

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

INSIDE

NUEVAS FORMAS DE PRESENTACIÓN MUSICAL EN
ENTORNOS VIRTUALES.



Autor: **Diego Vicente Navarro Catalán**

Dirigido por: **Francisco Giner Martínez**

Valencia, Julio 2017

Máster Artes Visuales & Multimedia

Departamento de Escultura

Facultad de Bellas Artes

Universidad Politécnica de Valencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ÍNDICE

1. Introducción.	4
1.1 Resumen.	4
1.2 Motivación.	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Principales.....	5
1.3.2 Secundarios.	6
1.4 Metodología y estructura.	6
2. Marco teórico-referencial.....	7
2.1 Conceptos esenciales.....	7
2.1.1 Presencia, inmersión e interactividad en entornos virtuales.....	7
2.1.2 Psicoacústica y cognición.....	11
2.1.3 La evolución del carácter musical y sonoro.....	15
2.1.4 El sonido dinámico en los entornos virtuales.....	19
2.2 Revisión cronológica de la cuestión.....	26
2.2.1 De los pioneros a la década de los 60.....	26
2.2.2 Años 70 y 80.	28
2.2.3 Años 90 e inicios del s.XXI.	32
2.3 Las nuevas formas de inmersión en relación con lo sonoro.	38
2.3.1 Nuevos sonidos, nuevas comunidades.	38
2.3.2 Nuevos entornos.	41
2.3.3 Nueva realidad virtual.....	46
3. Desarrollo práctico.	51
3.1 Investigación previa y paralela.	51
3.2 La idea tras el entorno.	53
3.3 Detalles técnicos.....	55
3.3.1 Composición previa del sonido.....	55

3.3.2 El motor de juego.	57
3.3.3 Elementos visuales.....	59
3.3.4 Mecánicas	66
3.3.5 Integración del sonido.	70
3.3.6 Adaptación a realidad virtual.	80
4. Conclusiones.	82
4.1 Conclusiones de la investigación.....	82
4.2 El futuro del proyecto.....	84
5. Bibliografía.	86
5.1 Libros.....	86
5.2 Artículos.....	90
5.3 Papers.	91
5.4 Tesis doctorales.....	93
5.5 Patentes.	93
5.6 Conferencias.	94
5.7 Webgrafía.	94
5.7.1 Artículos web.....	94
5.7.2 Plataformas e instituciones.....	96
5.7.3 Artistas y creativos.	97
5.7.4 Software.	98
5.7.5 Hardware.....	99
5.8 Material audiovisual.	101
5.8.1 Videjuegos y entornos virtuales.....	101
5.8.2 Películas.....	102
5.8.3 Obra sonora.	103
A. Anexos.	104
A.1 Glosario Unreal Engine.	104

A.2 Programación adicional en Unreal Engine.	110
A.3 Videos documentación del proceso.....	121
A.4 Archivos del proyecto	122
A.5 Test de usuario.....	123

1. Introducción.

1.1 Resumen.

En el presente trabajo se lleva a cabo, por un lado, un acercamiento teórico y, por otro, el análisis de una aplicación práctica, con la intención de profundizar en la cuestión del uso de entornos virtuales como mecanismo de presentación de obras musicales y sonoras. Para ello, se repasan conceptos como presencia e inmersión, la evolución del lenguaje sonoro a través de las vanguardias musicales y su papel en el cine, las ideas en torno a la percepción del sonido, y, sobre todo, la aplicación de estos elementos a las posibilidades dinámicas del sonido en entornos virtuales interactivos. Con la intención de ilustrar estas cuestiones, se realizará un recorrido por los avances tecnológicos y las ideas respecto a entornos virtuales, *Game Studies*, realidad virtual y creación sonora hasta la era contemporánea, en la que todos estos campos convergen, ofreciendo nuevas posibilidades de expresión a los creadores independientes y abriendo el campo creativo a través de un lenguaje que se ha ido gestando durante décadas.

1.2 Motivación.

Tras la elección del tema a desarrollar se encuentran intereses personales y procesos explorados a lo largo del máster. El diálogo entre lo visual y lo sonoro, liberado de necesidades narrativas y objetivos, ha sido siempre un elemento central en mi trabajo. Desde el comienzo de mi producción musical he dirigido la atención simultáneamente a un tratamiento del sonido más allá del lenguaje puramente musical y tradicional, bebiendo de diversas fuentes como el cine y los videojuegos, así como a las nuevas oportunidades que ofrece su combinación con elementos visuales. La creación de paisajes sonoros a recorrer se ha juntado así con el lenguaje de los entornos virtuales interactivos y los motores de juego a partir de la investigación iniciada en el máster, abriendo nuevas posibilidades creativas.

La unión de estos dos campos me resulta especialmente atractiva por dos motivos: Por un lado, la dificultad de encontrar espacios reales que presenten condiciones acústicas y suficiente accesibilidad para un tipo de producción sonora que ni es parte del Arte Sonoro ni de la música de club, especialmente dentro del hermético *status quo* de la vanguardia local. Por otro, el intento de superar los límites de la presentación estática de piezas musicales en entornos web como SoundCloud¹, que, pese a ofrecerse como plataformas de distribución para la producción alternativa, no presentan el dinamismo necesario para determinados tipos de obra.

Ante esto, los entornos virtuales son percibidos como una forma de liberación, un recurso para crear experiencias sonoras que jueguen con el espacio al mismo tiempo que dejan de lado las limitaciones físicas, expandiendo las ideas de creación de espacios sonoros con las que ya trabajaba previamente a través de una nueva capa visual que, unida al lenguaje interactivo heredado de los videojuegos, permite un nuevo acercamiento a las posibilidades sensoriales y emocionales de la obra sonora.

1.3 Objetivos.

Con la siguiente investigación se pretenden cumplir una serie de objetivos, que se pueden dividir en principales y secundarios.

1.3.1 Principales.

- Desarrollar conceptos esenciales pertenecientes al campo de los entornos virtuales, el sonido dinámico y la realidad virtual, centrando la atención en las relaciones que se dan entre ellos.
- Demostrar que la convergencia de estos elementos ofrece un lenguaje expresivo con nuevas posibilidades para los artistas.

¹ SOUNDCLOUD. <<https://soundcloud.com>>

- Observar las distintas posibilidades de funcionamiento del sonido dinámico en los entornos virtuales navegables e interactivos.
- Ilustrar estos conceptos mediante una aplicación práctica.

1.3.2 Secundarios.

- Señalar las relaciones y desarrollos paralelos en el tratamiento del sonido en los distintos campos de la creación audiovisual.
- Explorar las posibilidades específicas de los motores de juegos contemporáneos abiertos al usuario medio.
- Adaptar la aplicación práctica a su visualización a través de un dispositivo de realidad virtual de manera cómoda para el usuario.

1.4 Metodología y estructura.

Para llevar a cabo la investigación se ha decidido seguir una estructura en la que, primero, se desarrolla un marco teórico-referencial centrado especialmente en los conceptos esenciales que influirán en estas relaciones entre sonido y entornos virtuales, a través de una revisión bibliográfica extensiva y la vinculación de teorías y conceptos provenientes de los campos del estudio del sonido, la percepción, el cine, el arte y los videojuegos. Intentamos que los contenidos de todos estos campos fluyan entre sí, haciendo la división temática más bien por conceptos generales que vayan desembocando uno en otro.

A continuación, el marco se expande a través de una revisión cronológica, señalando algunos de los hitos más importantes de la historia en estos campos, hasta llegar al comienzo de la última década. Respecto a ésta, se realiza una revisión más exhaustiva en torno al estado contemporáneo de la cuestión, dividida en sonido y comunidades creativas y avances tanto en entornos virtuales como en realidad virtual, desarrollando algunas referencias clave que ilustran el momento en el que se encuentran estos mecanismos. A continuación, se lleva a cabo un desarrollo práctico,

describiendo el proceso de investigación y el concepto tras el entorno virtual creado, así como los detalles técnicos de su creación y la composición de los sonidos que forman parte de éste, tratando de ilustrar a nivel práctico las ideas centrales de la investigación desarrolladas previamente.

2. Marco teórico-referencial.

2.1 Conceptos esenciales.

Para comenzar, es necesario analizar algunos conceptos esenciales pertenecientes al campo de los entornos virtuales, el sonido y sus relaciones. Para ello, se toman referentes bibliográficos con el objetivo de establecer bases teóricas y técnicas, tratando de avanzar desde conceptos generales de la percepción, para después observar su aplicación específica en los entornos virtuales con sonido en los que se centra la investigación.

2.1.1 Presencia, inmersión e interactividad en entornos virtuales.

El concepto de inmersión, observado desde el ámbito de los entornos virtuales, se refiere a la generación de una sensación de presencia dentro de éstos para el usuario. Esta sensación se puede llegar a producir mediante la sustitución del mayor número posible de impresiones del mundo real por aquellas paralelas del entorno, favoreciendo *“la disminución de la distancia crítica respecto a lo que es mostrado y un aumento de la conexión emocional con aquello que está sucediendo”*².

Si bien la recreación de otros sentidos se encuentra en proceso de experimentación, podemos afirmar que, en el momento actual, los de la vista

² GRAU, O. (2003). *Virtual Art. From Illusion to Immersion*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p. 13. [Traducción propia del inglés. Texto original: *“diminishing critical distance to what is shown and increasing emotional involvement in what is happening”*]

y el oído son aquellos simulados de manera más satisfactoria³. La simulación de nuestra visión estereoscópica y nuestra escucha tridimensional alcanzan ya grados de fidelidad que los hacen útiles incluso para aplicaciones terapéuticas⁴, ya que, pese a que estas representaciones aún no sean completamente idénticas a las reales, las reacciones y emociones que generan sí pueden llegar a afectar el comportamiento en el mundo real⁵.

Debido a esto, los seres humanos han dedicado cada vez más atención a la creación de entornos virtuales, especialmente desde la revolución digital y el desarrollo de la industria de los videojuegos, que en la segunda década del s.XXI se encuentra ya generando 15 billones de dólares anuales. Parte del éxito del medio se debe a la capacidad de sus mecánicas interactivas para generar un estado de inmersión, el “*Flow*”, entendido como el “*estado en el que los individuos se encuentran tan absorbidos por una actividad que nada más parece importar*”⁶, concepto adaptado posteriormente a los videojuegos con el modelo “*GameFlow*”⁷.

Es necesario indicar, eso sí, que el concepto de “*Flow*” difiere del de inmersión al exponer la existencia de objetivos claros como uno de sus criterios básicos, mientras que una experiencia puede resultar inmersiva sin la necesidad de éstos⁸. De aquí parte el debate en torno a la diferenciación de entornos virtuales navegables y videojuegos, los cuales, siguiendo la

³ MESTRE, D.R. (2005). *Immersion and Presence*. Marseille, France: CRNS & University of the Mediterranean, pp. 1-2. <http://www.ism.univmed.fr/mestre/projects/virtual%20reality/Pres_2005.pdf> [Consulta: 10 de enero de 2017]

⁴ IJSELSTEIJN, W. y RIVA, G. (2003). *Being There: The experience of presence in mediated environments*. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, p. 10. <<https://effetsdepresence.uqam.ca/upload/files/articles/being-there.pdf>> [Consulta 12 de enero de 2017]

⁵ HODGES, L.F. et al. (1994). *Presence as the defining factor in a VR application: Virtual Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia*. Georgia Institute of Technology. <<https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/3584/94-06.pdf>> [Consulta: 15 de enero de 2017]

⁶ CSIKSZENTMIHALYI, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York, United States of America: Harper Perennial, p.4. [Traducción propia del inglés. Texto original: “*state in which individuals are so involved in an activity that nothing else seems to matter*”]

⁷ SWEETSER, P. y WYETH, P. (2005). “*GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games*” en *ACM Computers in Entertainment, Vol.3, No.3, July 2005*. <<http://cg.rit.edu/pubs/papers/2005/GameFlow.pdf>> [Consulta: 05 de febrero de 2017]

definición de “juego” de Juul, consisten en “*un sistema basado en reglas (...) con resultados cuantificables y variables (...) en el que existe un esfuerzo por parte del jugador para influenciar dichos resultados*”⁹.

Esta definición deja de lado aquellas experiencias que existen a nivel estético, sin reglas ni objetivos, y que se vinculan a conceptos como el “*free play*”, el modo de juego casual que existe por sí mismo¹⁰, observable en ejemplos recientes como *Proteus*¹¹. En estos entornos liberados de objetivos se desarrolla el potencial estético de los espacios navegables a través de la mecánica del movimiento, lo que Manovich identifica como las “*poéticas de la navegación*”¹². Se introducen así las posibilidades de la interacción, una dinámica de acción-respuesta basada en *feedback*, donde las acciones tienen consecuencias y el espectador se transforma ahora en usuario mediante un papel activo, tomando un rol de cámara dinámica y llevándola más allá del punto de vista fijo.

Este grado de interacción se puede combinar con el control de objetos virtuales, mecánica esencial para la relación con los entornos¹³, permitiendo al usuario sentirse inmerso o “incorporado” a lo largo de varias dimensiones, que según Calleja¹⁴ se pueden clasificar, entre otras, en:

⁸ COX, A.L. (2008). “Running Head: Immersion in Games”, pp. 5-6, en Cairns, P. *et al. Measuring and Defining the experience of immersion in games*. London: UCL Interaction Centre.

<https://www-users.cs.york.ac.uk/~pcairns/papers/JennettIJC08.pdf> [Consulta: 10 de febrero de 2017]

⁹ JUUL, J. (2005). *Half-real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p.36. [Traducción propia del inglés. Texto original: “A rule-based formal system (...) with variable and quantifiable outcomes (...) where the player exerts effort in order to influence the outcome”].

¹⁰ PICHLMAIR, M. y KAYALI, F. (2007). “Levels of Sound: On the Principles of Interactivity in Music Video Games” en Baba, A. (org.) *Situated Play, Proceedings of DiGRA 2007 Conference*. Authors & Digital Games Research Association (DiGRA). Tokyo, Japan, pp.424-430.

<http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/07311.14286.pdf> [Consulta: 14 de febrero de 2017]

¹¹ *Proteus* (2013). David Kanaga, Ed Key, Curve Digital.

¹² MANOVICH, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp. 259-268.

¹³ MILLER, C.H. (2004). *Digital Storytelling. A Creator's Guide to Interactive Entertainment*. Burlington, USA: Focal Press, pp. 56-57.

