearon como objetos vacíos dentro de la escena y agregándoles un script que llamé Step. Este script nos permite configurar la pista como queramos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

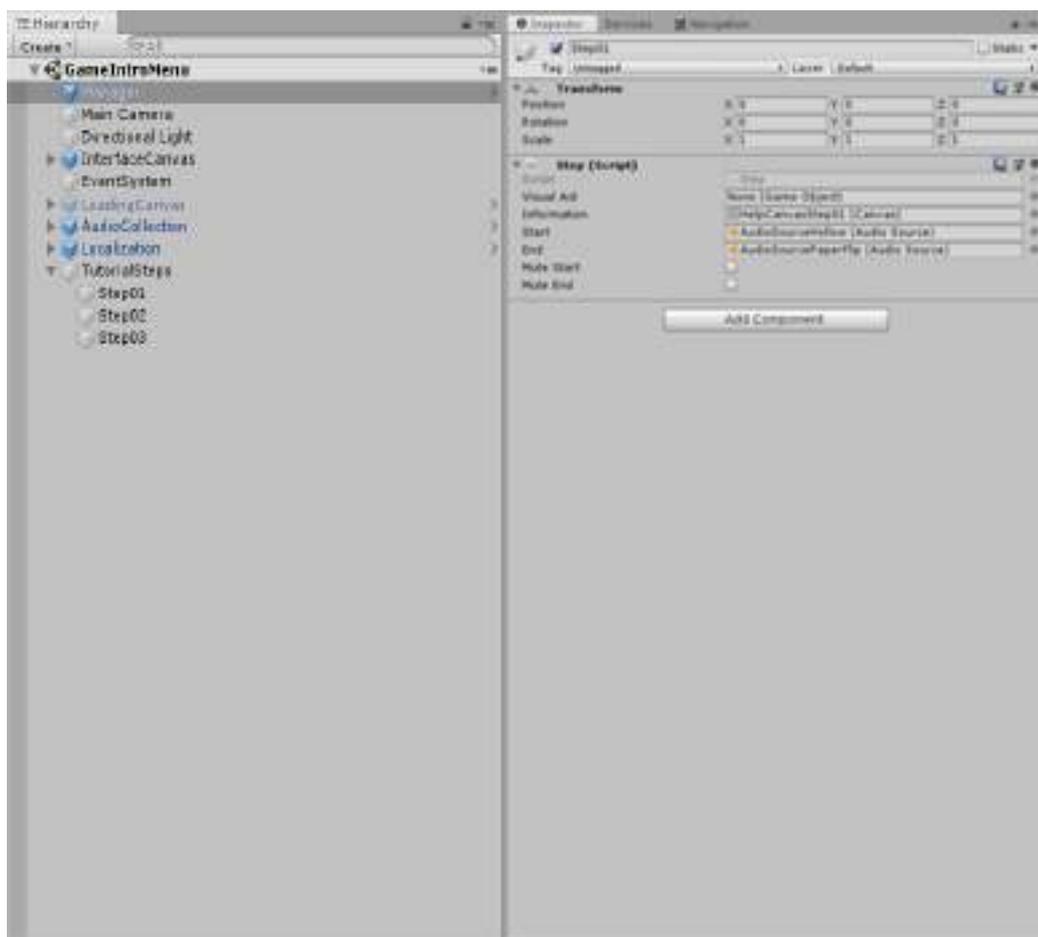


Figura 8.63: Objetos Steps. Script Step.

En el Step se pueden definir un canvas de información (campo Information del script) como el que se puede ver en la imagen siguiente.



Figura 8.64: Canvas de información.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

O se pueden definir objetos 3D dentro de la escena como ayudas visuales (campo Visual Aid del script). Estos fueron pensados para pistas más detalladas dentro del minijuego a diferencia de los canvas de información que fueron pensado para pistas más generales.



Figura 8.65: Objeto Flecha como ayuda visual.

Una vez definidos los Steps deberá incorporarse en la escena un script llamado Tutorial Manager. En él se centra la configuración que resulta en el correcto funcionamiento del tutorial.

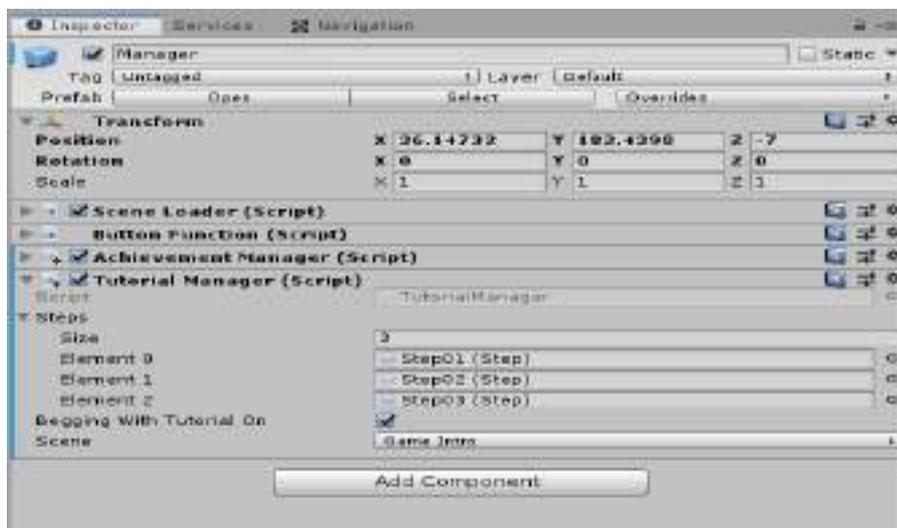


Figura 8.66: Script Tutorial Manager.

En él se deben incorporar los Steps a la lista de steps en el orden en que uno quiera que aparezcan, después se indica en qué escena estamos, esto es importante porque permite guardar de manera sencilla que tutorial de que escena se finalizó para mantener un registro y no repetir aquellos que ya se vieron

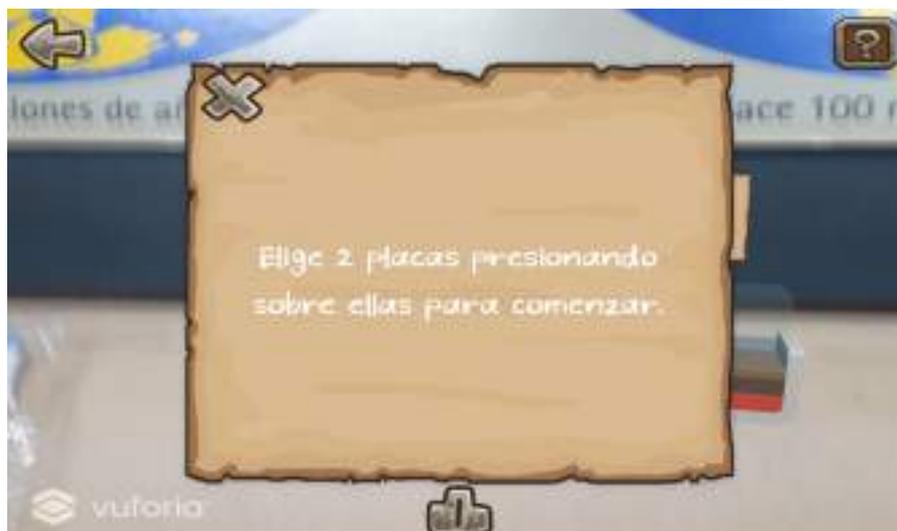
Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

en su totalidad. Por último se indica si el tutorial se despliega automáticamente cuando comienza el juego o un minijuego.

Una vez terminada la configuración, el funcionamiento es bastante sencillo. Cada vez que cierra un Step ya sea presionando en la cruz en caso de los canvas o realizando la acción indicada en el caso de las ayudas visuales, ésta manda una señal al Tutorial Manager el cual despliega el siguiente Step hasta que se termina la lista. Resulta importante aclarar que mientras se ejecuta el tutorial no se puede realizar ninguna otra acción mas que cerrar el Step actual. Esto se realizó así para evitar que el jugador presione y realice acciones que lo confundan mientras enfoca su atención en el contenido de los Steps.

Por último se incorporó un botón con un signo de pregunta arriba a la derecha de la pantalla el cual arranca el tutorial en caso de necesitar repetirlo.



Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

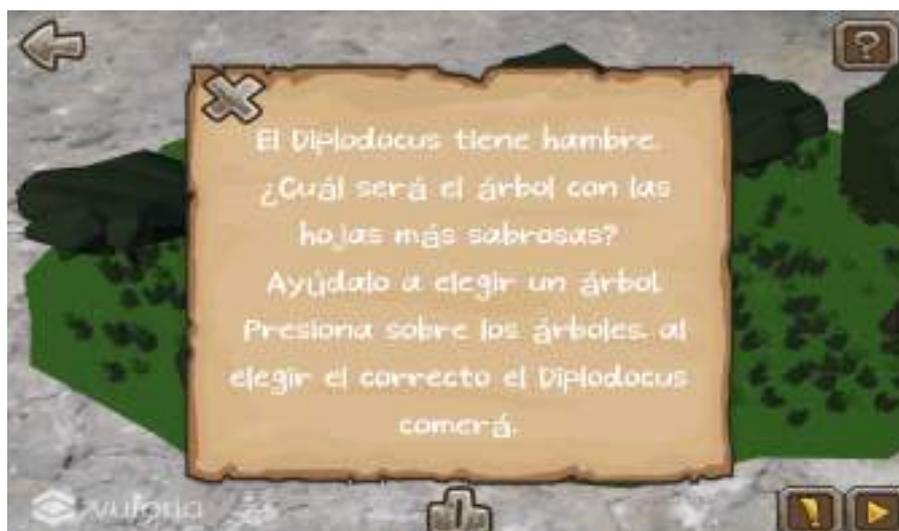
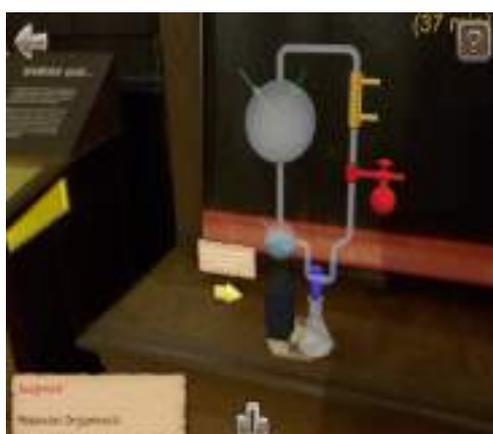
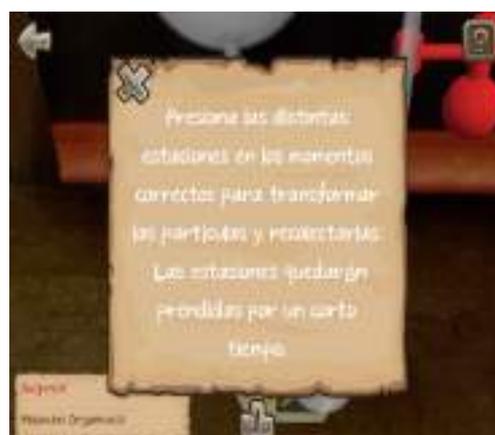


Figura 8.67/68/69: Tutorial Diplodocus.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

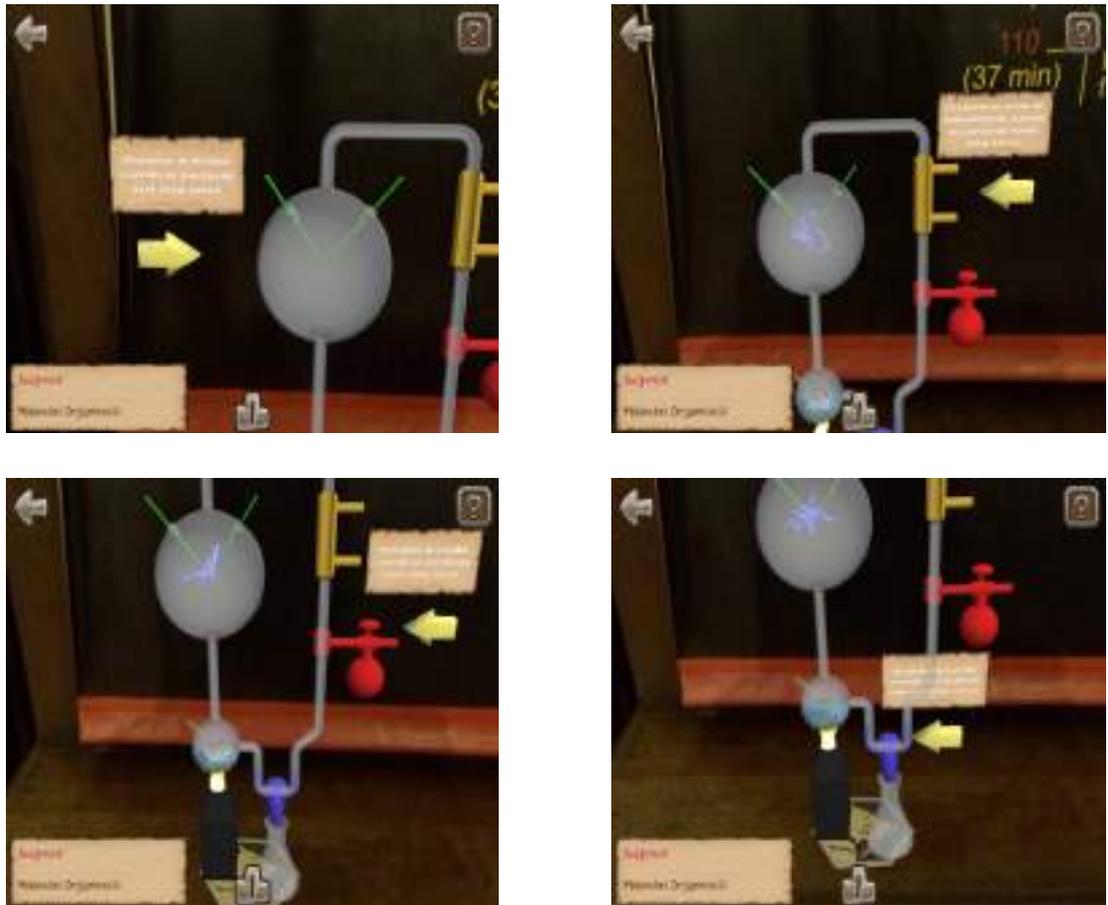


Figura 8.70: Secuencia completa del Experimento de Miller.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

9. Evaluación del Prototipo

Como se ha mencionado anteriormente, desde un primer momento y a los largo de todo el desarrollo, Sinfonía se planteó como un videojuego que lograra un equilibrio entre dos cuestiones: por un lado debía ser entretenido y atrapar a los jugadores, y por otro, debía estimular y facilitar el aprendizaje de los temas expuestos en las salas del museo.

La investigación teórica realizada, contribuyó a reafirmar la postura de que para desarrollar un videojuego educativo que aproveche al máximo las posibilidades del medio, es imprescindible la comunión entre estas dos cuestiones.

Por un lado, un videojuego educativo con poco contenido, no aportará demasiado. Por otro lado, un videojuego con un alto grado de contenido, pero con falencias en el diseño de la jugabilidad y la integración de los mismos, probablemente no generará deseos de ser jugado, desaprovechando lo más atractivo del medio.

En este capítulo se describirán las distintas pruebas realizadas con los destinatarios de este videojuego, evaluando los resultados obtenidos tanto en los aspectos de jugabilidad, como en los pedagógicos, describiendo los cambios y decisiones derivadas de ellas.

9.1. Primer testeo del prototipo

Para obtener una primera impresión del impacto provocado por la mecánica básica del juego, las dinámicas generadas a partir de ella y las respuestas emocionales surgidas de la interacción con el juego, se realizó una prueba durante una visita a las tres salas del Museo junto con una guía del lugar.

En primera instancia Sinfonía fue testado por la guía del Museo de Ciencias Naturales de La Plata, quien después nos acompañaría en el primer testeo con público. Su prueba fue muy productiva ya que, debido a su rol en la transmisión de los contenidos del lugar y a su vasta experiencia interactuando con los visitantes del mismo, nos sugirió cambios importantes que fueron resueltos para mejorar la transmisión del contenido educativo, antes de la prueba en público.

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Desde un principio la guía mostró un gran interés y entusiasmo, tanto por el juego serio en sí como por jugarlo. Este entusiasmo no disminuyó durante el testeo sino todo lo contrario se incrementó, lo que permitió que se creará un ambiente cómodo en el cual el intercambio de ideas y puntos de vista fuera sencillo y fluido.



Figuras 9.1/2/3: Fotos primer testeo en el museo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

A partir de su devolución se realizaron algunos cambios menores, pero muy valiosos en la forma en la que se presenta la información al jugador. Estos cambios surgieron principalmente de que según la guía en el minijuego 1, movimiento de placas tectónicas, no se entendía la relación entre el proceso y el resultado. Es decir, el jugador no entendía que es lo que estaba haciendo y porqué producía ese resultado. Esto se debía principalmente a que se nombraron los botones de los movimientos entre placas con sus términos científicos.

Su propuesta fue cambiar estos términos por palabras más coloquiales y explicar que a ese movimiento entre placas se le llama por ejemplo subducción. En consecuencia se cambió en el minijuego 1 los términos en los botones por palabras más coloquiales: divergente por separar, convergente por chocar y transform por friccionar. Entonces se agregó un cartel el cual explicaba el movimiento y que resultados produce.

En el minijuego 2, conoce al diplodocus, observó que el contraste entre el color del suelo y el diplodocus no era suficiente haciendo que se dificultara ver sus movimientos. Se optó por cambiar el color del suelo por un verde más claro contrastando mejor con el modelo del dinosaurio.

El minijuego 3 no sufrió cambios.

Por último la notificación que anunciaba la obtención del logro no se apreciaba con claridad. Para solucionar este problema se decidió centrar el cartel y aumentar la permanencia de este en pantalla.



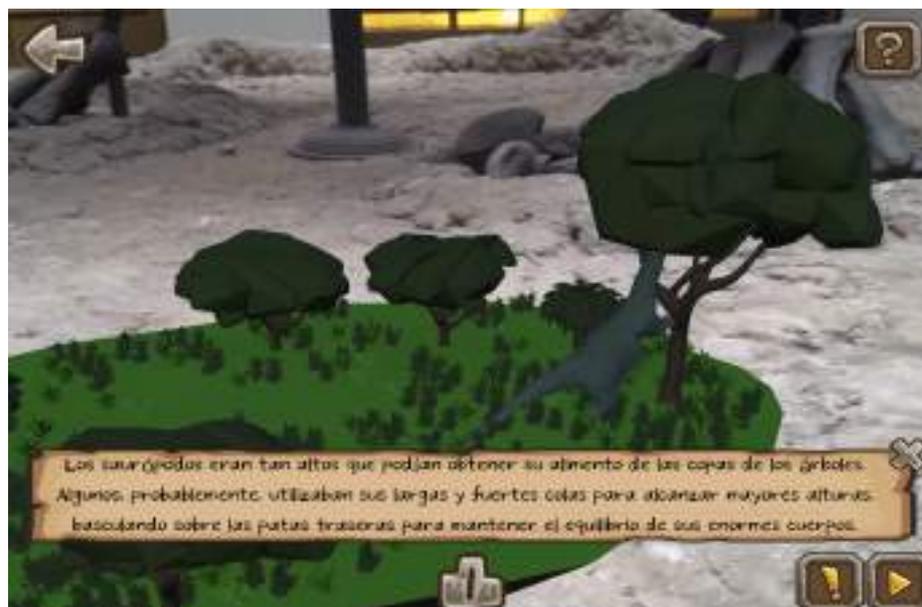
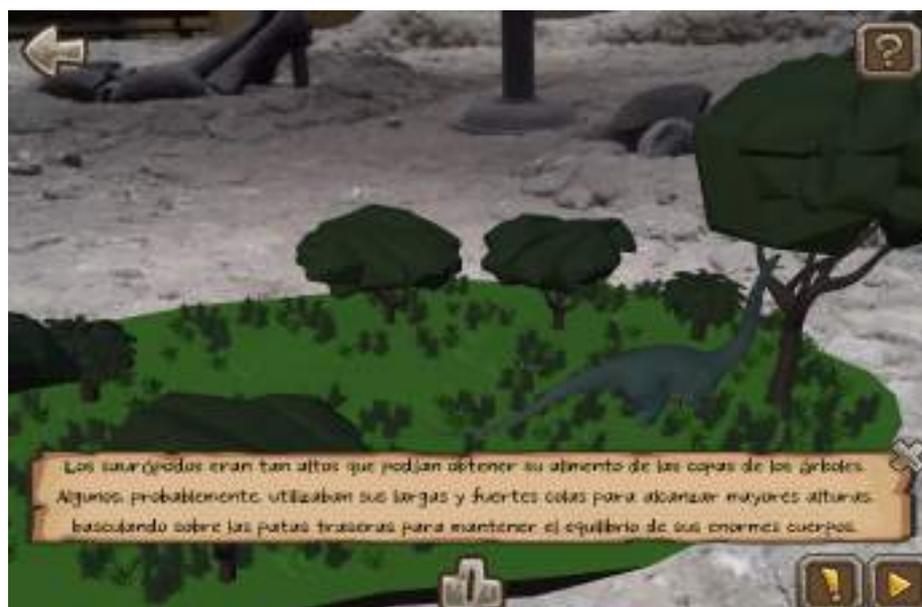
Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figuras 9.4/5/6: Estado final del minijuego Movimiento de Placas Tectónicas.