¹⁴ CALLEJA, G. (2007). “Revising Immersion: A Conceptual Model for the Analysis of Digital Game Involvement” en Baba, A. (org.) *Situated Play. Proceedings of DiGRA 2007 Conference*. Authors & Digital Games Research Association (DiGRA). Tokyo, Japan, pp.83-90.

<http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/07312.10496.pdf> [Consulta: 14 de febrero de 2017]

- “Performativa”: Producida al internalizarse las mecánicas de control, convirtiendo las acciones del usuario en procesos automáticos
- “Afectiva”: Dependiente del *feedback* kinestésico y cognitivo. Se produce cuando el entorno reacciona de manera satisfactoria a las acciones del usuario.
- “Espacial”: Relacionada con la localización en un área que se expande más allá del ángulo de visión. Favorecida por un buen sistema de navegación y tratamiento del sonido.

El siguiente grado de inmersión se produce con la progresiva desaparición del marco en torno a la imagen, vinculada directamente al desarrollo de la realidad virtual, término popularizado por Jaron Lanier¹⁵ a finales de los ochenta. Este concepto de la pantalla difuminada es una de las mayores diferencias de la realidad virtual respecto a los entornos virtuales¹⁶, acercando la experiencia a la idea de “absorción total” al unirse al control del punto de vista a través del movimiento de los HMDs (Head Mounted Displays), dispositivos colocados en la cabeza y ante la visión del usuario¹⁷. Esta posibilidad de reducción de la distancia crítica resulta de especial interés al campo del arte mediático, ya que posibilita crear obras herméticas de alto impacto emocional que incluyen al previo espectador en un papel de usuario inmerso. Existen, sin embargo, algunas críticas al respecto, como la de Adorno, que lo consideraba un acercamiento problemático al señalar la distancia respecto a la obra artística cómo una característica esencial para la reflexión¹⁸.

La crítica de Adorno parece, eso sí, asumir la existencia de un proceso de inmersión total, pero lo cierto es que la pantalla no ha desaparecido. Ésta

¹⁵ Escritor estadounidense, informático, compositor de música clásica y pionero en el campo de la realidad virtual. [Información adicional en <<http://www.jaronlanier.com/>>]

¹⁶ MANOVICH, L. *op.cit.*, pp. 94-116.

¹⁷ STEINICKE, F. (2016). *Being Really Virtual. Immersive Natives and the Future of Virtual Reality*. Hamburg, Germany: Springer, p. VII.

¹⁸ GRAU, O. *op.cit.*, p. 202.

sigue presente, sólo que duplicada y más cerca de nuestra retina, en los HMDs, dispositivos cuya fidelidad a la realidad y nivel de comodidad están en un estado primitivo y que necesitan de la integración del nivel de control de objetos -con posibilidad de trasladar los movimientos físicos del mundo real al mundo virtual- para aumentar el grado de inmersión¹⁹.

Pero la herramienta adicional más potente para la inmersión en un entorno virtual es el sonido, cuyo nivel de fidelidad a la realidad llega a influir más que el de la imagen en la generación de inmersión²⁰ y cuya presencia tiene un alto impacto en la experiencia del tiempo en los entornos virtuales²¹. Para llegar a esto, primero es necesario destacar algunas de sus relaciones con la percepción humana.

2.1.2 Psicoacústica y cognición.

La complejidad en el análisis del sonido y su percepción evolucionaba rápidamente a partir del s.XX, especialmente a través de dos campos de estudio. Por un lado, la Acústica se centraba en la transmisión del sonido por el espacio físico, y, por otro, la Psicoacústica estudiaba la relación entre el sonido y los fenómenos subjetivos, es decir, la fase psicológica²². Aplicando este campo al posible tratamiento del sonido en los entornos virtuales, surgen dos conceptos de especial interés: la espacialización y la cognición.

La espacialización del sonido consiste en la distribución de elementos sonoros virtuales en un espacio, con el objetivo de recrear nuestra forma de captación y ubicación del origen de los sonidos que nos rodean²³. Esta habilidad de localizar fuentes sonoras depende de la percepción de

¹⁹ IJSSELSTEIJN, W. y RIVA, G. *op.cit.*, p. 12.

²⁰ SKALSKI, P y WHITBRED, R. (2010). "Image Versus Sound: A Comparison of Formal Feature Effects on Presence and Video Game Enjoyment" en *PsychNology Journal*, Volume 8, Number 1, pp. 67-84.

²¹ SANDERS, T. y CAIRNS, P. (2010). "Time perception, immersion and music in videogames" en *BCS HCI 2010*. Dundee, Scotland. <https://www-users.cs.york.ac.uk/~pcairns/papers/Sanders_HCI2010.pdf> [Consulta: 06 de febrero de 2017]

²² WOOD, J. (2002). *The Virtual Embodied. Presence, Practice, Technology*. London & New York: Routledge, p.51.

²³ HENDRIX, C. y BARFIELD, W. (1996). "The sense of presence within auditory virtual environments" en *Presence-Teleoper. Virtual Environ.* 5, pp. 290-301.

diferencias entre el sonido que llega a cada oído, producto de la suma del ángulo acimut -que ubica la fuente a nuestro alrededor- y el ángulo de elevación -que permite determinar si está arriba o abajo-. Según éstas, se generan dos fenómenos:

- ITD (Interaural Time Difference): Respecto a las diferencias de tiempo de llegada a cada oído.
- IID (Interaural Intensity Difference): Respecto a la diferencia de intensidad del sonido en cada oído.

SourcePosition = (azimuth, elevation, radius)

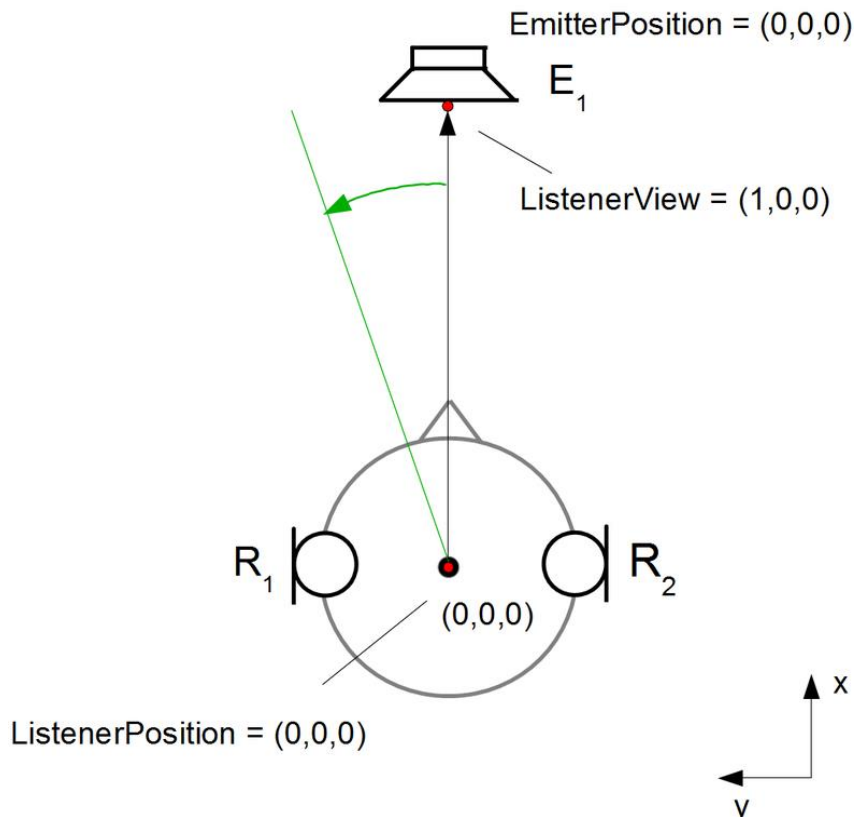


Fig. 1: Ilustración de elementos básicos de la HRTF.

Estos, unidos a información adicional específica como las formas del cráneo y la cara, forman el modelo HRTF (Head-Related Transfer Function), que determina la manera en que el sonido es percibido por el oído interno²⁴

²⁴ FARNELL, A. (2010). *Designing Sound*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp.77-92.

de cada individuo. Esto puede ser recreado de forma específica para lograr una mayor fidelidad de percepción del sonido virtual, pero lo habitual es hacer uso de algoritmos genéricos.

Mediante su combinación con el uso de auriculares estéreo, que resultan más efectivos para generar sensación de presencia²⁵, es posible crear un espacio de sonido 3D o binaural, diferente del *surround* generado por altavoces, que resulta mucho más complicado de controlar²⁶. Éste va más allá del estéreo al expandir el campo auditivo alrededor del usuario 360 grados, generando lo que Schafer definiría como una “esfera” con la que el usuario se funde²⁷, un “muro sonoro” que ayuda a la concentración²⁸ al generar un espacio íntimo y específico para cada usuario²⁹.

Por último, su efectividad como mecanismo de inmersión incrementa mediante su combinación con HMDs que hagan uso de sensores de seguimiento e inerciales, permitiendo variar los ángulos de escucha y visión mediante el movimiento de la cabeza y simulando así el proceso de localización natural de los sonidos.

Pero todos estos elementos no tendrían ningún valor sin la siguiente fase, la de Cognición Sonora, donde los sonidos percibidos son organizados a nivel superior³⁰. Para ello, se hace uso de diferentes tipos de escucha según la intención que, para Chion³¹, pueden ser divididos en:

- Escucha causal: Aquella cuyo objetivo es la búsqueda de información.

²⁵ BRACKEN, C.C. *et al.* (2010). “Sounding Out Small Screens and Telepresence: The Impact of Audio, Screen size, and Pace” en Kramer, N. (ed.) *Journal of Media Psychology: Theories, Methods and Applications*, 22, pp. 125-137.

²⁶ BEGAULT, D.R. (2000). *3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia*. Hanover, Maryland: NASA, pp.16.

²⁷ SCHAFER, R.M. (1977). *The soundscape: Our Sonic environment and the tuning of the world* (ed. 1993-1994). Rochester, Vermont: Destiny Books, p.119.

²⁸ MUNDAY, R. (2007). “Music in Video Games”, p.57 en Sexton, J. *Music, Sound and Multimedia. From the Live to the Virtual*. Edinburgh, Scotland: Edinburgh University Press, pp. 51-67.

²⁹ DYSON, F. (1996). “When Is the Ear Pierced? The Clashes of Sound, Technology and Cyberculture”, p.78 en Moser, M.A. y MacLeod, D. *Immersed in Technology. Art and Virtual Environments*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp.72-101.

³⁰ FARNELL, A. *op.cit.*, pp.93-98.

³¹ CHION, M. (1994). *Audio-Vision: sound on screen*. New York: Columbia University Press, pp.25-30.

- Escucha semántica: Aquella mediante la cual se trata de interpretar un mensaje.
- Escucha reducida: Aquella con características independientes de causa y significado.

El modo de escucha causal tiene una especial importancia en los entornos virtuales ya que desencadena un proceso de etiquetación y comparación con otros sonidos en la “base de datos” mental que ayuda a la navegación, mientras que la escucha reducida conecta con el concepto del sonido acusmático de Schaeffer, aquel que es “*escuchado sin ver su origen*”³² y que permite al sonido existir por sí mismo.

El proceso de escucha es, por tanto, influenciado por el acompañamiento visual. Esto se ve reflejado en el concepto del “contrato audiovisual”, el efecto producido por la unión de escucha y visión simultánea, que genera un contenido más allá de la suma de sus partes, una fusión de los sentidos producto de una “suspensión deliberada” de la separación entre los elementos (el sonido deja de venir de los altavoces, la imagen deja de venir de la pantalla) a modo de fusión multi-modal que genera un único evento³³, un fenómeno de unión que Walter Murch definiría como “resonancia conceptual”³⁴ y que aplicado a su relación con lo musical³⁵ puede tener efectos positivos como menor fatiga por repetición³⁶ o un aumento en la conexión emocional³⁷.

³² *Ibid.*, p.32.

³³ GRIMSHAW, M. (2007). *The Acoustic Ecology of the First- Person Shooter*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. The University of Waikato, pp. 129-134.

³⁴ CHION, M. *op.cit.*, p.XXII. [prefacio de MURCH, W.]

³⁵ BOLTZ, M.G., EPENDORF, B. y FIELD, B. (2009). “Audiovisual Interactions: The Impact of Visual Information on Music Perception and Memory” en *Music Perception*, 27(1). University of California Press, pp. 43-59. <http://scholarship.haverford.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=psychology_facpubs> [Consulta: 03 de marzo de 2017]

³⁶ GOLDBERG, M.E. *et al.* (1993). “Music, music videos, and wear out” en *Psychology & Marketing*, Volume 10, Issue 1. Wiley, pp.1-13.

³⁷ GERINGER, J.M, CASSIDY, J.W. y BYO, J.L. (1996). “Effects of Music with Video on Responses of Nonmusic Majors: An Exploratory Study” en *Journal of Research Music Education*, 44, pp. 240-251.

Así pues, el apartado visual de los entornos virtuales, desde su aspecto general a las características visibles de los objetos sonoros, establece un diálogo con los sonidos que lo habitan. Pero, para entender cómo se ha llegado a este punto de utilización del sonido en entornos generados virtualmente, es necesario observar primero algunos cambios que se produjeron en el campo de la creación sonora y su juego con el espacio.