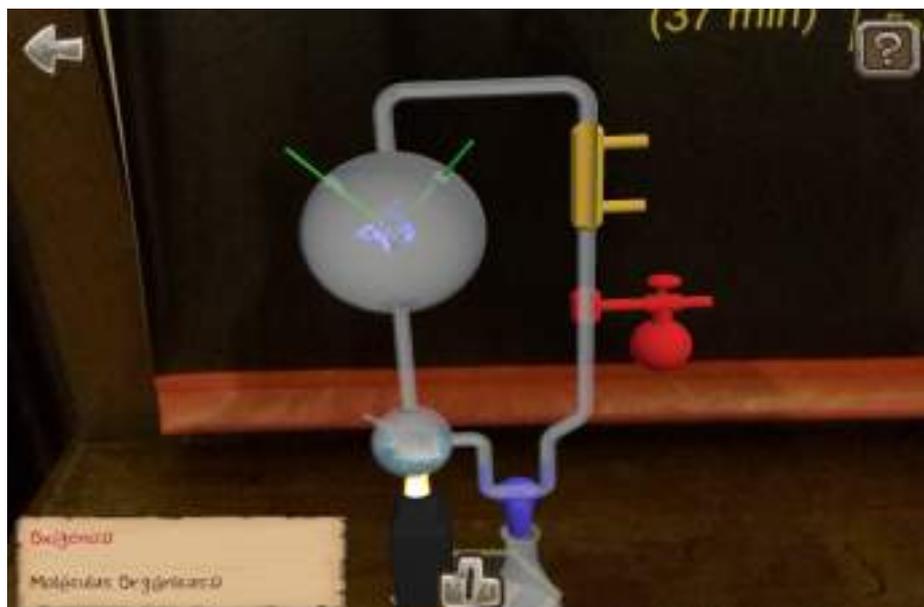
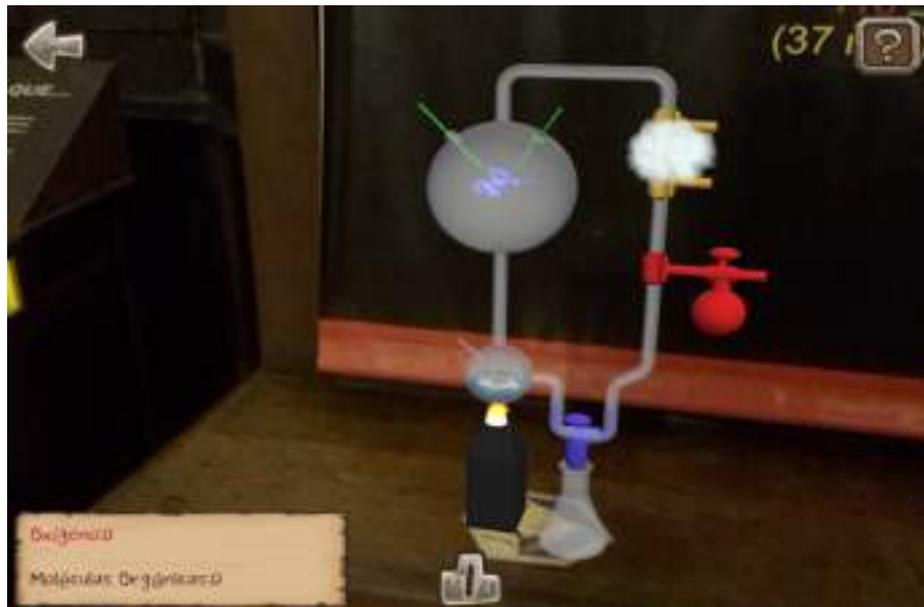
Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figuras 9.7/8/9: Estado final del minijuego Conoce al Diplodocus

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figuras 9.10/11/12: Estado final del minijuego Experimento de Miller

9.2. Segundo testeo del prototipo mejorado

Habiendo completado una nueva versión del juego Sinfonía incluyendo los cambios sugeridos, se coordinó para una prueba con público visitante. Para ello, se participó de una visita guiada al museo. A la visita asistieron 35 personas de todos los rangos de edades. El grupo estaba compuesto de 14 chicos entre 9 y 13 años, 4 adolescentes de entre 15 y 18 años, 15 adultos entre 20 y 60 años y 2 mayores de 60. La elección de un grupo tan heterogéneo de personas para el testeo está relacionada con el objetivo de este ensayo.

Los objetivos de este testeo fueron: determinar el grado de entusiasmo e interés que producido por el juego en los visitantes, observar la interacción con el juego y los precisar los efectos producidos tanto a nivel emocional como de aprendizaje de los contenidos.

Resultaba deseable que haya una gran variedad de personas de distintos rangos de edades ya que esto nos permitirá ver una gran variedad de reacciones. No es igual como un niño de 10 años encara un juego a como lo hace un adolescente o un adulto. Y ésta, al fin y al cabo, es la situación más real con la que se podría encontrar Sinfonía ya que si hablamos del juego en un estado productivo, éste estaría disponible para todos los visitantes independientemente de su edad.

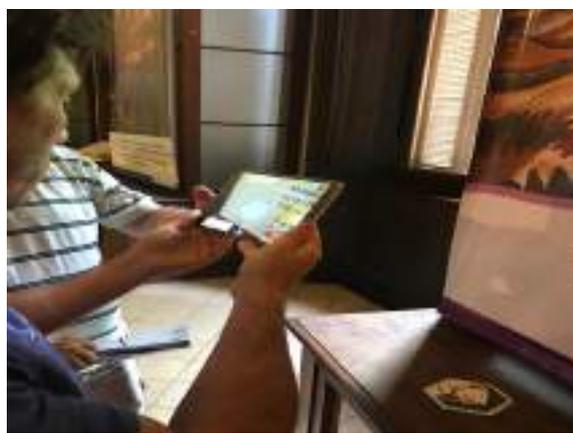
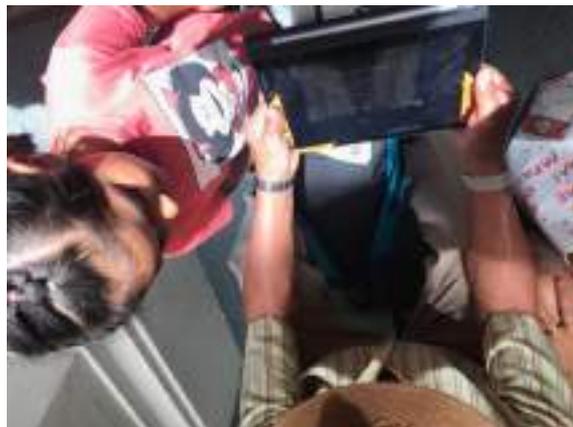
Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Durante el testeo lo primero que se pudo observar fue que no le es natural a las personas los juegos de AR con estas características. Es decir, aplicados a un espacio en concreto y con fines educativos. Esto demuestra que todavía en Argentina la tecnología AR es muy novedosa y no existe muchas oportunidades en la que el público pueda disfrutar de ella.

Pese a esto todos mostraron un gran interés en jugar y aprender, se divertieron y pudieron asimilar el contenido.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figuras 9.13/9.22: Estado final del minijuego Experimento de Miller

Analizando los diferentes grupos etéreos que participaron de la prueba, se pudo observar que los niños menores de 10 años pasan los tutoriales muy rápido, ellos aprenden rápidamente a jugar, pero no asimilan todo el contenido educativo, excepto que estén jugando en grupo con sus padres. Por otro lado se observó que los niños mayores fueron capaces de disfrutar y aprovechar el juego y lo hicieron de manera independiente, mientras que muchos de los adolescentes y adultos jugaron y disfrutaron en grupo (familias o amigos). Con respecto a la gente mayor, no mostró interés en jugar hasta que su familia, principalmente nietos e hijos los invitaron y se notaron sorprendidos con la aplicación.

Sinfonía logró acoplarse bien con las salas, resaltando el contenido en ellas sin llegar a reemplazarlo. Lo que es muy importante ya que el objetivo de los juegos serios con AR, aplicados a museos, es siempre resaltar el contenido de la salas y no superarlo. Es decir, el juego no debería robar la atención del resto del contenido expuesto.

Cabe resaltar que el minijuego 3, experimento de Miller, terminó siendo un caso especial. El minijuego fue el más difícil de jugar debido mayormente a

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

su complejidad innata y al hecho de que la sala en la que iba a estar no fue terminada. Requirió que todos los visitantes usarán el instructivo para poder jugarlo. Los primeros en resolverlo fueron los niños y una porción de los adolescentes. Los adultos lograron terminarlo pero les resultó más complejo y algunos requirieron de la ayuda de sus parientes pequeños.

Con el fin de determinar los sentimientos provocados por los diferentes minijuegos y las opiniones resultantes de experimentar este juego serio, al finalizar el testeo se les suministró a los visitantes una pequeña encuesta referente a estas cuestiones.

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Museo de Ciencias Naturales de La Plata
Sinfonía Terrestre
¿Me ayudás a evaluar la aplicación?

(1) ¿Te gustó usar la aplicación para recorrer las salas del Museo?

				
¡Muy poco	Poco	Sí, me gustó	Me gustó mucho	Sí, excelente

(2) ¿Te resultó fácil usarla?

				
No, muy difícil	Difícil	Sí	Sí, muy fácil	Sí, super fácil

(3) El uso de la aplicación te ayudó a entender el contenido de las salas?

			
No, para nada	Un poco	Bastante	Sí, me ayudó a entender

(4) Dentro de la aplicación, ¿cuál sala te gustó más?

		
SALA 1: Placas tectónicas	SALA 2: Diplodocus	SALA 3: Experimento de Miller

(5) ¿Te gustaría volver a usar Sinfonía Terrestre, la aplicación con realidad aumentada?

	
NO	SÍ

(6) ¿Tenés alguna recomendación para hacernos (algo para incluir en la aplicación por ejemplo)?

.....

.....

(7) ¿Hay algo que no te gustó en la aplicación que quieras contarnos?