2.1.3 La evolución del carácter musical y sonoro.

Con la llegada del s.XIX y la omnipresencia de la maquinaria, el ruido parecía haber llegado a ser parte intrínseca de la vida del hombre. Para Luigi Russolo³⁸, esto implicaba que el arte musical debía ir más allá de la notación, en busca del “ruido-sonido”³⁹, un nuevo campo de experimentación con texturas y colores que se abría a través de sus *intonarumori*⁴⁰. Así, desde la segunda mitad del s.XIX, se comenzaban a incorporar elementos a la creación sonora que previamente habían sido determinados como sobrantes del campo de la composición por parte del discurso musical tradicional⁴¹. Ésta nueva mentalidad, combinada con los avances tecnológicos en los campos de análisis, grabación y síntesis del sonido, desembocaba en el origen de dos vanguardias musicales de gran importancia en el s.XX. Por un lado, la *Musique Concrète*⁴², basada en la utilización de sonidos grabados y descontextualizados a modo de composiciones-collage. Por otro, la

³⁸ Pintor, compositor y teórico futurista italiano cuya mayor aportación fue la invención de los *intonarumori* y la autoría del manifiesto “*L’Arte dei Rumori*” (“*El arte de los ruidos*”) en 1913 [Información adicional en <<http://arthistoryproject.com/artists/luigi-russolo/>>]

³⁹ RUSSOLO, L. (1913). *L’Arte dei rumori*, trans. Filliou, R. (1967) *The Art of Noise*. A Great Bear Pamphlet. New York: Something Else Press, pp. 5-6. <http://www.artype.de/Sammlung/pdf/russolo_noise.pdf> [Consulta: 15 de diciembre de 2016]

⁴⁰ Dispositivos para la producción de sonidos rítmicos y modulados de un amplio espectro, similares a aquellos producidos por máquinas, pero planteados como “materiales abstractos” liberados de su origen mecánico y bajo control humano. [Información adicional en <<http://www.medienkunstnetz.de/works/intonarumori/>>]

⁴¹ KAHN, D (1999). *Noise, Water, Meat. A History of Sound in the Arts*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p. 68.

⁴² Música concreta. Género originado por Pierre Schaeffer y formalizado en 1951 con el *Groupe de Recherche de Musique Concrète* formado junto a Jacques Poullin y Pierre Henry en la RTF.

*Elektronische Musik*⁴³, el proceso de creación o síntesis de sonidos completamente electrónicos a partir de sus elementos básicos, difuminando en parte la línea divisoria entre compositores y diseñadores e ingenieros sonoros⁴⁴.



Fig. 2: Fotografía del WDR Studio, hogar de la *Elektronische Musik*.

Ambos movimientos impulsaron el avance de la música electrónica durante las siguientes décadas, construida a partir de procesos de *sampling*⁴⁵ y síntesis, e influyeron en el tratamiento del sonido cinematográfico, proponiendo la utilización de un espectro sonoro mucho más amplio que aquel vinculado a los tradicionalmente llamados sonidos musicales⁴⁶, próximo a la idea de Schafer del mundo como una composición musical macro-cósmica⁴⁷ dónde todos los sonidos del “paisaje sonoro” son igual de válidos.

A su vez, estas nuevas posibilidades de control del sonido se comenzaban a dirigir hacia la creación de espacios virtuales con

⁴³ Música electrónica. Género originado en el *Studio for Electronic Music* de la NWDR alemana en 1953, especialmente mediante las contribuciones de Eppler, Beyer, Eimert y, posteriormente, Karlheinz Stockhausen.

⁴⁴ WISHART, T. (1996) *On Sonic Art* (A new and revised edition, ed. By Emmerson, S.). Amsterdam, The Netherlands: Harwood Academic Publishers, p.5.

⁴⁵ Técnica de creación musical consistente en la toma de secciones de otros sonidos pre-grabados o piezas musicales existentes para su utilización en una nueva pieza. Una buena introducción a la cultura y magnitud del *sampling* se puede encontrar en el archivo web *WhoSampled*. <<http://www.whosampled.com>>

⁴⁶ CAGE, J. (1961). *Silence: Lectures and Writings*. Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press, pp. 3-6.

características acústicas propias⁴⁸ a través de la “dislocación” de sonidos en el tiempo y el espacio, el control individual de fuentes sonoras, o la alteración de dinámicas y reverberaciones. Con ello, el concepto de “paisaje sonoro” debía revisarse, poniendo la atención en el juego con las fuentes imaginarias del sonido (la orquesta, frente a la fuente física que sería el altavoz)⁴⁹. Así, se convertía en un precedente del funcionamiento de los objetos sonoros en los entornos virtuales del futuro y en la que podría ser considerada como “*la primera realidad virtual*”⁵⁰ por su capacidad de inmersión en espacios imaginarios. Estas posibilidades para la creación de espacios fueron exploradas a nivel público por artistas como John Cage con su *Williams Mix*⁵¹ en 1952 y Stockhausen con su *Gesang der Jünglinge*⁵² en 1955, pero una de las consecuencias más claras en el consumo de estos nuevos niveles de detalle sonoro fue el favorecimiento de formatos de escucha “privados” a través de auriculares, al posibilitar entornos controlables con mejores condiciones de escucha que permitían enfocar toda la atención en el mundo mental que se creaba.

Y es que, si bien la presencia de nuevos trabajos sonoros presentados en espacios físicos -desarrollados más allá de las limitaciones espaciales del formato de concierto clásico- ha ido aumentando progresivamente, éstos siempre han planteado numerosos problemas a la hora de implementarse. Además de la marginalización por parte de un mercado del arte centrado en lo visual, las características arquitectónicas de los espacios clásicos de exhibición artística rara vez reúnen las mejores condiciones acústicas,

⁴⁷ SCHAFFER, R.M. *op.cit.*, pp.3-12.

⁴⁸ SCHAFFER, R.M. (1973). “The Music of the Environment” en Cox, C y Warner, D. (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp. 29-39.

⁴⁹ WISHART, T. *op.cit.*, p.136.

⁵⁰ MUNDAY, R. *op.cit.*, pp. 52-53,

⁵¹ Pieza para cinta magnética, cuya representación en directo se realizó mediante un sistema de sonido de ocho altavoces alrededor del público. [Información adicional en <<http://www.medienkunstnetz.de/works/williams-mix/>>]

⁵² Obra para voz alterada electrónicamente y acompañada por síntesis, cuya representación en directo se llevó a cabo mediante un sistema de cuatro altavoces rodeando al público y uno adicional colgando sobre éste, haciendo uso de técnicas seriales para la localización del sonido. [Información adicional en <<http://www.laphil.com/philpedia/music/gesang-der-junglinge-song-of-youths-karlheinz-stockhausen>>]

sufriendo por lo general de contaminación sonora a no ser que las obras sean aisladas⁵³, síntomas de la galería rígida y neutral, el “Cubo Blanco” de O’Doherty⁵⁴.



Fig. 3: Fotografía de galería expositiva de “cubo blanco”.

Si bien ésta problemática de exhibición es resuelta en ocasiones mediante el uso de auriculares, esta solución hace irrelevante el espacio físico al desaparecer su interacción con el sonido⁵⁵. Por tanto, es necesario plantearse la posibilidad de

espacios alternativos que permitan llevar a cabo este juego del sonido con el entorno⁵⁶ y el tiempo⁵⁷, del cual depende mucho su potencial creativo. Con la llegada de las nuevas posibilidades de creación de entornos virtuales, se abriría este nuevo terreno dónde los comportamientos del sonido se liberaban de las limitaciones de los entornos físicos existentes, dirigiéndose hacia un nuevo arquetipo de presentación sonora y hacia la generación de lo que podrían ser llamados “cubos inmersivos” privados, espacios navegables con posibilidades de interacción más complejas que las habituales en exhibiciones físicas⁵⁸ y que ofrecen la posibilidad de un mayor impacto para el usuario al crear un vínculo directo entre la escucha, la ubicación espacial y sus acciones.

⁵³ KELLY, C. (2011). “Introduction//Sound in Art”, pp.12-13 en Kelly, C. *Sound*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press & Whitechapel Gallery, pp.12-20.

⁵⁴ O’DOHERTY, B. (1976). *Inside the White Cube: The Ideology of the Gallery Space*. Berkeley & Los Angeles, California: University of California Press.

⁵⁵ HEGARTY, P. (2007). *Noise/Music: A History*. New York & London: Continuum, pp. 77-79.

⁵⁶ LUCIER, A. (1979). “Careful Listening is More Important than Making Sounds Happen” en Kelly, C. (ed.) (2011) *Sound*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press & Whitechapel Gallery, pp.112-115.

⁵⁷ SCHAFFER, R.M. *op.cit.*, pp.7-8.

⁵⁸ SEXTON, J. (2007). “Reflections on Sound Art”, p. 95 en Sexton, J. (ed.) *Music, Sound and Multimedia. From the Live to the Virtual*. Edinburgh, Scotland: Edinburgh University Press, pp.85-104.

2.1.4 El sonido dinámico en los entornos virtuales.

De manera similar a la situación en el mercado artístico, el desarrollo de los entornos virtuales ha estado generalmente centrado en el aspecto visual, consecuencia de una mentalidad occidental que da prioridad a lo “tangible”, y relega al sonido a ser un atributo de los objetos o un “infra-objeto”⁵⁹, una tendencia observable en el software contemporáneo para la creación de entornos virtuales, como son los motores de juego.

Pese a ello, es en este campo donde se han producido los mayores avances tecnológicos respecto a nuevas formas de gestionar sonido, especialmente a partir del auge de la industria del videojuego, donde la novedad tecnológica es una necesidad para desmarcarse de la competencia. Debido a esto, el campo de los *Game Studies*⁶⁰ es el que ofrece la visión más completa, pero sus conceptos se pueden enfocar hacia experiencias en entornos virtuales que salgan del formato de juego tradicional.

El concepto esencial a observar en el uso del sonido en entornos virtuales es cómo éste responde a un modelo basado en objetos-determinados por parámetros- y procesos o relaciones con el resto del entorno y el usuario⁶¹, una estructura recogida en la propuesta de análisis de “*Unit Operations*” de Ian Bogost⁶². Estas relaciones se determinan mediante el proceso de la mezcla activa, al generar un sistema dinámico que altera el sonido según señales lógicas, y que, según el grado de dinamismo, se puede dividir en⁶³:

⁵⁹ DYSON, F. (1996). “When Is the Ear Pierced? The Clashes of Sound, Technology and Cyberculture”, pp.73-74 en Moser, M.A. y MacLeod, D. *Immersed in Technology. Art and Virtual Environments*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp.72-101.

⁶⁰ Marco académico para el estudio de los videojuegos desde la perspectiva de las humanidades, lo social y la industria tecnológica. Está centrado especialmente en la relación de juego, jugador y cultura.

⁶¹ FARNELL, A. *op.cit.*, p. 315.

⁶² BOGOST, I. (2006). *Unit Operations. An Approach to Videogame Criticism*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.

⁶³ COLLINS, K. (2009). “An Introduction to Procedural Music in Video Games” en *Contemporary Music Review*, 28:1, pp.5-15. <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07494460802663983>> [Consulta: 06 de febrero de 2017]

- Sonido Adaptativo: No se ve afectado por las acciones directas del usuario, sino por parámetros o eventos internos del entorno.
- Sonido Interactivo: Se ve afectado por las acciones directas del usuario.

A su vez, estos dos tipos de sonido dinámico pueden invocar dos tipos de proceso sonoro en el objeto o conjunto de objetos:

- La utilización de *samples*, elementos predeterminados creados generalmente mediante un proceso de mezcla pasiva previo, mediante la combinación de procesos de síntesis y grabación en DAWs⁶⁴. Sus procesos de activación y combinaciones pueden variar, pero su carácter sonoro será generalmente estático.
- La utilización de un sistema procedural, pudiendo generar variaciones complejas en los sonidos durante cada instancia del entorno. Puede ser transformacional (al impactar la estructura general) o generativo (al impactar en la misma síntesis de los sonidos)⁶⁵. Es la versión más cercana al “medio programable” de Manovich, en el que procesos automáticos complementan el trabajo del autor⁶⁶.

Los sistemas basados en *samples* están en cierta manera limitados⁶⁷ al depender de sonidos preestablecidos, haciendo uso generalmente de *stems*⁶⁸, activables por *triggers*. El audio procedural, por otro lado, ofrece mayor flexibilidad, pero resulta más difícil de emplear como herramienta

⁶⁴ Digital Audio Workstation, o estación de trabajo de audio digital. Se trata de software específico para la síntesis, grabación y edición de audio digital a través de un ordenador. Un ejemplo destacable es *Ableton Live* <<https://www.ableton.com/>>.

⁶⁵ WOOLLER, R. *et al.* (2005). “A framework for comparison of process in algorithmic music systems” en *Generative Arts Practice*. Sydney: Creativity and Cognition Studies Press, pp.109-124. <<http://eprints.gut.edu.au/6544/1/6544.pdf>> [Consulta: 01 de marzo de 2017]

⁶⁶ MANOVICH, L. *op.cit.*, p. 56.

⁶⁷ FARNELL, A. *op.cit.*, p. 318.

⁶⁸ Secciones aisladas de una pieza musical, compuestas generalmente por elementos individuales de poca duración, comunes en la producción musical digital al vincularse a los procesos de repetición y acumulación de bucles o *loops* sonoros.

emocional⁶⁹ al no existir el control y autoría de compositores y diseñadores sonoros⁷⁰. Ambos sistemas no son restrictivos y se pueden combinar en diferentes grados, ya que lo que sí tienen en común es la separación respecto a la forma sonora estática, algo que hace necesario revisar dos conceptos: la relación compositor-usuario y el enfoque de la diégesis.

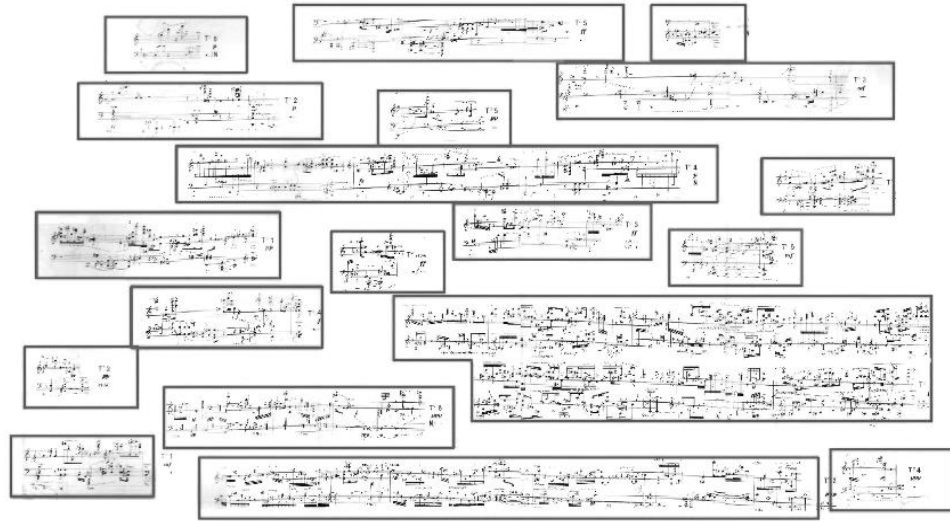


Fig. 4: Partitura de *Klavierstück XI* con las diferentes secciones marcadas.