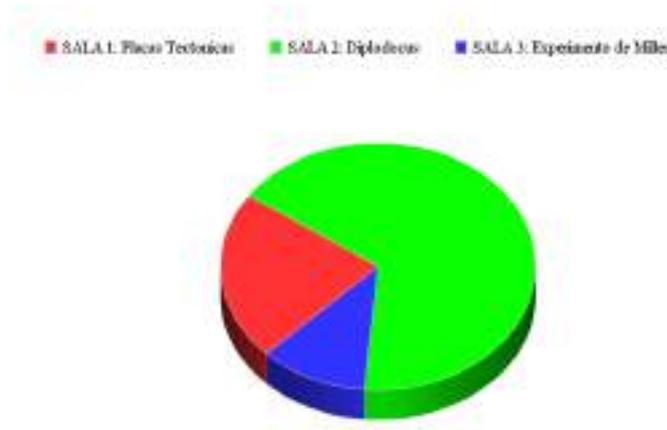
.....

.....

Figuras 9.23: Imagen de la encuesta realizada

Como parte de los resultados de la encuesta el 67% respondió que Conoce al Diplodocus fue el que más les gustó, el 21% optó por el minijuego de Placas Tectónicas y el 12% restante disfrutó más del Experimento de Miller.

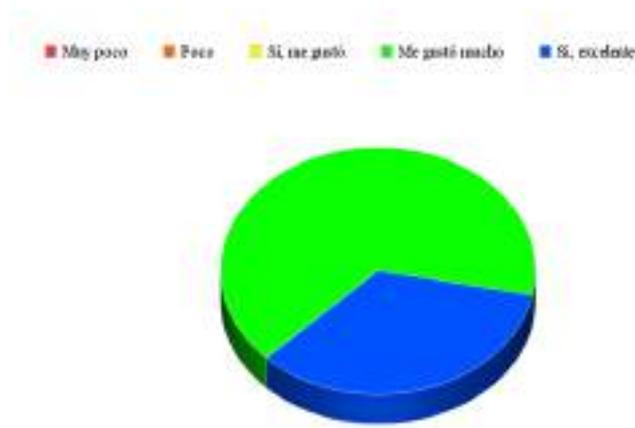
Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figuras 9. 24: Gráfico de torta resultados de la encuesta

Con respecto a las preguntas uno, dos y tres los resultados fueron:

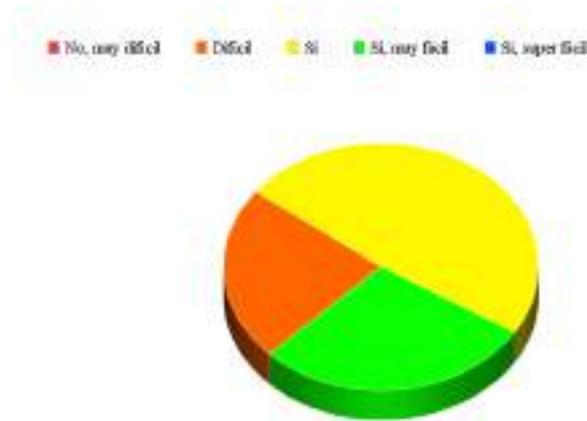
Pregunta 1: ¿Te gustó usar la aplicación para recorrer las salas del museo? La respuesta fue muy satisfactoria ya que nadie del grupo escogió una opción negativa sino todo lo contrario. Las opciones escogidas fueron las 2 más positivas. Habiendo un 65.7% de los visitantes que respondieron que Sinfonía les gustó mucho y un 34.3% que dijo que era excelente.



Figuras 9. 25: Gráfico de torta resultados Pregunta 1

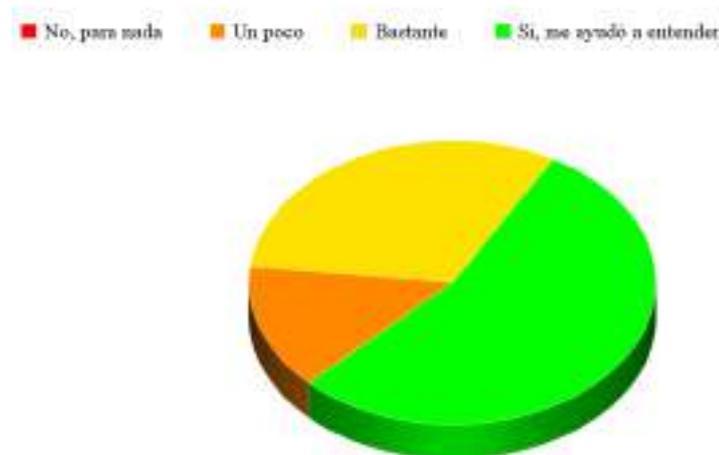
Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Pregunta 2: ¿Te resultó fácil de usar? El resultado fue bastante positivo, sin embargo, hubo un pequeño porcentaje de los visitantes que expresaron que el juego les resultó difícil de usar. Más específicamente el 22.8% dijo que le fue difícil de usar, el 48.5% dijo que le fue fácil y el 28.7% dijo que le resultó muy fácil.



Figuras 9. 26: Gráfico de torta resultados Pregunta 2

Pregunta 3: ¿El uso de la aplicación te ayudó a entender el contenido de las salas? En esta pregunta el resultado también fue satisfactorio ya que no hubo un visitante que respondiera negativamente. Para ser más exactos el 14.2% respondió que lo ayudó un poco, el 31.4% respondió que los ayudó bastante y el 54.4% respondió que sí los ayudo a entender.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figuras 9. 27: Gráfico de torta resultados Pregunta 3

En el caso de la Pregunta 5 la respuesta fue unánime, el 100% respondió que les gustaría volver a usar Sinfonía en el museo.

Con respecto a las preguntas cualitativas de la encuesta, se pudo apreciar un deseo de que la interfaz sea más intuitiva. En algunos casos expresaron alguna disconformidad con alguno de los juegos, por ejemplo: en el caso del minijuego de placas tectónicas un visitante expresó que le resultó incómodo intentar enfocar y leer al mismo tiempo.

Pero sobre todo se pudo apreciar un gran deseo por más minijuegos y la inclusión de otras salas, no solo las relacionadas con las eras geológicas sino también las salas del primer piso que abordan culturas antiguas.

En conclusión la experiencia fue muy buena y enriquecedora. Se pudo apreciar el gran futuro y potencial que tienen este estilo de juegos serios al mismo tiempo que se pudieron detectar posibles mejoras, como rediseñar algunos aspectos de la interfaz para que sea más intuitiva. Asimismo este resultado motiva el desarrollo para las restantes salas del Museo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

10. Conclusiones y Futuras líneas de trabajo

10.1. Conclusiones

A lo largo de esta tesina, se han analizado las distintas etapas involucradas en la creación del videojuego de Realidad Aumentada, cuyo objetivo es volver más atractivo para los visitantes del Museo de Ciencias Naturales de La Plata el aprendizaje sobre el contenido expuesto en sus respectivas salas

Como parte de este trabajo, se analizaron los criterios que motivaron cada aspecto del diseño del juego, los motores de juego utilizados, los aspectos técnicos concretos de la implementación de Sinfonía, y la integración de contenidos educativos como parte misma del juego.

Para cada una de estas etapas, se ha descripto oportunamente un marco teórico, y se han expuesto los desafíos encontrados y su forma de resolución.

La realización de un videojuego es, de por sí, una tarea compleja. Debe satisfacer, entre otras cosas, las expectativas de los jugadores, producir emociones y motivar el deseo de seguir jugando. Para esto, además de presentar mecánicas de juego interesantes, el mismo probablemente deberá resultar atractivo en distintos aspectos: arte visual, arte sonoro, diseño narrativo, etc.

Hacer un videojuego con fines educativos, incorpora otro grado de complejidad. Además de los requisitos antes mencionados, un juego serio debe buscar servir al propósito (más allá de la diversión) con el que fue concebido.

A todas las cuestiones relativas al diseño del juego, debe sumarse la complejidad inherente de la implementación del juego diseñado, complejidad que crece al utilizar una tecnología relativamente nueva como Realidad Aumentada.

Al momento de planificar la creación de un videojuego serio, debe tenerse en cuenta la complejidad de cada una de las etapas y la cantidad de tareas distintas involucradas en la concreción de cada una de ellas, planteando a partir de este análisis un diseño de juego acorde a los plazos y recursos disponibles.

Con respecto al juego resultante y su uso como objeto de aprendizaje, en esta tesina se implementaron minijuegos que introducen distintos contenidos de diversas salas. Además, fueron puestas a prueba con resultados satisfactorios en diversas instancias de testeo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

La integración de estos contenidos como parte del juego y no como algo forzado, fue un factor determinante para la aceptación del mismo como un todo por parte de los visitantes, que pudieron aprender sobre el movimiento de placas tectónicas, sobre el diplodocus y sobre el origen del oxígeno y la materia orgánica de nuestro planeta.

Más allá de los aspectos de Sinfonía que puedan seguir siendo completados y mejorados, este desarrollo ha permitido verificar principalmente dos cuestiones. Desde lo técnico, las capacidades de las tecnologías de Realidad Aumentada para la creación de juegos complejos embebidos en espacios educativos informales como los museos; y desde lo educativo, la potencialidad de los videojuegos serios con AR como objetos de aprendizaje.

10.2. Futuras líneas de trabajo

El trabajo en esta etapa se enfocó en la creación de los tres primeros minijuegos del videojuego dentro de la primeras tres salas. Si bien esta cantidad de minijuegos permite la introducción de una cantidad considerable de contenido, no deja de ser cierto que cuantos más minijuegos y salas abarque el juego, mayor será el tiempo que se retenga al visitante, logrando por consiguiente profundizar determinados contenidos y enseñar otros nuevos.

Una mejora más inmediata pero igual de importante que surgió del estudio de usabilidad, es el rediseño de la interfaz de usuario por una más intuitiva.

Otro aspecto sobre el que podría trabajarse es en lo relativo al aprendizaje una vez terminada la visita al museo. Sería interesante proporcionar a las maestras que visitan el museo con sus alumnos un lado del videojuego que sea posterior a la visita. Eso podría tomar la forma de más minijuegos, cuestionarios o simplemente generar una estadística del grado de aprendizaje de los alumnos durante la visita que la maestra pueda usar para tomar decisiones a futuro.

Siguiendo esa misma línea podríamos centrarnos en la generación y análisis de estadísticas de uso del juego, con el objetivo de utilizar esta información para, por un lado, mejorar aspectos de jugabilidad (tales como dificultad de minijuegos, lugares de abandono del juego, interés en determinadas mecánicas, grado de interacción social, etc), y por otro, optimizar aspectos educativos (tales como identificación de minijuegos que generan interés, dificultad de trivias, etc.)

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Otra línea de trabajo interesante sería la creación de otro juego con las mismas características pero para salas con otras temáticas como por ejemplo la sala egipcia del museo donde se muestra la cultura y historia de Egipto. Esto abriría las puertas a la posibilidad de comparar y evaluar si la creación e incorporación de juegos de AR afecta a todas las temáticas por igual o si hay algunas que son afectadas positivamente y otras a la inversa son afectadas negativamente repercutiendo en el aprendizaje del visitante.

Siguiendo la misma índole comparativa se podría crear un proyecto de juego serio con realidad virtual e idéntica temática y, analizar y comparar los resultados académicos de los alumnos que usaron uno y otro para ver cual tecnología dio mas resultado. Esto se puede extender a un trabajo de “n” distintas temáticas con n juegos de AR y n juegos de realidad virtual y analizar si los resultados comparativos varían por temática.

Por último y trascendiendo a la realización de Sinfonía Terrestre, la experiencia adquirida durante esta tesina y las técnicas aplicadas durante su desarrollo, abren otras líneas de trabajo futuro: la formulación y concreción de nuevos proyectos, con temáticas y objetivos diferentes, también relacionados con el cada vez más rico universo de los juegos serios.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Bibliografía

- [1]. Mann, D. (1996). Serious play. *Teachers College Record*97 (3), 447-469.
- [1]. Marcano, B. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Revista Electrónica Teoría de la Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*9 (3), 93-107.
- [2] Díaz-Vega, J.L. (2008). *El juego y el juguete en el desarrollo del niño*. México: Trillas.
- [3]. Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J. P., & Rampnoux, O. (2011). Origins of serious games. In *Serious games and edutainment applications* (pp. 25-43). Springer London.
- [4]. Abt, C.C. (1970) *Serious Games*. Viking Press, New York. ISBN: 978-0819161482.
- [5]. Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska& Lipman/Premier-Trade. ISBN: 978-1592006229
- [6]. Sawyer, B. & Smith, P. (2008). *Serious games taxonomy*. Serious games. Recuperado de http://www.seriousgames.org/presentations/serious-games-taxonomy-2008_web.pdf
- [7]. Álvarez, J. & Rampnoux, O. (2007). Serious game: Just a question of posture? *Artificial & Ambient Intelligence*, pp. 420-423.
- [8]. Clemente, J. J. (2014). Motivación y aprendizaje de ciencias sociales en estudiantes de PCPI con un videojuego a través de la pizarra digital. Un estudio de caso. *Revista de Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*30, 1-15.
- [9]. <https://www.game-learn.com/lo-que-necesitas-saber-serious-games-game-based-learning-ejemplos/>
<http://www.forbes.com/sites/jordanshapiro/2013/07/01/it-only-takes-about-42-minutes-to-learn-algebra-with-video-games>
- [10]. <http://omniumgames.com/timemesh-un-viaje-por-europa-para-hacer-que-se-cumpla-la-historia/>
- [11]. Wayne, F. (2003). El empleo de ejercicios de decisión tácticas para estudiar la táctica. *Military review*. Recuperado de <http://usacac.army.mil/cac/milreview/spanish/JulAug03/brewster.pdf>
- [12]. Shilling, R., Zyda, M. y Wardynski, C. (2002). *Introducing emotion into military simulation and videogame desing: America's Army. Operations and*

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

VIRTE. Recuperado de <http://gamepipe.edu/~zyda/pubs/ShillingGameon2002.pdf>

[13]. Iverson, K. (2005). E-learning games: Interactive learning strategies for digital delivery. Nueva York: Pearson Prentice Hall.

[14]. Selva, D. (2009). El videojuego como herramienta de comunicación publicitaria: una aproximación al concepto de advergaming. *Comunicación*, vol. 1, núm. 7, pp. 141-166.

[15]. Annetta, L., Minogue, J., Holmes, S. & Cheng, M. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education*, vol. 53, núm. 1, pp. 74-85.

[16]. Solano, C., Forero, G., Cavanzo, G. & Pinilla, J. (2013). Concepcioni: videojuego educativo para la enseñanza del proceso de concepción humana. *Tecnura*, vol. 17, núm. 2, pp. 90-99.

[17]. Frei, M. (2005, mayo). Videojuegos para los veteranos de Irak. BBC mundo.com. Recuperado de http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_4562000/4562725.stm

[18]. Azorín, J. (2014). El videojuego musical ¿un recurso para la educación musical en educación primaria? *Ensayos*, vol. 29, núm. 2, pp. 19-36. Recuperado de <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>.

[19]. Aarseth, E. (1997). *Cybertext: perspectivas on ergodic literature*. Londres: Johns Hopkins University Press.

[20]. Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. Nueva York: McGraw-Hill.

[21]. Gros, B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje. *Comunicación*, vol. 1, núm. 7, pp. 251-264.

[22]. Gee, J. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Nueva York: MCMillan.

[23]. Shaffer, D., Squire, K., Halverson, R. & Gee, J. (2005). *Video games and the future of learning*. University of Wisconsin-Madison, Working Paper (4).

[24]. De Freitas, S. & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated. *Computers and Education*, vol. 46, pp. 249-264.

[25]. Wright, W. & Humble, L. (2000). *Los Sims*. EUA: Electronics Arts.

[26]. Mitchell, A. & Savill-Smith, C. (2005). *The use of computer and video games for learning. A review of the literature*. Londres: Learning and Skills Development Agency.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

- [27]. Cagiltay, N., Ozcelik, E. & Ozcelik, N. (2015). The effect of competition on learning in games. *Computers & Education*, vol. 87, pp. 35- 41.
- [28]. Kafai, Y. (2001). Affordances of collaborative software design planning for elementary students' science talk. *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 3, núm. 10, pp. 323-363.
- [29]. Gros, B. & Garrido, J. (2008). The use of video games to mediate curricular learning. *DIGITEL, Proceedings of the 2008 Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning*, pp. 170-176.
- [30]. Sandford, R., Ulicsak, M., Facer, K. & Rudd, T. (2006). *Teaching with games: Using commercial off-the-shelf computer games in formal education*. Bristol: Futurelab.
- [31]. Marín, V. & Martín, J. (2014). Can videogames be used to develop the infant stage educational curriculum? *New Approaches in Educational Research*, vol. 3, núm. 1, pp. 20-25.
- [32]. Del Moral, M., Guzmán, A. y Fernández, L. (2014). Serious games: escenarios lúdicos para el desarrollo de las inteligencias múltiples en escolares de primaria. *e-EDUTECH*, vol. 47, pp. 1-20.
- [33]. Imaz, J. (2011). Pantallas y educación: adolescentes y videojuegos en el País Vasco. *Teoría Educativa*, vol. 23, pp. 181-200.
- [34]. Bethke, E., 2003. *Game Development and Production*.
- [35]. Salen, K & Zimmerman, E 2003: *Rules of Play: Game Design Fundamentals*, publicado por MIT Press.
- [36]. Martín Angelina, Cleto y Ballejo, David (2012). *Desarrollo de videojuegos. 1: Arquitectura de motor de videojuegos*. Universidad de Castilla La Mancha.
- [37]. Keith, Clinton (2009). *Advanced Scrum and Agile Development*. In *Game Developer Conference*, Marzo.
- [38]. T. Akenine-Moller, E. Haines, and N. Hoffman. *Real-Time Rendering (3rd Edition)*. AK Peters, 2008.
- [39]. G. Junker. *PRO OGRE 3D Programming*. Apress, 2006.
- [40]. J. Gregory. *Game Engine Architecture*. AK Peters, 2009.
- [41]. E. Gamma. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley Professional, 1995.
- [42] G. Weiss. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, 1999.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

[43]. S.J. Russell and Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson Education, 1998.

[44]. Fullerton, T., Swain, C., & Hoffman, S. (2004). Game Design Workshop: Designing, Prototyping & Playtesting Games. CRC Press. ISBN: 978-1578202225.

[45]. <https://www.wikitudo.com/showcase/terracotta-warriors-augmented-reality-at-the-franklin-institute/>

[46]. <https://mw2015.museumsandtheweb.com/bow/a-gift-for-athena/>

[47]. Robin Hunicke, Marc LeBlanc, Robert Zubek. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research
(<https://www.cs.northwestern.edu/~hunicke/MDA.pdf>)

[48]. Lazzaro, N. (2004). Why We Play Games: Four Keys to More Emotion Without Story.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Anexo I: Conceptos de Implementación en Unity

Interfaz del editor

La ventana del editor principal está compuesta por ventanas con pestañas que se pueden reorganizar, agrupar, separar y acoplar.

Esto significa que el aspecto del editor puede ser diferente de un proyecto al otro, y de un desarrollador al siguiente, dependiendo de la preferencia personal y qué tipo de trabajo se esté haciendo.

La disposición predeterminada de Windows brinda acceso práctico a las ventanas más comunes. Si aún no está familiarizado con las diferentes ventanas en Unity, puede identificarlas por el nombre en la pestaña. A continuación se muestran las ventanas más comunes y útiles en sus posiciones predeterminadas.



Figura Anexo1.1: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Project Window (ventana del proyecto) muestra sus assets de librería que están disponibles para su uso. Cuando importas tus assets a tu proyecto, estos aparecen aquí.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

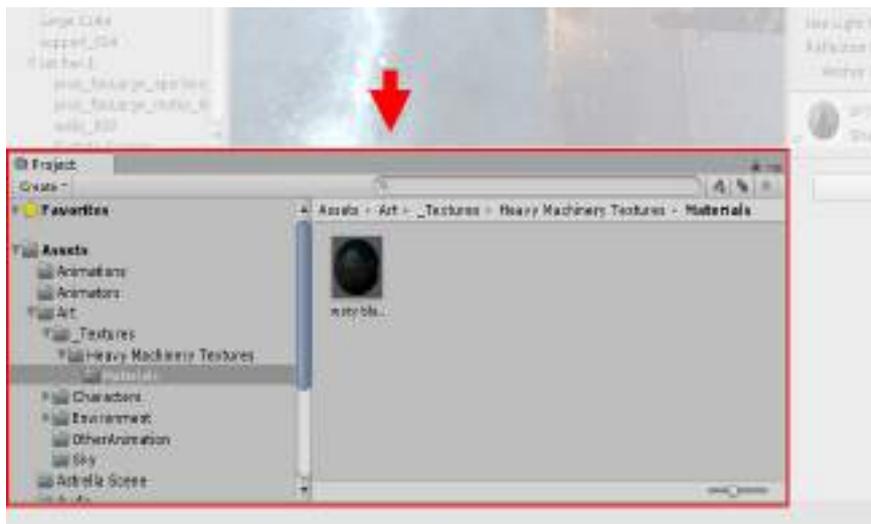


Figura Anexo1.2: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Scene View permite una navegación visual y editar una escena. La Scene View puede mostrar una perspectiva 2D o 3D dependiendo del tipo de proyecto en el que se esté trabajando.