Algo que ya se había adelantado en los trabajos de Cage o el *Klavierstück XI*⁷¹ de Stockhausen, la interacción con los elementos sonoros comienza a cambiar la dicotomía creador-espectador, composiciones cerradas se convierten en “obras abiertas” en las que existe una “considerable autonomía para el individuo que las lleva a cabo (...) imponiendo su juicio sobre la forma de la pieza”⁷², y que, trasladadas a la era digital, se corresponden al concepto del “media co-creativo” en el que

⁶⁹ COLLINS, K. (2009). “An Introduction to Procedural Music in Video Games”, p.12 en *Contemporary Music Review*, 28:1, pp.5-15. <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07494460802663983>> [Consulta: 06 de febrero de 2017]

⁷⁰ CASELLA, P y PAIVA, A. (2003). “Mediating Action and Background Music” en Goos, G., Hartmanis, J. y van Leeuwen, J. (eds.) *Virtual Storytelling. Using Virtual Reality Technologies for Storytelling*. Toulouse, France: Springer, pp.94-101.

⁷¹ Obra para piano compuesta en 1956 y consistente en una estructura polivalente, formada por 19 secciones de orden variable.

⁷² ECO, U. (1959). “The Poetics of the Open Work”, p.167 en Cox, C y Warner, D. (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp. 167-173.

creador y usuarios (tanto en la experiencia individual como en la multi-usuario) comparten responsabilidad creativa⁷³.

Esta introducción de elementos interactivos produce, además, una nueva relación del sonido con la diégesis. Si en los estudios cinematográficos el sonido siempre había sido dividido en diegético⁷⁴ y extradiegético⁷⁵, esta “relación vertical” de causalidad⁷⁶ es ahora sustituida por un sistema de eventos y acciones, o, de “sincronización kinesónica”⁷⁷, a través del cual la línea que separa ambos niveles del sonido se difumina. Si bien existen elementos puramente extradiegéticos (como los sonidos lineales de una secuencia pre-renderizada), así como elementos dinámicos independientes del usuario (como la pista musical que entra con la puesta de sol en *Minecraft*⁷⁸), la mayoría de elementos dependen en mayor o menor medida de las acciones y el ritmo de navegación del usuario. Elementos formalmente extradiegéticos como pistas musicales externas al entorno pasan a formar parte de la diégesis al depender del avance del usuario, mientras que los elementos formalmente internos y diegéticos necesitan de una acción extradiegética, el control del usuario, para llevarse a cabo.

El modelo IEZA, de Huiberts y Van Tol⁷⁹, propone como alternativa la disposición del sonido en dos “dimensiones”, una que transcurre de lo

⁷³ MORRIS, S. (2003). “WADs, Bots and Mods: Multiplayer FPS Games as Co-Creative Media” en *DiGRA '03 - Proceedings of the 2003 DiGRA International Conference: Level Up*, Volume: 2. Utrecht, 4-6 November. <<http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/05150.21522.pdf>> [Consulta: 23 de febrero de 2017]

⁷⁴ Término adaptado de vocablo griego διήγησις (relato) y que, adoptado por los estudios cinematográficos, se refiere a aquellos sonidos que son parte interna de lo que sucede en pantalla, es decir, que están sincronizados con las acciones que ve el espectador y que forman parte del mundo de los personajes.

⁷⁵ En los estudios cinematográficos, referido a aquellos sonidos que son externos a lo que sucede en pantalla, es decir, que no forman parte del mundo de los personajes si no de los procesos narrativos y expresivos que dirigen la forma de la película. El ejemplo más común son las bandas sonoras.

⁷⁶ CHION, M. *op.cit.*, p.40.

⁷⁷ COLLINS, K. (2013). *Playing with Sound. A Theory of Interacting with Sound and Music in Video Games*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p.32. [Traducción propia del inglés, texto original: “Kinesonic Synchronesis”]

⁷⁸ *Minecraft* (Versión 1.11, 2012). Mojang AB.

⁷⁹ HUIBERTS, S. (2010). *Captivating Sound: The Role of Audio for Immersion in Computer Games*. Doctoral Thesis. Utrecht, The Netherlands & Portsmouth, United Kingdom: Utrecht School of the Arts (HKU) & University of Portsmouth, pp.14-29.

diegético a lo extradiegético, y otra perpendicular que abarca los polos de interdependencia (Actividad y Marco), produciéndose la siguiente división:

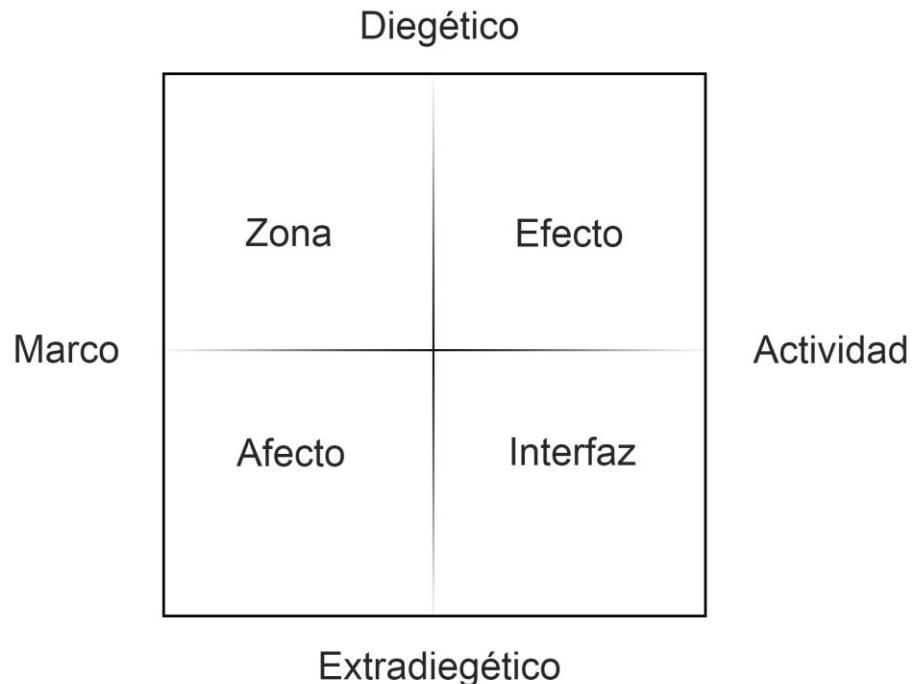


Fig. 5: Esquema del modelo IEZA, con términos traducidos por el autor.

- Efecto: Objetos sonoros internos al entorno, dependientes o independientes del usuario.
- Zona: Objetos sonoros internos y vinculados a zonas, a modo de atmósfera y con posibilidad de características adaptativas.
- Interfaz: Extradiegético, como el sonido de los menús etc.
- Afecto: Música extradiegética o efectos externos al entorno, pero dependientes del usuario.

Se trata por tanto de un acercamiento algo más flexible, del que nos interesa especialmente el concepto de Zona para poder hablar de la importancia de la ubicación en el espacio del entorno a través de su navegación, la que sería la forma de interacción más sencilla. La ubicación de sonidos en el entorno, o espacialización, sirve a un nivel práctico para

guiar o enfocar la atención del usuario⁸⁰, gracias a la capacidad del ser humano de filtrar la información auditiva que le llega y centrarse en elementos específicos (el conocido como “*cocktail party problem*”⁸¹), pero su principal valor desde un punto de vista creativo se encuentra en dos aspectos: Por un lado, la generación de una ilusión de espacio expandido más allá de la visión, una forma de introducirnos al “círculo mágico” de Huizinga⁸² al generar “*un lugar en el espacio o tiempo especial creado por el juego (...) a modo de un círculo cerrado, separado del mundo real*”⁸³, envolviendo al usuario. Por otro, su influencia en el potencial de inmersión mítica, aquella relacionada con la generación de información que expande el concepto del entorno más allá de sus necesidades prácticas, introduciendo una mitología interna que permite involucrarse a otro nivel con la experiencia⁸⁴.

Por tanto, nos encontramos con que la estructura previamente fija de una obra sonora depende ahora de la ubicación y acciones del usuario, así como de comportamientos de la lógica interna del entorno, una compleja sinfonía de interacción que genera una totalidad sonora “local”⁸⁵, un sistema “autopoiético” dónde el usuario es el centro de la diégesis⁸⁶ debido a su capacidad de ser tanto un elemento de producción como de escucha interactiva y donde, cómo ya adelantaban las vanguardias musicales, se

⁸⁰ COLLINS, K. (2008). *Game Sound. An Introduction to the History, Theory and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p.130.

⁸¹ BREGMAN, A.S. (1990). *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. London: MIT Press, p. 529.

⁸² Concepto posteriormente adaptado a los videojuegos por parte de Salem y Zimmerman en *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Es necesario indicar que este concepto estaría originalmente muy marcado por lo visual, vinculado a la idea de Manovich de “ventana” hacia otro mundo.

⁸³ JUUL, J. *op.cit.*, p.164.

⁸⁴ CALLOIS, R. (2001). *Man Play and Games*, trad. Barash. M [Original *Jeux et les hommes*. (1958)]. Urbana & Chicago: University of Illinois Press.

⁸⁵ WHALEN, Z. (2007). “Case Study: Film Music vs. Video Game Music: The Case of Silent Hill” en Sexton, J. *Music, Sound and Multimedia. From the Live to the Virtual*. Edinburgh, Scotland: Edinburgh University Press, pp. 68-81.

⁸⁶ GRIMSHAW, M. (2011). *Game Sound Technology and Player Interaction. Concepts and Developments*. Hershey & New York: Information Science Reference, p.397.

“evapora la segregación de sonido, ruido y música”⁸⁷ al situar a todos los objetos sonoros al mismo nivel de importancia.

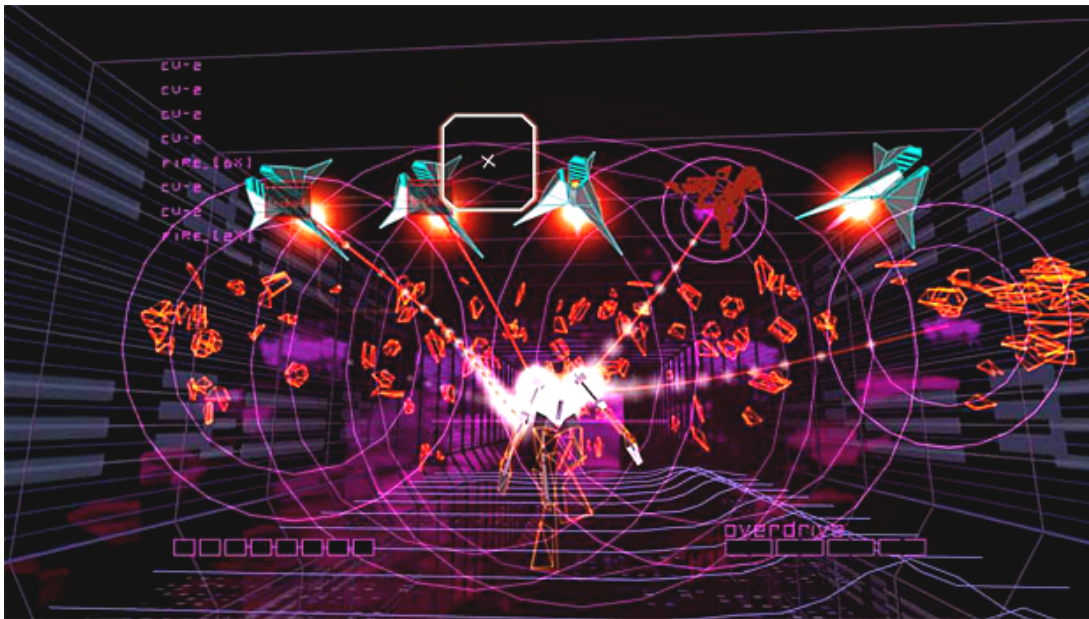


Fig. 6: Captura de pantalla de REZ.

El ritmo de navegación y acción influye, por tanto, en el resultado sonoro, y las posibilidades de espacialización y programación de elementos sonoros independientes permiten hacer uso de estas herramientas de juego como un nuevo método de presentación musical, una idea reminiscente del uso semántico de “play” referido a tocar un instrumento⁸⁸. Ésta conecta con lo que Andrew Dolphin clasifica como “sound toys”⁸⁹, medios de forma abierta en distintos grados y liberados de las necesidades de reglas y objetivos, como podría ser el modo de juego casual presente en REZ⁹⁰, dónde desaparecen los enemigos en favor de la interacción con el paisaje musical.

⁸⁷ KASSABIAN, A. (2003). “The Sound of a New Film Form” p.92, en Inglis, I. *Popular Music and Film*. London & New York: Wallflower Press, pp. 91-101.

⁸⁸ HUIZINGA, J. (1949) *Homo Ludens. A Study of the Play-element in Culture*. London, Boston & Henley: Routledge & Kegan Paul, pp.158-172.

⁸⁹ DOLPHIN, A. (2014). “Defining Sound Toys: Play as Composition” en Collins, K., Kapralos, B. y Tessler, H. *The Oxford Handbook of Interactive Audio*. Oxford & New York: Oxford University Press, pp.45-61.

⁹⁰ REZ (2002). Dir. Tetsuya Mizuguchi, Dev. United Game Artists.

Consecuentemente, esto ha dado lugar a la extensión de una variante de entornos virtuales que hacen uso de interfaces y mecánicas de videojuegos al mismo tiempo que abandonan en diferentes grados su rígida estructuración, basada en la superación de obstáculos, en favor de una experiencia principalmente estética.

2.2 Revisión cronológica de la cuestión.

Para poder analizar la situación actual de los entornos virtuales utilizados como un medio relacionado con el sonido con fines estéticos es necesario realizar previamente un breve recorrido por los hitos tecnológicos y creativos más relevantes en su evolución, prestando especial importancia al desarrollo paralelo en diferentes campos mediáticos.

2.2.1 De los pioneros a la década de los 60.

La búsqueda de la inmersión por parte del ser humano ha sido una constante desde el mundo clásico y los elementos ilusivos de los muros de Pompeya hasta la evolución de los panoramas en forma de atracciones acompañadas incluso por efectos de sonido⁹¹.

Un paso relevante se producía con la llegada del cine gracias a los hermanos Lumière en 1895, tras lo que se comenzarían a llevar a cabo experimentos para expandir la imagen más allá de su marco, como el *Sensorama*⁹² de Morton Heilig en 1962. Junto a esto se iniciaba el desarrollo de prototipos de dispositivos de visualización individual, como el sistema *Headsight*⁹³ en 1961.

⁹¹ GRAU, O. *op.cit.*, pp.25-52.

⁹² HEILIG, M.L. (1962). *Sensorama Simulator*. Patent 3,050,870. August 28, 1962.
<<http://www.mortonheilig.com/SensoramaPatent.pdf>> [Consulta: 15 de enero de 2017]

⁹³ Considerado el primer HMD al incluir tracking magnético para detectar la orientación de la cabeza, aunque servía solo para la reproducción de vídeo en circuito cerrado. [Información adicional en <<http://vw.fed.wiki.org/view/head sight>>]

El primer HMD, tal y como lo entendemos hoy en día, llegaba en 1968 con *The Sword of Damocles*⁹⁴ de Ivan E. Sutherland, haciendo uso de gráficos computacionales navegables mediante el movimiento de la cabeza, gracias a los desarrollos previos de su interfaz gráfica para el usuario *Sketchpad*⁹⁵ en 1963 y el concepto del “*Ultimate Display*”⁹⁶, así como ayudas del presupuesto del Departamento de Defensa de EE.UU.

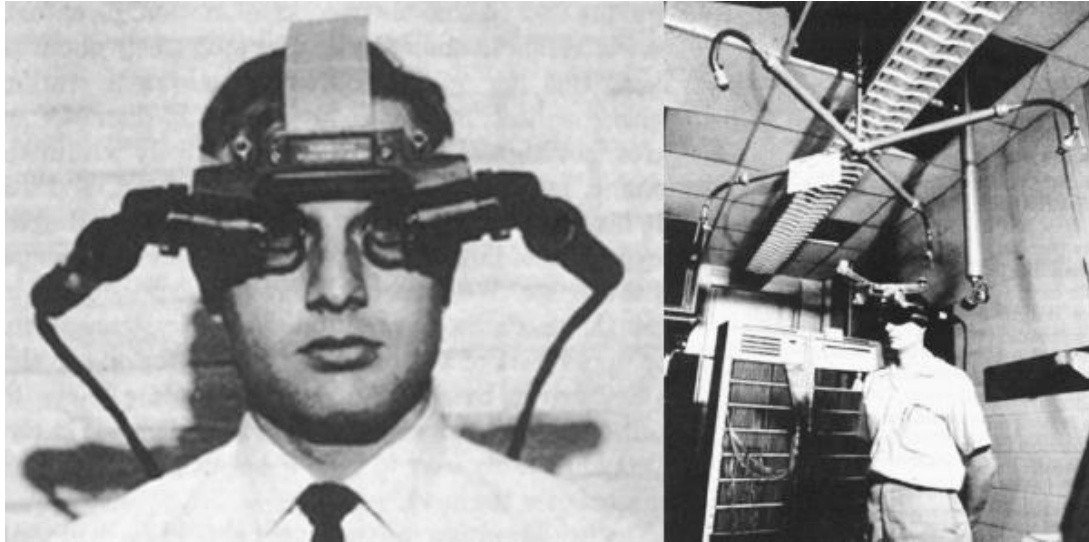


Fig. 7: *The Sword of Damocles* de Ivan E. Sutherland.

En el campo del sonido, el origen de la simulación binaural se iniciaba ya con Clement Ader y sus *Theatrophones*⁹⁷ alrededor de 1881. En 1932 los laboratorios Bell llevaban a *Oscar*⁹⁸, un *dummy* de grabación binaural, a la World Fair de Chicago. A mediados de los 60 se desarrollaba la DSP (Digital Signal Processing) como una herramienta de análisis, manipulación y comprensión de las señales acústicas, en estrecha relación con la mejora de

⁹⁴ COMPUTER HISTORY MUSEUM. *Ivan Sutherland's experimental 3-D display*
<<http://www.computerhistory.org/revolution/input-output/14/356/1830>> [Consulta: 16 de enero de 2017]

⁹⁵ HISTORY OF COMPUTERS. *Sketchpad of Ivan Sutherland*.
<<http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>> [Consulta: 12 de enero de 2017]

⁹⁶ SUTHERLAND, I.E. (1965). “The Ultimate Display” en Kalenich, W.A. *Proceedings of IFIP Congress 65*. London: Macmillan and Co. pp.506-508. <<http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>> [Consulta: 05 de enero de 2017]

⁹⁷ LANGE, A. *Le premier medium électrique de diffusion culturelle: le Theatrophone de Clement Ader (1881)*. <<http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone.htm>> [Consulta: 08 de enero de 2017]

las capacidades de computación⁹⁹. A su vez, se producían importantes avances tanto para la grabación del sonido, con la introducción del grabador portátil Nagra¹⁰⁰ en 1951, cómo para su síntesis, destacando el origen de la síntesis granular¹⁰¹ de la mano de Iannis Xenakis entre 1959 y 1960.

Por último, se comenzaba a dirigir la atención a la presentación del sonido más allá de estéreo. John Cage continuaba su exploración del sonido envolvente junto a Ronald Nameth con la obra sonora *HPSCHD*, presentada mediante 52 altavoces que rodeaban al público¹⁰². Pero dónde se iban a dar los mayores avances era en el cine, que ya desde 1940 había explorado el sonido *surround* con la película de Disney *Fantasia*¹⁰³, y que, con la llegada de los 70, se iba a convertir en un nuevo estándar.

2.2.2 Años 70 y 80.

Tras algunos experimentos primitivos, los videojuegos despegaban hacia su actual dimensión popular. En 1971, *Computer Space*¹⁰⁴ se convertía en el primer videojuego arcade, haciendo ya uso del sonido como un componente clave para llamar la atención de los usuarios¹⁰⁵. En 1974, *Maze Wars*¹⁰⁶ introducía algunos de los elementos esenciales de los First Person Shooters (FPS)¹⁰⁷, cómo la cámara en primera persona. Ya en 1978,

⁹⁸ BELL LABS. *The father of stereophonic sound*. <<https://www.bell-labs.com/our-people/recognition/2016-stereo-sound/>> [Consulta: 01 de marzo de 2017]

⁹⁹ MOURJOPOULOS, J.N. (2005). "The Evolution of Digital Audio Technology" en Blauert, J. (ed.) *Communication Acoustics*. Berlin & Heidelberg: Springer. pp.299-320.

¹⁰⁰ NAGRA AUDIO. *History*. <<http://www.nagraaudio.com/about-us/history/>> [Consulta: 08 de marzo de 2017]

¹⁰¹ Consistente en la creación de sonidos a partir de la utilización de *samples* microscópicos o "granos", compuestos por una onda sonora acompañada de una "envolvente" de forma variable.

¹⁰² GRAU, O. *op.cit.*, p.164.

¹⁰³ *Fantasia* (Dir. James Algar *et al*). Walt Disney. 1940.

¹⁰⁴ *Computer Space* (1971). Nutting Associates.

¹⁰⁵ PENDERGRASS, J. (2015). "The Rise of Reactive and Interactive Video Game Audio" p.12 en *Capstone Projects and Theses*. Monterey Bay: California State University. <http://digitalcommons.csumb.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1480&context=caps_thes> [Consulta: 16 de febrero de 2017]

¹⁰⁶ *Maze Wars* (1974). Steve Colley.

¹⁰⁷ Género centrado en mecánicas de disparo y navegación a través de una perspectiva en primera persona.

aparecía uno de los primeros ejemplos de temas musicales dinámicos con *Space Invaders*¹⁰⁸.

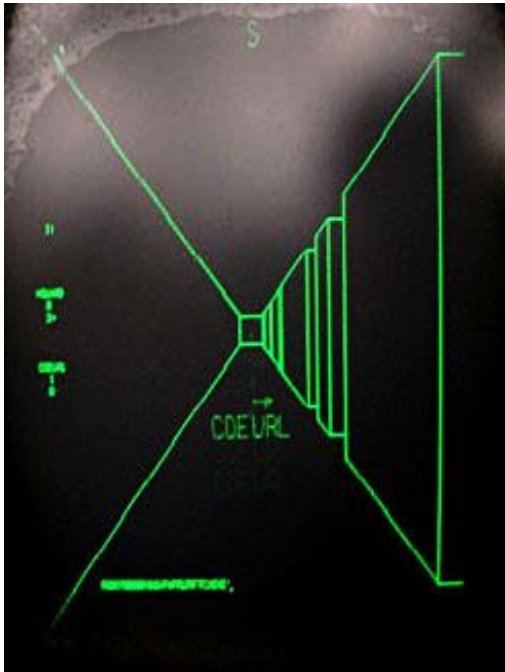


Fig. 8: Vista de 1ª persona en *Maze Wars*

Al mismo tiempo, el audio evolucionaba. Respecto a su grabación, se desarrollan los *Ambisonics*¹⁰⁹ como una forma superior de captar el sonido espacialmente, y en 1973 la compañía alemana Neumann introducía el revolucionario micrófono binaural KU-80¹¹⁰. A nivel de reproducción, se comenzaban a expandir los sistemas de sonido multicanal¹¹¹ en las salas de cine a partir del estreno de la película musical *Tommy*¹¹² en 1975. Este acercamiento espacial, combinado con la influencia de las vanguardias

musicales y los avances tecnológicos, desembocaba en el origen del *Sound Design*, un nuevo planteamiento del sonido cinematográfico que hacía uso de estrategias de diseño musical aplicadas a lo diegético, fomentando la generación de “semánticas de segundo nivel”, con funciones simbólicas y metafóricas¹¹³. Los dos principales representantes de esta revolución estética fueron Walter Murch y Ben Burtt. Por un lado, Murch comenzaba a desarrollar el concepto de “montaje sonoro” desde su trabajo en *THX 1138*¹¹⁴, influenciado por la *Musique Concrète*¹¹⁵, y en *Apocalypse Now*¹¹⁶

¹⁰⁸ *Space Invaders* (1978). Taito Corporation.

¹⁰⁹ AMBISONIC. <<http://www.ambisonic.net/>> [Consulta: 20 de febrero de 2017]

¹¹⁰ NEUMANN. *Dummy Head KU 80*.

<https://www.neumann.com/?lang=en&id=hist_microphones&cid=ku80_photos> [Consulta: 15 de febrero de 2017]

¹¹¹ KERINS, M. (2013). “Understanding the impact of surround sound in multimedia”, p.365 en Tan, S. et al. (ed.) *The Psychology of Music in Multimedia*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, pp.365-388.

¹¹² *Tommy* (Dir. Ken Russell). Robert Stigwood Organisation Ltd & Hemdale. 1975.

¹¹³ GRIMSHAW, M. (2011). *op.cit.*, pp.393-396.

¹¹⁴ *THX 1138* (Dir. George Lucas). Warner Bros. 1971.

llevaba a cabo un revolucionario juego con los 360 grados de propagación del sonido, mapeando efectos y música de manera localizada a modo de composición espacial.

Por otra parte, Burt representaba la nueva corriente de creación sonora, que buscaba texturas innovadoras entre lo orgánico y lo tecnológico, composiciones multi-capa¹¹⁷ más allá de la asociación directa a la fuente del sonido que comenzaron a encontrar su



Fig. 9: Walter Murch en el estudio.

lugar sobre todo en el cine de ciencia ficción¹¹⁸, como en el caso de la trilogía *Star Wars*¹¹⁹. El sonido cinematográfico había conseguido por fin dejar de ser un esclavo de la imagen y el realismo.

A comienzos de los 80 se comenzaban a producir algunos avances en el sonido de los videojuegos, pese a su estado primitivo, gracias a la llegada del sonido de 16 bits y la síntesis FM (Frecuencia Modulada). En 1981 *Frogger*¹²⁰ se convertía en uno de los primeros juegos con audio dinámico y, posteriormente, aparecían ejemplos de audio procedural como *Otocky*¹²¹, donde el jugador disparaba notas musicales y las acciones de disparo se convertían en la parte melódica.

¹¹⁵ LOBRUTTO, V. (1994). *Sound-on-film: interviews with creators of film sound*. Westport, Connecticut & London: Praeger, p.84.

¹¹⁶ *Apocalypse Now* (Dir. Francis Ford Coppola). United Artists. 1979.

¹¹⁷ LOBRUTTO, V. *op.cit.*, p.144.

¹¹⁸ WHITTINGTON, W. (2007). *Sound Design and Science Fiction*. Austin: University of Texas Press.

¹¹⁹ *Star Wars: Episode IV – A New Hope* (Dir. George Lucas). Lucasfilm & Twentieth Century Fox Film Corporation. 1977; *Star Wars: Episode V – The Empire Strikes Back* (Dir. Irvin Kershner). Lucasfilm. 1980; *Star Wars: Episode VI – Return of the Jedi* (Dir. Richard Marquand). Lucasfilm. 1983.

¹²⁰ *Frogger* (1981). Konami.

¹²¹ *Otocky* (1987). Toshio Iwai.

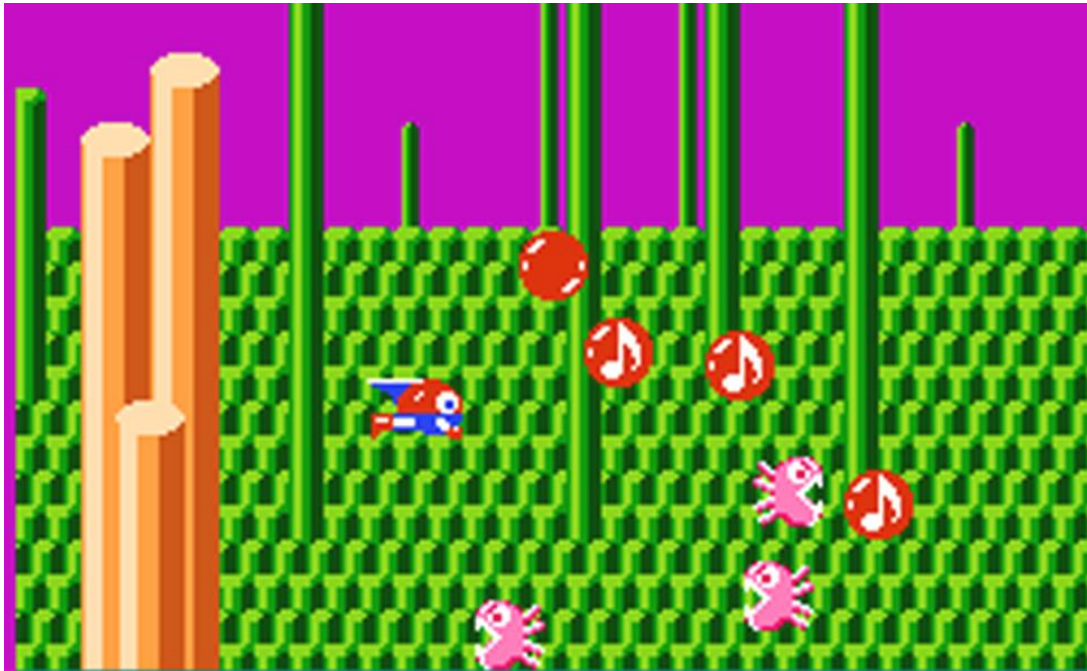


Fig. 10: Captura de pantalla de Otocky.