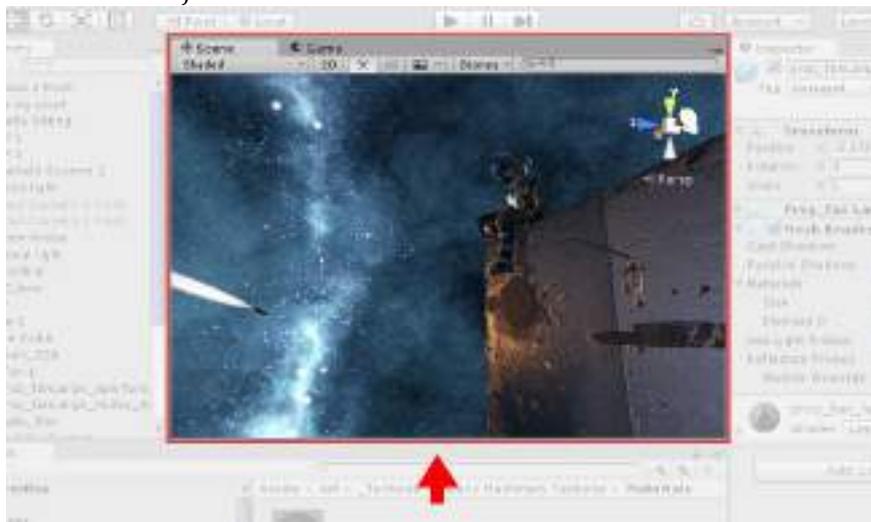


Figura Anexo1.3: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Hierarchy Window (ventana de jerarquía) es una representación de texto jerárquico de cada objeto en la escena. Cada elemento en la escena tiene una entrada en la jerarquía, por lo que las dos ventanas están inherentemente vinculadas. La jerarquía revela la estructura de cómo los objetos están agrupados el uno al otro.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

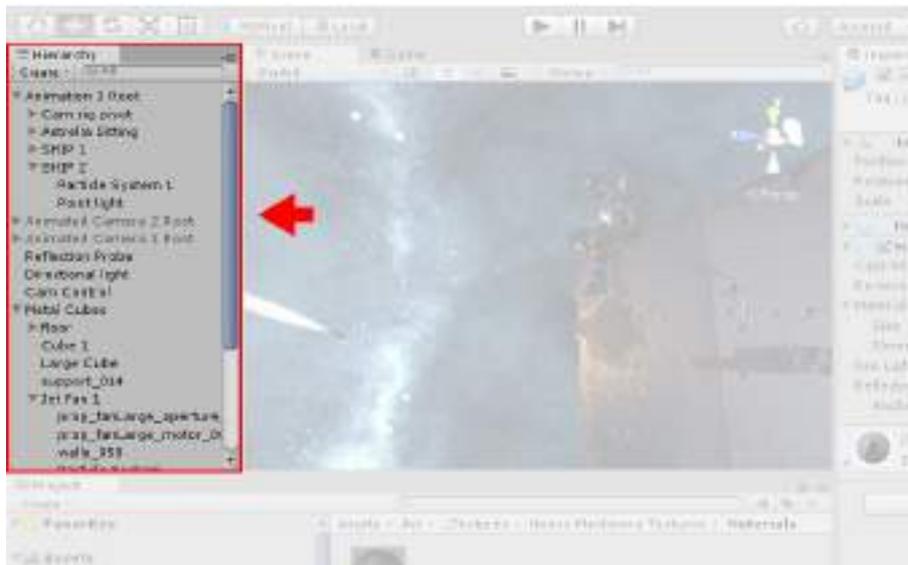


Figura Anexo1.4: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Inspector Window (ventana del inspector) permite visualizar y editar todas las propiedades del objeto actualmente seleccionado. Ya que diferentes objetos tienen diferentes propiedades, el layout (diseño) y contenido de la inspector window va a variar.

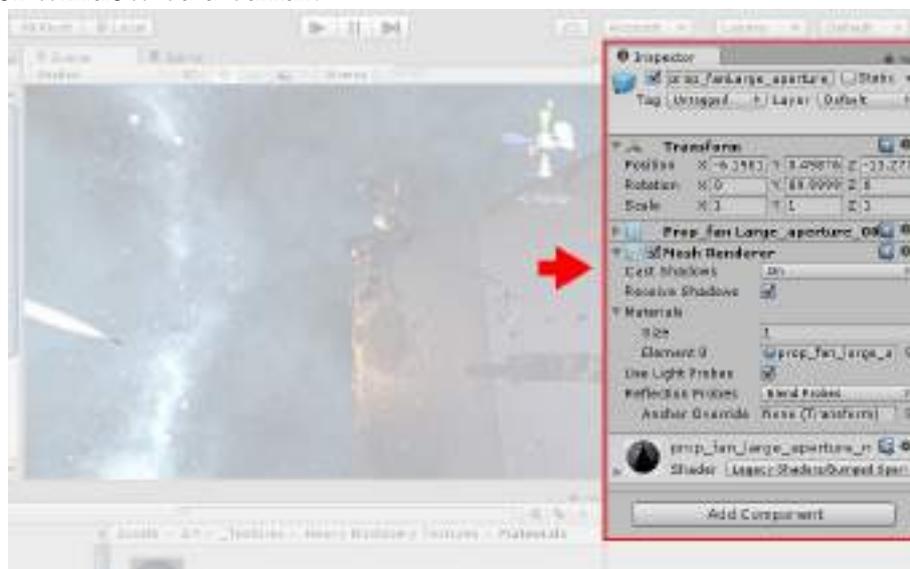


Figura Anexo1.5: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Toolbar (barra de herramientas) proporciona un acceso a las características más esenciales para trabajar. En la izquierda contiene las herramientas básicas para manipular la Scene View y los objetos dentro de ésta. En el centro están los controles de reproducción, pausa, y pasos. Los botones a la

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

derecha te dan acceso a tus servicios de Unity Cloud y tu cuenta de Unity, seguido por un menú de visibilidad de capas, y finalmente el menú del layout del editor (que proporciona algunos diseños alternativos para la ventana del editor, y permite guardar tus propios layouts personalizados). Toolbar no es una ventana, y solamente es parte de la interfaz de Unity que no se puede reajustar.



Figura Anexo1.6: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Assets

Un *Asset* es una representación de cualquier ítem que puede ser utilizado en un juego o proyecto. Un *asset* podría venir de un archivo creado fuera de Unity, tal como un modelo 3D, un archivo de audio, una imagen, o cualquiera de los otros tipos de archivos que Unity soporta. También hay otros tipos de *asset* que pueden ser creados dentro de Unity, tal como un *Animator Controller*, un *Audio Mixer* o una *Render Texture*.

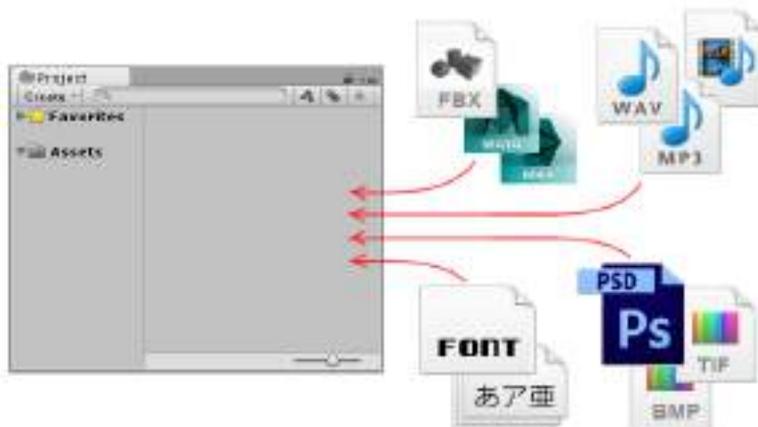


Figura Anexo1.7: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Algunos tipos comunes de Asset

Archivos de Imagen

Sinfonía Terrestre

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

La mayoría de tipos de archivo de imagen son soportados, tal como BMP, TIF, TGA, JPG, y PSD. Si se guarda archivos layered de Photoshop (.psd) en la carpeta de *Assets*, estos serán importados como imágenes aplanadas.

Archivos de modelos 3D

Si guardas tus archivos 3D de la mayoría del software de paquetes 3D en su formato nativo (ej. .max, .blend, .mb, .ma) en tu carpeta de *Assets*, estos serán importados al llamar de vuelta a su plugin(*) de exportación de paquetes 3D FBX. De manera alternativa puedes exportar como FBX de tu app 3D a tu proyecto de Unity.

Meshes & Animaciones

Con cualquier software de 3D, Unity importará los meshes y animaciones desde cada archivo.

Tu archivo mesh no necesita tener una animación para ser importada. Si utilizas animaciones, tienes la decisión de importar todas las animaciones de un solo archivo, o importarlas en archivos separados, cada una con una animación.

Archivos de Audio

Si tienes archivos de audio sin comprimir en tu carpeta de *Assets*, estos serán importados de acuerdo a los ajustes de compresión especificados.

Otros tipos de Asset

En la mayoría de los casos, el archivo fuente original nunca es modificado por Unity, incluso dentro de Unity a menudo puedes escoger entre varias maneras de comprimir, modificar, o procesar el *Asset*. El proceso de importación lee tu archivo fuente, y crea una representación lista para usar de tu asset, respetando la configuración de importación elegida. Si modificas la configuración de importación para un *asset*, o haces algún cambio al archivo fuente en la carpeta *Asset*, esto va a causar que Unity reimporte el asset nuevamente para reflejar los nuevos cambios.

Escena

Las escenas contienen los objetos de tu juego. Pueden ser usadas para crear un menú principal, niveles individuales, y cualquier otra cosa. Piensa en cada archivo de escena, como un nivel único. En cada escena, colocas tu ambiente, obstáculos, decoraciones, el diseño esencial y la construcción de tu juego en pedazos.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

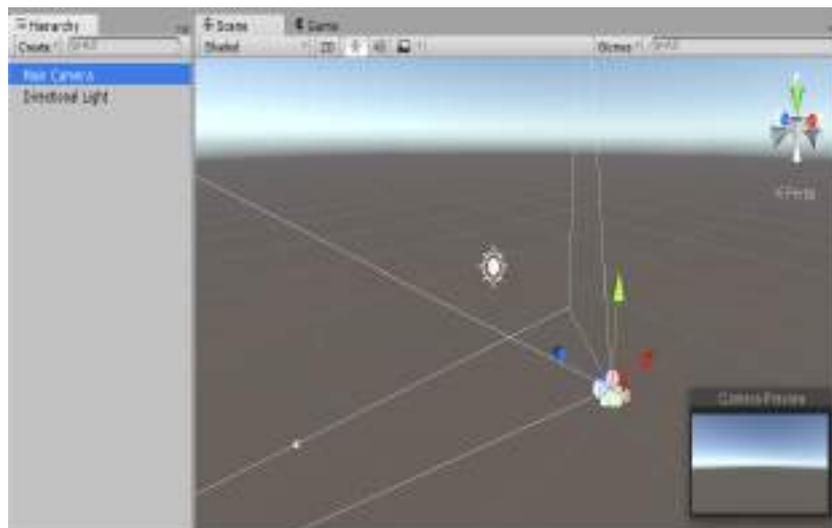


Figura Anexo1.8: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Cuando crees un nuevo proyecto de Unity, tu Scene View te va a mostrar una nueva escena. Ésta es una escena *untitled* (sin título) y *unsaved* (sin guardar). La escena estará vacía al menos de objetos predeterminados, ya sea una cámara ortográfica, o una cámara perspectiva y una *directional light*, dependiendo si comenzó el proyecto en modo 2D o 3D.