Por su parte, los chips de sonido avanzaban con la aparición y el desarrollo de las consolas y, sobre todo, con los ordenadores, generándose nuevas formas de composición y producción de efectos de sonido debido a los límites técnicos de memoria y la dificultad para la composición musical tradicional¹²². Como respuesta a esta necesidad de accesibilidad, en 1983 se producía la adopción del protocolo MIDI¹²³ (Musical Instrument Digital Interface), que permitía estandarizar los lenguajes musicales.

Respecto al estado de la especialización, en 1988 Scott Fisher y Elisabeth Wenzel desarrollaban sus primeros prototipos de sonido virtual localizado y responsivo a los cambios de coordenadas del usuario, trabajo que desembocaría en la creación del *Convolvotron*¹²⁴, uno de los primeros sistemas de audio virtual controlados con el movimiento de la cabeza¹²⁵. Esto

¹²² COLLINS, K. (2008). *Game Sound. An Introduction to the History, Theory and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p.35.

¹²³ Estándar referido a un tipo de protocolo, interfaz y rango de conectores que permite la comunicación entre diferentes instrumentos y dispositivos tecnológicos, con un máximo de 16 canales de información.

¹²⁴ SHERMAN, W.R. y CRAIG, A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*. Berkeley, California: Morgan Kaufmann Publishers, p.30.

¹²⁵ BEGAULT, D.R. *op.cit.*, p.167.

suponía un importante paso en su momento, ya que el interés popular en la realidad virtual había ido creciendo en la última década, en parte gracias a *Tron*¹²⁶ y *Neuromancer*¹²⁷, y había culminado en la definición del término por parte de Jaron Lanier en 1989¹²⁸.

Al mismo tiempo, el hardware de alto rendimiento comenzaba a hacerse más accesible y aparecían las interfaces gráficas de usuario, haciendo más sencillo llevar a cabo tareas creativas respecto al audio y los entornos virtuales y fomentando la creación de un nuevo espacio para el desarrollo de ideas contraculturales, haciendo uso de la tecnología como una herramienta de respuesta al *status quo*¹²⁹, una dinámica que se comenzaba a expandir a lo largo de las siguientes décadas.

2.2.3 Años 90 e inicios del s.XXI.

A inicios de los 90, la relación entre artistas trabajando con entornos virtuales y las instituciones estaba a la orden del día debido a los altos costes de los medios. Algunos ejemplos destacables son Christa Sommerer y Laurent Mignonneau¹³⁰ y su residencia en el ATR de Japón¹³¹, o el trabajo alrededor de organizaciones como el MIRALab¹³² o el Banff Center¹³³, dónde se generaban espacios para el uso creativo de tecnología punta por parte de artistas independientes. De esta relación surgían obras pioneras en la exploración artística de la realidad virtual, como *The Placeholder*¹³⁴ de Brenda Laurel y Rachel Strickland en 1993 o *Inherent Rights, Vision Rights*¹³⁵ de Paul Yuxweluptin en 1992. La máxima expresión de esta nueva

¹²⁶ *Tron* (Dir. Steven Lisberger). Walt Disney. 1982.

¹²⁷ GIBSON, W. (1984). *Neuromancer*. New York, United States of America: Ace Books.

¹²⁸ GRAU, O. *op.cit.*, p.168.

¹²⁹ GERE, C. (2008). *Digital Culture Expanded Second Edition*. London, UK: Reaktion Books, p.204.

¹³⁰ LAURENT MIGNONNEAU & CHRISTA SOMMERER. <<http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/>>

¹³¹ ATR. *Advanced Telecommunications Research Institute International*. <http://www.atr.jp/index_e.html>

¹³² MIRALAB. <<http://www.miralab.ch/>>

¹³³ THE BANFF CENTRE. <<https://www.banffcentre.ca/>>

¹³⁴ *Placeholder* (1992). Brenda Laurel y Rachel Strickland. [Información adicional en <http://tauzero.com/Brenda_Laurel/Placeholder/Placeholder.html>]

¹³⁵ *Inherent Rights, Vision Rights* (1992). Lawrence Paul Yuxweluptun. [Información adicional en <<https://www.digitalartarchive.at/database/general/work/inherent-rights-vision-rights.html>>]

exploración artística se daba en 1995 con *Osmose*¹³⁶ de Charlotte Davis, una serie de entornos orgánicos virtuales navegables con visualización a través de un HMD.



Fig. 11: Captura de pantalla de *Osmose*.

El sonido, con diseño a cargo de Dorota Blaszczyk, se convertía aquí en un elemento de gran importancia, con entrega estéreo de una compleja banda sonora de ocho canales vinculada a la imaginería visual y que se sincronizaba con el movimiento del usuario a través del *head-tracker* del HMD, control MIDI y un *Crystal River Acoustetion*¹³⁷.

Por otro lado, importantes avances tecnológicos en torno a la realidad virtual, como la *CAVE*¹³⁸ de Carolina Cruz Neira y Thomas A. Defanti en 1993, señalaban el inicio de una década frenética, al que Chris Chesher hace referencia afirmando que “*la realidad virtual se desarrolló desde la ficción en*

¹³⁶ *Osmose* (1995). Charlotte Davis. [Información adicional en <<http://www.immersence.com/osmose/>>]

¹³⁷ MCROBERT, L. (2007). *Char Davies' Immersive Virtual Art and the Essence of Spatiality*. Toronto, Buffalo & London: University of Toronto Press, p.21.

¹³⁸ Consistente en la simulación de un entorno envolvente a través de la proyección estereoscópica de éste en las paredes y suelos de una habitación y su visualización mediante gafas 3D. Era presentada en 1993 en el SIGGRAPH.

1984 hasta un rico discurso y una tecnología comercializada en 1992”¹³⁹. Pese a esto, su gran momento no había llegado aún, debido a la falta de accesibilidad a los medios tecnológicos por parte de creativos independientes y el gran público para trabajar con ella¹⁴⁰.

Al mismo tiempo, los entornos virtuales se desarrollaban de manera imparable, con los videojuegos comenzando a convertirse en una industria tremendamente poderosa y competitiva a nivel tecnológico. A lo largo de estas dos décadas se producían importantes avances en el audio dinámico para juegos, desde la creación de *iMuse*¹⁴¹, motor musical patentado por LucasArts y utilizado en *The Secret of Monkey Island*¹⁴² en 1990, que condicionaba secuencias según acciones y eventos, hasta el desarrollo de *Spore*¹⁴³, que unía elegantemente sistemas procedurales¹⁴⁴ con *stems* de Brian Eno, en 2003. Un punto crítico en esta evolución fue el abandono del protocolo MIDI en favor de los sonidos más realistas que ofrecían los 32 bits y el estándar *Redbook*¹⁴⁵, una decisión que si bien llevaba a un aumento de la calidad general del sonido también acarrearba una pérdida de dinamismo que no sería recuperado del todo hasta la llegada del estándar *DirectX*¹⁴⁶ y, sobre todo, el avance del *middleware*¹⁴⁷ como *FMOD*¹⁴⁸ y *Wwise*¹⁴⁹, así como la adaptación de sus mecánicas en los motores de juego.

¹³⁹ CHESHER, C. (1994). “Colonizing Virtual Reality Construction of the Discourse of Virtual Reality, 1984-1992” p.3 en *Cultronix* <http://www.casa.ucl.ac.uk/cyberspace/Colonizing_Virtual_Reality.pdf> [Traducción propia del inglés. Texto original: “Virtual Reality developed from fiction in 1984 to a rich discourse and a marketed technology by 1992”] [Consulta: 03 de febrero de 2017]

¹⁴⁰ STEINICKE, F. *op.cit.*, p. 4.

¹⁴¹ LAND, M.Z. y MCCONNELL, P.N. (1994). *Method and apparatus for dynamically composing music and sound effect using a computer entertainment system*. Patent. US5315057 A. p.5. <<https://www.google.com/patents/US5315057>> [Consulta: 05 de febrero de 2017]

¹⁴² *The Secret of Monkey Island* (1990). LucasArts.

¹⁴³ *Spore* (2008). Maxis.

¹⁴⁴ JOLLY, K. (2011). “Usage of PD in Spore and Darkspore” en *Pure Data Convention*. Weimar, Berlin, pp.36-39. <https://www.uni-weimar.de/kunst-und-gestaltung/wiki/images/Usage_of_Pd_in_Spore_and_Darkspore.pdf> [Consulta: 02 de febrero de 2017]

¹⁴⁵ MEDIA TECHNICS. *Red Book (CD-DA)*. <<http://www.mediatechnics.com/redbook.htm>> [Consulta: 10 de febrero de 2017]

¹⁴⁶ DIRECTX. <<http://www.directx.com.es/>>

¹⁴⁷ Software específico para la gestión de sistemas dinámicos de audio sin necesidad de conocimientos previos de programación y aplicado a motores de juego.

¹⁴⁸ FMOD. <<http://www.fmod.com/>>

Al mismo tiempo, el sonido tridimensional comenzaba a llegar a los ordenadores del consumidor medio, con la *Diamond Monster Sound* convirtiéndose, en 1997, en la primera tarjeta de sonido en hacerlo posible. Su adaptación a los videojuegos se daba principalmente a través de los FPS (First Person Shooters), que desde *Wolfenstein 3D*¹⁵⁰ y, sobre todo, *DOOM*¹⁵¹ se habían establecido como un género dominante que comenzaba a comprender la importancia de la localización de los sonidos para aportar información, algo que se refinaba con ejemplos como el juego centrado en el sigilo *Thief: The Dark Project*¹⁵², donde el audio tridimensional y posicional aportaba información esencial para la navegación y la toma de decisiones.

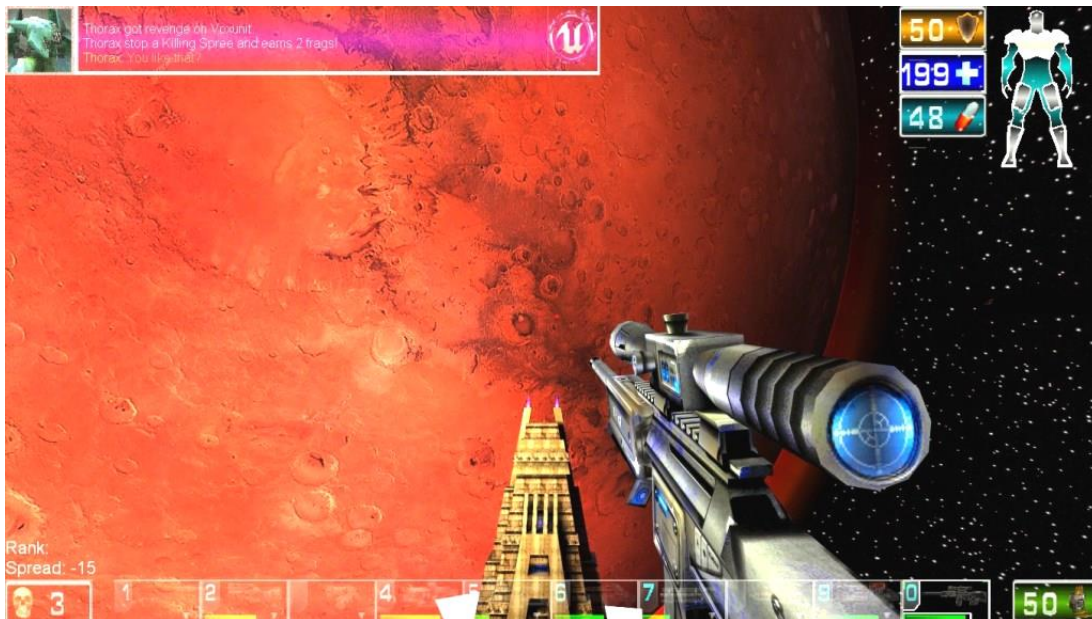


Fig. 12: Captura de pantalla del primer *Unreal Tournament*.

Gran parte de los avances al respecto fueron responsabilidad de compañías como Sensaura, que aplicó sus algoritmos binaurales a juegos como el primer *Unreal Tournament*¹⁵³, o la tecnología A3D de Aureal

¹⁴⁹ AUDIOKINETIC. *Wwise The Engine Powering Interactive Audio*. <<https://www.audiokinetic.com/products/wwise/>>

¹⁵⁰ *Wolfenstein 3D* (1992). Id Software.

¹⁵¹ *DOOM* (1993). Id Software.

¹⁵² *Thief: The Dark Project* (1998). Looking Glass Studios.

¹⁵³ *Unreal Tournament* (1999). Epic Games.

Semiconductor¹⁵⁴, pero la compra y consecuente falta de inversión en el desarrollo¹⁵⁵ de éstas por parte de Creative¹⁵⁶, llevó a un estancamiento tecnológico que no se resolvería hasta la segunda década del s.XXI.

En paralelo, la industria musical comenzaba a dirigir su atención hacia los entornos virtuales como una forma novedosa de explorar trabajos sonoros, como en el curioso caso del lanzamiento de *Tr3s Lunas*¹⁵⁷, CD acompañando al álbum homónimo, con el que el usuario podía recorrer un variado entorno virtual de manera relativamente libre y acompañado por música adaptada, pudiendo realizar acciones de disparo y activación de *triggers* de eventos y secuencias sonoras. El concepto fue desarrollado bajo la etiqueta de MusicVR¹⁵⁸ del propio Oldfield y requirió la creación de software específico por parte de Colin Dooley¹⁵⁹.

A su vez, el mundo del arte comenzaba a asomarse hacia los videojuegos como herramientas creativas, especialmente a través del uso de los *mods* (o “*Artmods*”). modificaciones con fines creativos que los convertían en objetos artísticos alejados de sus objetivos iniciales¹⁶⁰, algo que podemos ver en el temprano ejemplo de *Fabelmod*¹⁶¹. Pero la figura más destacable del *modding* centrado en la creación de herramientas musicales fue Julian Oliver, con obras como su *Quilted Thought Organ*¹⁶² y su *q3apd* junto a Steven Pickles¹⁶³.

¹⁵⁴ AUREAL A3D CENTRAL. <<http://members.optusnet.com.au/kirben/>> [Consulta: 24 de febrero de 2017]

¹⁵⁵ ENACADEMIC. *Aureal Semiconductor*. <<http://partners.academic.ru/dic.nsf/enwiki/2154129>> [Consulta: 22 de enero de 2017]

¹⁵⁶ CREATIVE. <<https://es.creative.com/>>

¹⁵⁷ *Tr3s Lunas* (2002). Mike Oldfield & Colin Dooley.

¹⁵⁸ CARTER, R. (2002). “Behind the scenes of MusicVR” en *Tubular.net*. <<http://tubular.net/discography/MusicVR.shtml>> [Consulta: 15 de marzo de 2017]

¹⁵⁹ MOBY GAMES. *Colin Dooley*. <<https://www.mobygames.com/developer/sheet/view/developerId,80583/>>

¹⁶⁰ CANNON, R. (2003). “Introduction to Game Modification” en *Plaything: The Language of Gameplay*, Sydney, October 8-19.

¹⁶¹ *Fabelmod* (1999). GLAZNOST. [Modificación de *Half-Life* (Valve, 1998), que convertía el motor del juego en una herramienta para la creación de visuales para directos musicales]

¹⁶² *Quilted Thought Organ* (2001-2003). Julian Oliver [Modificación de *Half-Life* donde se vinculaban *samples* de audio pre-existentes a objetos que convertían al entorno en un sintetizador tridimensional a través de la detección de colisiones. Información adicional en <<https://julianoliver.com/output/videos/gthoth.ogg>>]

¹⁶³ *q3apd* (2002-2003). Julian Oliver y Steven Pickles. [Una modificación del motor de *Quake 3 Arena* (id Software, 1999) que incorporaba nuevas formas de interacción con el audio al vincular armas y objetos a

De esta manera, el *modding* afianzaba esta nueva posición del usuario-creador, permitiéndole tomar un papel en la producción y uniendo los procesos de juego y trabajo en el concepto de “playbour”¹⁶⁴, una estrategia de “resistencia cultural”¹⁶⁵ que no haría más que expandirse con la llegada al mercado de los motores de juego accesibles por el usuario medio.

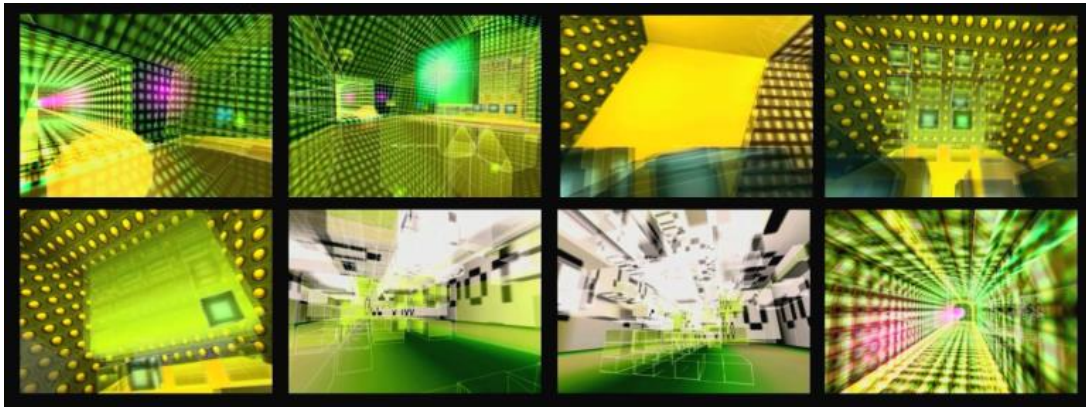


Fig. 13: Múltiples capturas de pantalla de *Quilted Thought Organ*.

En 2005 se lanzaba la primera versión de Unity¹⁶⁶ y en 2009 se abría al público la posibilidad de utilizar el Unreal Engine¹⁶⁷ y vender sus creaciones (cuando anteriormente estaba restringido al *modding*), lanzando al mercado el UDK¹⁶⁸ (Unreal Development Kit) de manera gratuita. Así, se entraba en la segunda década del s.XXI con un nuevo set de herramientas y una nueva actitud que convergerían con una tremenda aceleración de los avances tecnológicos y sociales en torno a la producción sonora, el sonido tridimensional, los entornos virtuales y la realidad virtual.

sonidos, combinándolos con la influencia del ángulo de visión, las texturas, localización e interacción con otros jugadores.]

¹⁶⁴ KÜCKLICH, J. (2005). “Precarious Playbour: Modders and the Digital Games Industry” en Neilson, B. y Rossiter, N. (ed.) *Fibreiculture*, issue 5 2005: precarious labour. <<http://five.fibreiculturejournal.org/fcj-025-precious-playbour-modders-and-the-digital-games-industry/>> [Consulta: 03 de marzo de 2017]

¹⁶⁵ SALEN, K. y ZIMMERMAN, E. (2004). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press. p.543. <<https://gamifique.files.wordpress.com/2011/11/1-rules-of-play-game-design-fundamentals.pdf>> [Consulta: 02 de febrero de 2017]

¹⁶⁶ UNITY. <<https://unity3d.com/es>>

¹⁶⁷ UNREAL ENGINE. *What is Unreal Engine 4*. <<https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4>>

¹⁶⁸ UNREAL ENGINE. *Previous Versions*. <<https://www.unrealengine.com/previous-versions>>

2.3 Las nuevas formas de inmersión en relación con lo sonoro.

Llegados a este punto, es necesario analizar los campos más relevantes respecto a las nuevas concepciones de creación y consumo de las obras sonoras y los entornos virtuales. Para ello, se centra la investigación en la segunda década del s.XXI, tratando de indicar como los conceptos esenciales e hitos históricos previos conectan con el estado contemporáneo de la cuestión.

2.3.1 Nuevos sonidos, nuevas comunidades.

Las formas de producción y consumo de lo musical han cambiado enormemente en los últimos años, gracias en parte al desarrollo de comunidades¹⁶⁹ hiper-especializadas en internet. Esto ha permitido la exploración comunitaria de características sonoras específicas y la generación de nuevas relaciones creador-consumidor. Éstas se caracterizan por existir dentro de una nueva dinámica entre la esfera pública y privada, específicamente en los espacios íntimos de las nuevas generaciones, como la habitación propia con conexión a internet, dónde el concepto de “*playing*” de Schechner¹⁷⁰ se traslada a una relación activa de los sujetos con la música -desde el papel de selector o DJ¹⁷¹ hasta la alteración de piezas musicales¹⁷²-, al mismo tiempo que se favorece la creación de comunidades al “*vincular el centro de poder a sus sujetos*”¹⁷³. Los previos consumidores ejercen ahora, por tanto, un papel activo a distintos niveles -desde el

¹⁶⁹ STEINICKE, F. *op.cit.*, p. 40. [Nota: El mismo término “comunidad” es la etiqueta preferida por los usuarios pese a que para Steinicke sería más correcto denominarlas “sociedades online”]

¹⁷⁰ SCHECHNER, R. (1993). *The Future of the Ritual: Writings on Culture and Performance*. London: Routledge.

¹⁷¹ Persona encargada de realizar la selección y mezcla de temas musicales en un orden determinado, tanto en directo como en emisiones a distancia.

¹⁷² BAKER, S. L. (2004). “Pop In(to) the Bedroom: Popular Music in Pre-teen Girls’ Bedroom Culture” en *European Journal of Cultural Studies*, Vol.7, Issue 1, February 2004, pp. 75-93.

¹⁷³ ATTALI, J. (1985). “Noise and Politics” p.7 en Cox, C. y Warner, D. (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp.7-9.

comisariado o selección de contenidos de los “*professional surfers*”¹⁷⁴ hasta la producción propia-, fluyendo entre áreas de influencia privadas y públicas como una forma de resistencia a los códigos ideológicos dominantes¹⁷⁵, gracias a la conexión directa del espacio íntimo con el público a través de internet.

En relación con esta nueva dinámica se desarrolla un nuevo tipo de creativo sonoro, consecuencia lógica de los “Bedroom Producers” que habían surgido a mediados de los 90, productores de música electrónica que trabajaban en espacios privados y con modestos medios tratando de crear formas musicales que planteasen una alternativa a las dominantes, específicamente como un intento de llevar el lenguaje de la música electrónica de baile a la creación de espacios más mentales¹⁷⁶, en relación con los precedentes de la espacialización en las vanguardias musicales. Con el auge de la piratería y los recursos gratuitos para la creación musical, el nivel de accesibilidad a la creación aumentaba notablemente, y las comunidades de creadores comenzaban a crecer de forma vertiginosa.

El ejemplo más ilustrativo de esto es SoundCloud, servicio de publicación y *streaming* de audio enfocado en la creación de comunidades de productores y consumidores entrelazados. Esto se puede apreciar especialmente a través de tres elementos:

- La atención que se le da a la interacción a través de *likes* y comentarios (éstos últimos además en puntos específicos de los *tracks* o piezas musicales), generando un continuo proceso de *feedback*¹⁷⁷.

¹⁷⁴ MOSS, C. (2015). “Internet Explorers’ pp.148-149 en Cornell, L. y Halter, E. (ed.) *Mass Effect: Art and the Internet in the Twenty-First Century*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp. 147-157.

¹⁷⁵ LINCOLN, S. (2005). “Feeling the Noise: Teenagers, Bedrooms and Music” en *Leisure Studies*, Vol.24, No.4, pp.399-414. <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02614360500199544>> [Consulta: 10 de marzo de 2017]

¹⁷⁶ BLÁNQUEZ, J. (2002). “Aventuras en el ultramundo: Ambient, IDM y electrónica post-rave (1989-2002)” en Blánquez, J. y Morera, O. (coord.) *Loops: Una historia de la música electrónica*. Barcelona: Reservoir Books, pp.320-351.

¹⁷⁷ BEREZNAK, A. (2017). “SoundCloud Comments Are the Only Good Comments” en *The Ringer* <<https://theringer.com/soundcloud-comments-are-the-only-good-comments-4bc787ee2092>> [Consulta: 12 de marzo de 2017]

- Los procesos de *tagging* semántico o etiquetado de los *tracks* musicales¹⁷⁸, una herramienta que, por un lado, permite conectar con creadores y usuarios de gustos similares pero que, por otro, también es subvertida creativamente, cómo en el '*Designer Environments*'¹⁷⁹ de los artistas DJWWW y Sentinel para O FLUXO¹⁸⁰, un referente de la utilización barroca de *samples* y el *Sound Design* en la electrónica alternativa contemporánea, que era etiquetado como *#rpg* por su similitud al lenguaje sonoro de una sesión de juego de rol.
- La gran cantidad de espacio visual en cada perfil y cada *track*, dirigido a la generación de una "marca" estética que se vincule al sonido y ayude a reforzar la idea de comunidad, fomentando la creación de un "folklore digital" compuesto por la unión de elementos visuales, textuales y sonoros, y que es el resultado de la participación de los usuarios en aplicaciones digitales¹⁸¹.



Fig. 14: Vista general de pista de SoundCloud con su marca visual y comentarios ubicados.

A través de nuevos acercamientos a lo sonoro, ajenos al lenguaje pre-establecido, y la existencia de estas comunidades, se fomenta la generación

¹⁷⁸ CHAMBERLAIN, A., MCGRATH, S. y BENFORD, S. (2015). 'Understanding social media and sound: music, meaning and membership, the case of SoundCloud' en *DMRN+10: Digital Music Research Network One-day Workshop 2015*, 22nd December, 2015, Queen Mary University of London.

¹⁷⁹ DJWWW y Sentinel. "Designer Environments", 2015, *SoundCloud* audio, 52:36. <<https://soundcloud.com/vitrio/fluxograma27-designer-environments-by-dj-www-sentinel>>

¹⁸⁰ O FLUXO. <<http://www.ofluxo.net/>>

¹⁸¹ LIALINA, O y ESPENSCHIED, D. (2015). "Do you Believe in Users? / Turing Complete User" pp.1-4 en Cornell, L. y Halter, E. (ed.) *Mass Effect: Art and the Internet in the Twenty-First Century*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp. 1-14.

de nichos culturales, generadores de un capital sub-cultural¹⁸² que, por un lado, ejerce una influencia directa a modo de “goteo” en el sector comercial¹⁸³ y, por otro, fomenta los posicionamientos de subversión y respuesta al *status quo*, como el caso de *NON Worldwide*¹⁸⁴ que busca retomar el control de la identidad africana mediante un agresivo lenguaje musical¹⁸⁵.

Queda claro, por tanto, que nos encontramos en un momento de cambios en cuanto a la distribución de contenido sonoro a través de internet. Aquellos que no han encontrado espacios en salas de conciertos o galerías al generar una producción de carácter situado entre lo museístico y el club de baile, han podido dar por fin con una forma de distribuir su obra directamente a un público interesado, pero seguimos encontrando el problema del estatismo de los espacios web básicos y, al igual que con la problemática del consumo estático del sonido en las galerías, es necesario plantear la posibilidad de nuevos entornos navegables que permitan otra forma de desarrollo de las ideas musicales.

2.3.2 Nuevos entornos.

La llegada de Unity y Unreal Engine como motores de juego accesibles para el gran público ha cambiado el terreno más allá del *modding*, generando la posibilidad de vender los productos creados. Esto, unido a las estructuras de financiación colectiva como Kickstarter, ha llevado a un considerable aumento de la producción *indie*¹⁸⁶ que, ante la ausencia de restricciones, cómo las impuestas por el círculo de producción profesional, ha

¹⁸² THORNTON, S. (1995). *Club Cultures: Music, Media and Subculture Capital*. Cambridge: Polity.