GameObject

El GameObject es el tipo de objeto más importante en Unity.

¿Qué son los GameObjects?

Cada objeto en el juego es un GameObject. No obstante, los GameObjects no hacen nada por sí mismos. Necesitan propiedades especiales antes de que puedan volverse un personaje, un ambiente, o un efecto especial. Pero cada uno de estos objetos hacen diferentes cosas. Si cada objeto fuera un GameObject, ¿cómo hacemos para diferenciar un power-up interactivo de un cuarto estático? ¿Qué hace que estos GameObjects sean diferentes del uno al otro?

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura Anexo1.9: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

La respuesta a esta pregunta es que los **GameObjects** son contenedores. Estos pueden guardar las diferentes piezas que son requeridas para hacer un personaje, una luz, un árbol, un sonido, o lo que sea que se quisiera construir. Entonces para entender **GameObjects**, se necesita entender estas piezas que son llamadas **Components**.

Dependiendo del objeto que quieras crear, vas a agregar diferentes combinaciones de **Components** al **GameObject**. Piensa en un **GameObject** como una olla vacía de cocina, y los **Components** como los diferentes ingredientes que hacen tu receta del **gameplay**.

Unity tiene varios tipos de componentes integrados, y también puedes hacer tus propios componentes utilizando **Scripts**.

Componente Collider

Los componentes **Collider** definen la forma de un objeto para los propósitos de colisiones físicas. Un **Collider**, el cual es invisible, necesita no estar con la misma forma exacta que el **mesh** del objeto y de hecho, una aproximación a menudo es más eficiente e indistinguible en el juego.

Los **Colliders** más simples (y menos intensivos al procesador) son los llamados *primitive* (primitivos) tipos de **collider**. En 3D, estos son **Box Collider**, **Sphere Collider** y **Capsule Collider**. En 2D, usted puede utilizar el **Box Collider 2D** y **Circle Collider 2D**. Cualquier número de estos se pueden agregar a un solo objeto para crear *compound colliders* (**colliders** compuestos).

Los *colliders* pueden ser agregados a un objeto sin un componente **Rigidbody** para crear pisos, paredes y cualquier otro elemento sin movimiento en la escena. Estos son referenciados como *static colliders*. Los *colliders* en un objeto

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

que tiene un RigidBody son conocidos como *dynamic* colliders. Los Colliders estáticos pueden interactuar con los colliders dinámicos pero debido a que estos no tienen RigidBody, no se moverán en respuesta a las colisiones.

Triggers

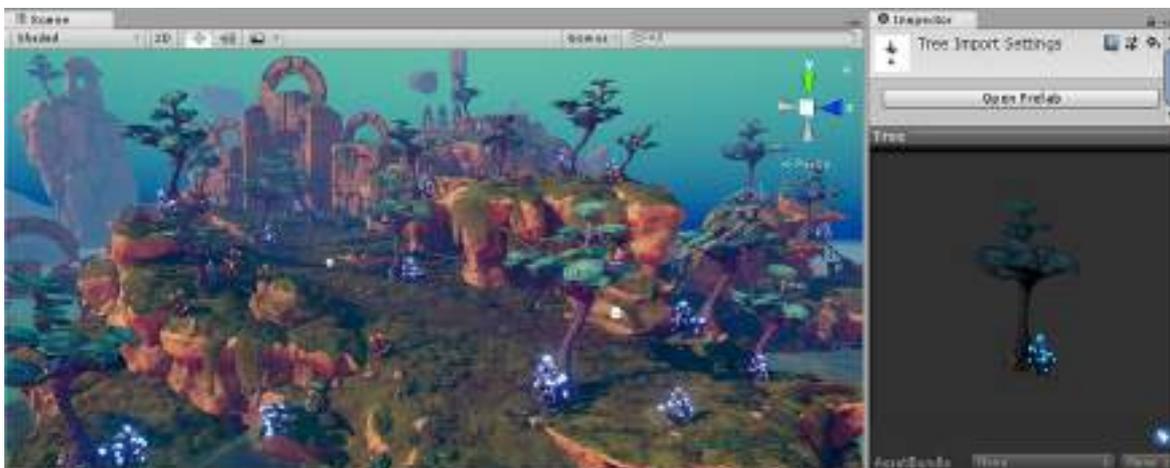
El sistema de scripting puede detectar cuando una colisión ocurre e instanciar acciones utilizando la función *OnCollisionEnter*. Sin embargo, se puede también utilizar el motor de física simplemente para detectar cuando un *collider* entra al espacio de otro sin crear una colisión. Un *collider* configurado como **Trigger** (utilizando la propiedad **Is Trigger**) no se comporta como un objeto sólido y simplemente le permitirá a otros *colliders* pasar a través de él. Cuando un collider entra a su espacio, un trigger va a llamar a la función *OnTriggerEnter* en los scripts del objeto marcado como Trigger.

Las acciones del script tomadas en la colisión

Cuando la colisión ocurre, el motor de física llama las funciones con nombres específicos en cualquier script adjuntado a los objetos involucrados. Se puede colocar cualquier código que se quiera en estas funciones para responder al evento de colisión. Por ejemplo, se podría reproducir un efecto de sonido que se estrella cuando un carro choca contra un obstáculo.

En la primera actualización de física dónde la colisión es detectada, la función *OnCollisionEnter* es llamada. Durante las actualizaciones dónde el contacto se mantiene, *OnCollisionStay* se llama y finalmente *OnCollisionExit* indica que el contacto se ha roto. Los Trigger colliders llaman a las funciones análogas *OnTriggerEnter*, *OnTriggerStay* y *OnTriggerExit*.

Prefabs



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura Anexo 1.10: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

El sistema Prefab de Unity permite crear, configurar y almacenar un GameObject completo con todos sus componentes, valores de propiedad y GameObjects secundarios como un activo reutilizable. El activo prefabricado actúa como una plantilla a partir de la cual se pueden crear nuevas instancias prefabricadas en la escena.

Cuando se desee reutilizar un GameObject configurado de una manera particular, como un personaje no jugador (NPC), un accesorio o un escenario, en múltiples lugares en su escena, o en varias escenas en su proyecto, se debe convertir en un *prefab*. Esto es mejor que simplemente copiar y pegar GameObject, porque el sistema *Prefab* le permite mantener automáticamente todas las copias sincronizadas.

Cualquier edición que realice en un activo prefabricado se refleja automáticamente en las instancias de ese prefabricado, lo que permite realizar fácilmente cambios amplios en todo un proyecto sin tener que realizar repetidamente la misma edición en cada copia del activo.

Se puede anidar *Prefabs* dentro de otros *Prefabs* para crear jerarquías complejas de objetos que son fáciles de editar en múltiples niveles.

Sin embargo, esto no significa que todas las instancias *Prefab* tengan que ser idénticas. Se puede anular la configuración en instancias prefabricadas individuales si se desea que algunas instancias de un *Prefab* difieran de otras. También se puede crear variantes de *Prefabs* que permitan agrupar un conjunto de anulaciones en una variación significativa de un *Prefab*.

También se deben usar *Prefabs* cuando se quiera crear instancias de GameObjects en tiempo de ejecución que no existían en la escena al principio, por ejemplo, para hacer que aparezcan potenciadores, efectos especiales, proyectiles o NPC en los momentos correctos durante el juego.

Asset Store

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

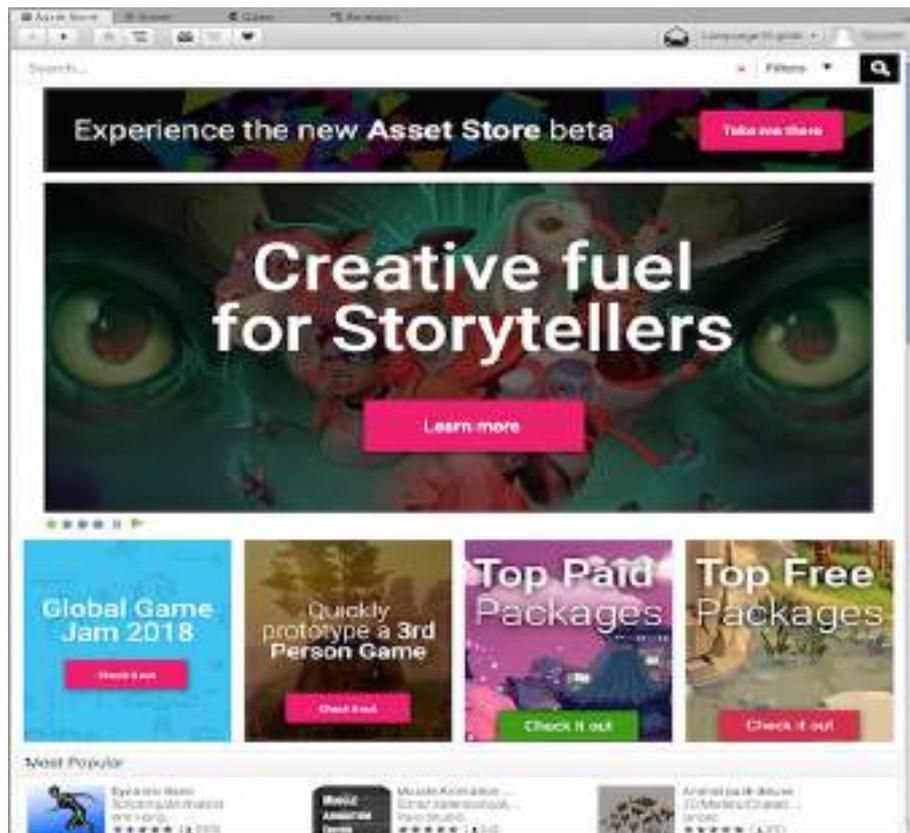


Figura Anexo 1.11: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Unity Asset Store es el hogar de una creciente biblioteca de activos gratuitos y comerciales creados por Unity Technologies y también por miembros de la comunidad. Se encuentra disponible una amplia variedad de activos, que abarca desde texturas, modelos y animaciones hasta ejemplos completos de proyectos, tutoriales y extensiones del editor. Se puede acceder a los activos desde una interfaz simple integrada en el Editor de Unity que permite descargar e importar activos directamente en el Proyecto.

Animation Controller

Un *Asset Animator Controller* es creado dentro de Unity y permite arreglar y mantener un conjunto de animaciones para un personaje u objeto. En la mayoría de las situaciones, es normal tener múltiples animaciones y cambiarlas entre sí cuando ciertas condiciones del juego ocurren. Por ejemplo, usted puede cambiar de una animación de caminar a una saltando cuando la barra de espacio sea presionada. Sin embargo, incluso si solo tiene un clip de animación, usted

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

todavía necesita colocarlo a un *Animator Controller* para utilizarlo en un *GameObject*.

El *Controller* tiene referencias a los clips de animación utilizados dentro de él, y maneja los varios estados de animación y las transiciones entre estos utilizando algo llamado *State Machine*, que puede ser pensado como un tipo de diagrama de flujo, o simplemente un programa escrito en un lenguaje de programación visual dentro de Unity.

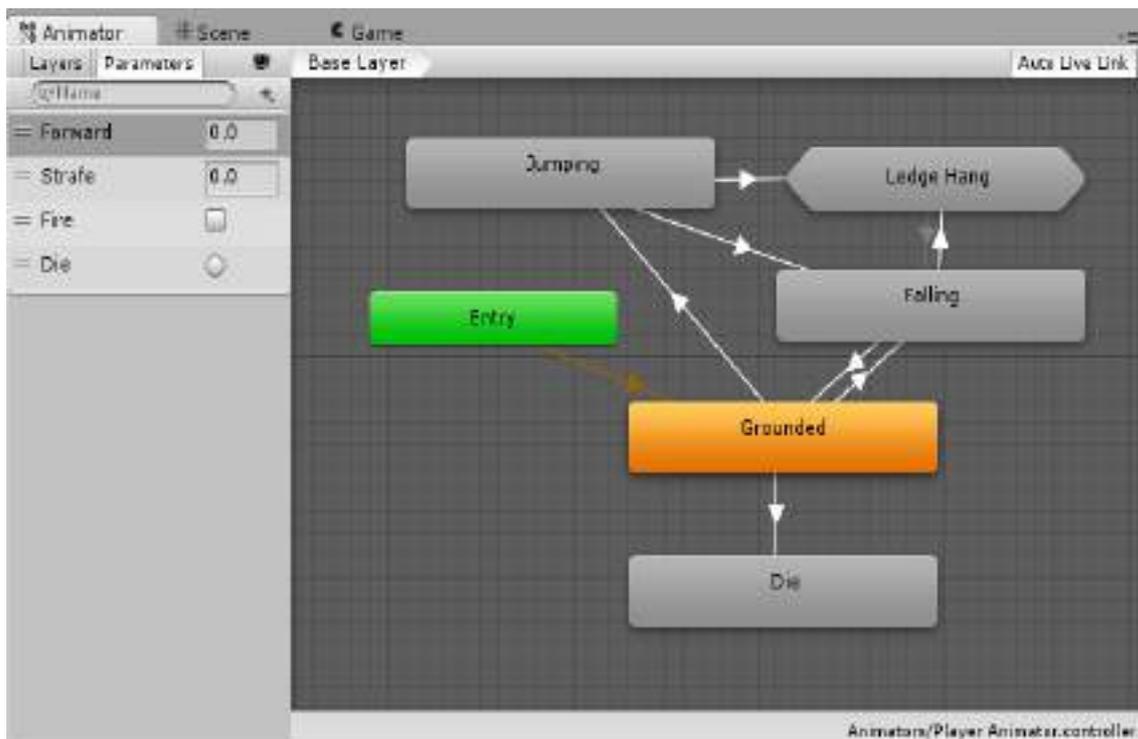


Figura Anexo1.12: Imágenes extraídas de la documentación de Unity. (Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Audio Listener

El *Audio Listener* actúa como un dispositivo parecido a un micrófono. Este recibe input de cualquier *Audio Source* dado en la escena y reproduce el sonido a través de los altavoces del computador. Para la mayoría de las aplicaciones tiene mucho sentido adjuntar el *listener* a la cámara principal. Si un *Audio Listener* está dentro de los límites de un *Reverb Zone*, la reverberación es aplicada a todos los sonidos audibles en la escena. Adicionalmente, los *Audio Effects* pueden ser aplicados al *Listener* y serán aplicados a todos los sonidos audibles en la escena.



Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Figura Anexo 1.13: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Detalles

El *Audio Listener* funciona conjunto con los *Audio Source*, permitiendo crear la experiencia auditiva para sus juegos. Cuando el *Audio Listener* está adjunto a un *GameObject* en su escena, cualquier *Source* que esté lo suficientemente cerca al *Listener* será recogido y enviado a los altavoces del computador. Cada escena puede solamente tener un *Audio Listener* para que funcione adecuadamente.

Audio Source

El *Audio Source* reproduce un *Audio Clip* en la escena. El clip se puede reproducir en un *Audio Listener* o a través de un *Audio Mixer*. El *Audio Source* puede reproducir cualquier tipo de *Audio Clip* y puede ser configurado para que reproduzca estos como 2D, 3D, o como una mezcla (*SpatialBlend*).

El audio se puede esparcir entre los altavoces (estéreo a 7.1)(*Spread*) y transformado entre 3D y 2D (*SpatialBlend*). Esto se puede controlar sobre la distancia con las curvas de difuminación (*falloff curves*).

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.



Figura Anexo1.14: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

Sistema de Navegación de Unity

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

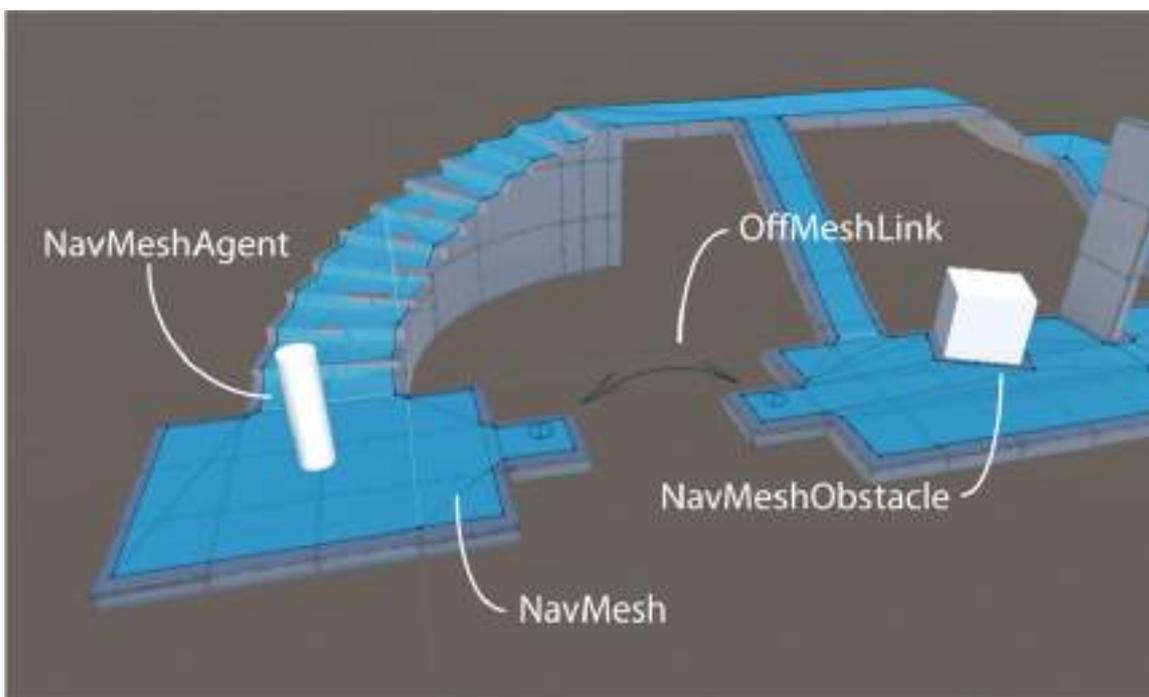


Figura Anexo1.15: Imágenes extraídas de la documentación de Unity.
(Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>)

El sistema de Navegación permite crear personajes que pueden navegar el mundo del juego. Le da a los personajes la habilidad de entender que necesitan tomar las escaleras para alcanzar un segundo piso, o saltar sobre una zanja. El sistema de *NavMesh* de Unity consiste de las siguientes piezas:

NavMesh (abreviatura para la *Navigation Mesh*) es una estructura de datos que describe las superficies caminables del mundo del juego y permite encontrar el camino de una ubicación caminable a otra en el mundo del juego. La estructura de dato es construida, o *baked*, de manera automática de la geometría de su nivel.

El componente *NavMesh Agent* ayuda a crear personajes que se evitan entre sí mientras se mueven hacia su objetivo. Los *Agents* razonan sobre el mundo de juego utilizando el *NavMesh* y saben cómo evitarse a cada uno al igual que obstáculos.

El componente *Off-Mesh Link* permite incorporar atajos de navegación los cuales no pueden ser representados utilizando una superficie caminable. Por ejemplo, saltar sobre una zanja o valla, o abrir una puerta antes de que se pueda caminar a través de ella, todo puede ser descrito como enlaces *Off-Mesh*.

El componente *NavMesh Obstacle* permite describir obstáculos que se mueven y que los *Agents* deberían evitar mientras navegan el mundo. Un barril o una caja controlada por el sistema de física es un buen ejemplo de un obstáculo.

Un juego serio con AR para experimentar y comprender los cambios que sufrió la Tierra milenios atrás.

Sistema de Partículas

En un juego 3D, la mayoría de los personajes, accesorios y elementos de escenario son representados como *meshes*, mientras que un juego 2D utiliza **sprites** para estos propósitos. Los *Meshes* y *Sprites* son la manera ideal de representar objetos “sólidos” con una figura bien definida. Hay otras entidades en los juegos, no obstante, éstas son fluidas e intangibles en la naturaleza y, por consiguiente son difícil de representar utilizando *Meshes* o *Sprites*. Para efectos como líquidos en movimiento, humo, nubes, llamas y hechizos mágicos, hay un enfoque diferente a los gráficos conocidos como *particle systems* que pueden ser utilizados para capturar la fluidez inherente y la energía.

Si se desea profundizar sobre alguno de los conceptos de este anexo, podrá ingresar al sitio web de Unity. En su página se puede encontrar cursos y una documentación muy completa.