¹⁸³ BAKARE, L. (2014). “Meet the new producers bringing underground sounds to Kanye West, Jay Z and J-LO en *The Guardian* <<https://www.theguardian.com/music/2014/aug/14/-sp-the-new-producers-keeping-kanye-west-jay-z-and-jlo-relevant>> [Consulta: 03 de abril de 2017]

¹⁸⁴ NON-WORLDWIDE. <<http://non.com.co/>>

¹⁸⁵ LOZANO, K. (2016). “An Introduction to NON-Worldwide” en *Red Bull Music Academy Daily*, May 7, 2016. <<http://daily.redbullmusicacademy.com/2016/05/non-worldwide-introduction>> [Consulta: 10 de marzo de 2017]

¹⁸⁶ *Indie Game: The Movie* (Dir. Lisanne Pajot y James Swirsky). Blinkworks & Flutter Media. 2012. [Disponible en <<http://buy.indiegamethemovie.com/>>]

comenzado a enfocar progresivamente el lenguaje de los motores de juego hacia otros usos más allá del videojuego tradicional.

Las posibilidades del sonido dinámico en la última década se han expandido gracias a la implementación general del *middleware* y la adopción de sus mecánicas en los motores de juego, lo que ha resultado en interfaces simplificadas y procesos automatizados¹⁸⁷, que permiten que el usuario se posicione como un agente de cambio¹⁸⁸ de manera más sencilla. La llegada de Steam Audio¹⁸⁹ o el proceso de renovación del motor de audio del Unreal Engine a manos del *Senior Programmer* Aaron McLeran¹⁹⁰, han puesto atención en resucitar el audio tridimensional accesible, así como la simulación realista de la reacción del sonido a los materiales y formas del entorno.

A su vez, el interés popular sobre el audio dinámico ha ido creciendo gracias a su aplicación como elemento clave en algunos títulos parte del *mainstream*, como es el caso del sistema mixto de Paul Weir¹⁹¹ para *No Man's Sky*¹⁹², dónde fragmentos de una banda sonora compuesta previamente se re-organizan de forma procedural¹⁹³, o el complejo sistema de sonido del FPS multijugador *Overwatch*¹⁹⁴, dónde la información sonora recibida por cada jugador se ajusta por algoritmos que determinan lo relevante que le puede resultar en cada momento¹⁹⁵.

¹⁸⁷ HOROWITZ, S. y LOONEY, S.R. (2014). *The Essential Guide to Game Audio: The Theory and Practice of Sound for Games*. Burlington & Oxon: Focal Press, pp.124-130.

¹⁸⁸ COLLINS, K. (2008). *Game Sound. An Introduction to the History, Theory and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, p.106.

¹⁸⁹ VALVE SOFTWARE. *Steam Audio*. <<https://valvesoftware.github.io/steam-audio/>>

¹⁹⁰ MINUS KELVIN. <<http://www.minuskelvin.com/>>

¹⁹¹ EARCOM AUDIO DESIGN. <<https://www.earcomaudio.com/>>

¹⁹² *No Man's Sky* (2016). Hello Games.

¹⁹³ JOYCE, C. (2016). "How One of 2016's Most Talked-About Video Games Brought Generative Music to the Masses" en *Thump*. <https://thump.vice.com/en_us/article/paul-weir-no-mans-sky-audio-generative-music-interview> [Consulta: 13 de marzo de 2017]

¹⁹⁴ *Overwatch* (2016). Blizzard Entertainment

¹⁹⁵ LAWLOR, S. y NEUMANN, T. (2016). "Overwatch – The Elusive Goal: Play by Sound (GDC 2016)" en *GDC Vault* <<http://www.gdcvault.com/play/1023317/Overwatch-The-Elusive-Goal-Play>> [Consulta: 14 de marzo de 2017].

Pero, sin duda, los usos más interesantes del sonido dinámico como elemento clave se están dando en producciones alternativas. A continuación, podemos observar algunos ejemplos con mecánicas que han resultado de especial interés para la aplicación práctica de esta investigación. A inicios de la década encontramos el FPS musical *Child of Eden*¹⁹⁶, en el que los disparos del usuario activan objetos sonoros que interactúan con una base musical continua y preexistente, mecánica de especial interés por resultar intuitiva y ofrecer resultados flexibles a cada usuario.



Fig 15: Captura de pantalla de *Child of Eden*.

Atendiendo ahora al sector *indie*, encontramos la exploración de lo procedural por parte del anteriormente mencionado *Proteus*, un videojuego de exploración creado por Ed Key¹⁹⁷ y David Kanaga¹⁹⁸ en el que el jugador se mueve libremente a través de una isla de generación procedural que resultará, según sus elementos y la posición del jugador, en diferentes composiciones musicales. Un nuevo nivel de interacción se añade con

¹⁹⁶ *Child of Eden* (2011). Q Entertainment.

¹⁹⁷ TWISTED TREE. <<http://twistedtreegames.com/about/>>

¹⁹⁸ DAVID KANAGA. <<http://davidkanaga.com/>>

*FRACT OSC*¹⁹⁹, dónde el usuario resuelve puzzles basados en elementos musicales, creando composiciones de manera progresiva en un entorno que resulta ser un gigantesco sintetizador interactivo, dónde los objetos son codificados por colores según sus características. Ambos ejemplos tienen en común que todas sus pistas de navegación e interacción vienen dadas por el sonido, algo que sigue siendo explorado en *Everything*²⁰⁰ de David O'Reilly, dónde la interacción del usuario con los elementos del entorno se da mediante "canciones" que le permiten generar nuevas relaciones, explorando la fina línea entre el efecto de sonido y la composición gracias al proceso colaborativo entre el diseñador sonoro Eduardo Ortiz y el compositor Ben Lukas²⁰¹.

A su vez, estas mecánicas han sido absorbidas por el mundo del arte, por ejemplo de la mano de un referente nacional como es Ricardo Climent²⁰² y sus trabajos de audio interactivo a través de motores de juego, con muestras como su *Putney Ponozky c.2*²⁰³ con Manusamo&Bzika²⁰⁴ y Mark Pilkington²⁰⁵ o su trabajo con Unreal Engine como *s.laag*²⁰⁶, una línea de investigación que está más enfocada en la relación con la *performance* pública que en la experiencia íntima.

Por otro lado, los entornos navegables para presentar trabajos musicales parecen dirigirse más a la experiencia individual de cada usuario, aludiendo al proceso íntimo de escucha de un álbum. Respecto a esto, en el plano comercial encontramos ejemplos como *EXO*²⁰⁷, un recorrido sin pausa por entornos de videojuego acompañando al disco homónimo de

¹⁹⁹ *FRACT OSC* (2014). Phosfiend Systems.

²⁰⁰ *Everything* (2017). David O'Reilly.

²⁰¹ WALLACE, M. (2017) "Something About 'Everything': A Conversation With David O'Reilly" en *FORBES*.

<https://www.forbes.com/sites/mitchwallace/2017/03/27/something-about-everything-a-conversation-with-david-oreilly/> [Consulta: 25 de marzo de 2017]

²⁰² GAME-AUDIO. <http://game-audio.org/>

²⁰³ *Putney Ponozky c.2* (2016). Ricardo Climent, Manusamo&Bzika y Mark Pilkington

<https://www.youtube.com/watch?v=By-9BgmkDyc>

²⁰⁴ MANUSAMO&BZIKA. <http://manusamoandbzika.webs.com/>

²⁰⁵ MARK PILKINGTON. <http://markpilkington.org.uk/>

²⁰⁶ *S.laag*. (2016). Surround Wunderbar Studio (SWS). <https://www.youtube.com/watch?v=MoXmzXfA8M>

²⁰⁷ *EXO* (2012). Tabor Robak. Obtenido de <http://e-x-o.com/> [Consulta: 06 de febrero de 2017]

Gatekeeper²⁰⁸, o aplicaciones de móvil como *Polyfauna*²⁰⁹, en la que el usuario puede recorrer entornos abstractos a través los que van sonando *stems* de música de Radiohead²¹⁰. Pero, posiblemente, sus aplicaciones más interesantes se están dando en el campo del *underground*, con muestras como el trabajo de core.pan²¹¹ acompañando la música de ssaliva²¹² en '*I appreciate your concern*²¹³ a través de un entorno navegable y abstracto creado mediante Unreal Engine en el que se disparan pistas musicales mientras el usuario lo recorre, o el *Evolutektorh*²¹⁴ de Gem Tree²¹⁵, planteado como una “exhibición” virtual a través de la que se va presentando música del artista con pequeñas formas de interacción.

Pero el trabajo reciente de mayor notoriedad en este ámbito es el de Sam Rolfes²¹⁶ en colaboración con los músicos Amnesia Scanner²¹⁷ para hacer un vídeo de acompañamiento a su tema *AS Chingy*²¹⁸, mediante la utilización de un entorno creado en Unreal Engine recibiendo *inputs* en directo a través un mando de Playstation²¹⁹, al mismo tiempo que el movimiento de la cámara es gestionado por unas Oculus Rift²²⁰, tratando de invocar, en palabras del propio Rolfes, “*la extraña atmósfera al final de una rave (...) filtrada a través de la lente de los tropos de los FPS*”²²¹.

²⁰⁸ PITCHFORK. *Gatekeeper*. <<http://pitchfork.com/artists/28180-gatekeeper/>>

²⁰⁹ *Polyfauna* (2014). Universal Everything. Obtenido de <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.radiohead.polyfauna&hl=es>> [Consulta: 02 de febrero de 2017]

²¹⁰ RADIOHEAD. <<https://www.radiohead.com/deadairspace>>

²¹¹ CORE.PAN. <<http://core.panpsychism.online/>>

²¹² SSALIVA (/ssaliva) en *SoundCloud* <<https://soundcloud.com/ssaliva>>

²¹³ *I appreciate your concern* (2017). ssaliva & core.pan. Obtenido de <<http://www.ofluxo.net/i-appreciate-your-concern-by-ssaliva-core-pan/>> [Consulta: 10 de marzo de 2017]

²¹⁴ *Evolutektorh* (2016). Gem Tree. [Disponible en <<http://tzvetnik.online/evolutektorh-gem-tree/>>]

²¹⁵ GEM TREE (/gem-tree) en *SoundCloud* <<https://soundcloud.com/gem-tree>>

²¹⁶ SAM ROLFES. <<http://samrolfes.tumblr.com/>>

²¹⁷ AMNESIA SCANNER. <<http://www.amnesiascanner.net/asep/>>

²¹⁸ *As Chingy* (2016). Sam Rolfes y Amnesia Scanner. [Disponible en <<https://www.youtube.com/watch?v=02k126v3Zu4>>]

²¹⁹ PLAYSTATION. *Mando inalámbrico DUALSHOCK 4*. <<https://www.playstation.com/es-es/explore/accessories/dualshock-4-wireless-controller/>>

²²⁰ OCULUS. *Rift + Touch* <<https://www.oculus.com/rift/>>

²²¹ MORAN, J. (2016). “Amnesia Scanner’s ‘AS Chingy’ Video, Made with a PS4 Controller and Oculus Rift” en *Bullett* <<http://bulletmedia.com/article/amnesia-scanners-as-chingy-video-made-with-a-ps4-controller-and-oculus-rift/>> [Traducción propia del inglés] [Consulta: 10 de mayo de 2017]



Fig. 16: Captura de pantalla de AS Chingy.

El trabajo de Rolfes, pese a no existir en una versión interactiva disponible para la navegación de otros usuarios, sí que introduce algunas de las posibilidades para la creación de trabajos audiovisuales en entornos navegables e interactivos en relación directa con la música, al mismo tiempo que señala hacia algunas de las posibilidades del trabajo con la realidad virtual aplicada a la presentación de obras sonoras.

2.3.3 Nueva realidad virtual.

Como establece José Luis Brea, “no todo desarrollo técnico da lugar a una forma artística. Pero toda forma artística nace irreversiblemente ligada a un desarrollo de lo técnico”²²². La llegada de la realidad virtual y la creación de entornos tridimensionales inmersivos al *mainstream* llega junto a un punto de inflexión en su percepción social. 2016 puede ser considerado el año de la realidad virtual²²³ con el lanzamiento al mercado comercial de las Oculus

²²² BREA, J.L. (2002) *La Era Postmedia. Acción comunicativa, prácticas (post)artísticas y dispositivos neomediales*. Salamanca: Editorial CASA, p. 140. Versión bajo licencia Creative Commons disponible en: http://jose-luis-brea.net/ediciones_cc/erapost.pdf [Consulta: 10 de febrero de 2017]

²²³ STEINICKE, F. *op.cit.*, p. 25.

Rift y las HTC Vive²²⁴, ambas con el apoyo de dos titanes de la industria, Facebook y Valve²²⁵ (a través de Steam²²⁶) respectivamente. Junto a éstas, soluciones más accesibles, como las Google Cardboard o Samsung Gear, han acercado la experiencia al gran público y, pese a que aún hay un muy largo camino a recorrer, la realidad virtual ha pasado a ser percibida como un recurso accesible para creativos independientes y los mundos del arte y el sonido han empezado a moldearse a su alrededor.

La industria musical ha comenzado a adoptarla rápidamente, pero ha aparecido la problemática de su uso como una “atracción paralela” en festivales, en vez de su planteamiento cómo forma de expresión protagonista. Como solución, se puede plantear un futuro en el que se explore el potencial de la estimulación corporal completa y la interacción de los individuos con la música y el entorno a modo de “performers” sociales²²⁷. Por el momento, un ejemplo notable de la problemática viene de la mano de Björk con su experiencia *Björk Digital*²²⁸, que se ve limitada por su forma de presentación y el exceso de vídeo 360°, con una reducida presencia de entornos navegables tridimensionales que permitan un proceso realmente inmersivo.

Con todo esto, ya existen prototipos de los nuevos espacios musicales que puede crear la realidad virtual, como *TheWaveVR*²²⁹ -una plataforma para crear y asistir a conciertos en entornos virtuales modificables- y *Soundstage*²³⁰, así como otras experiencias lúdicas como *PlaythingsVR*²³¹ o

²²⁴ VIVE. <<https://www.vive.com/eu/>>

²²⁵ VALVE. <<http://www.valvesoftware.com/>>

²²⁶ STEAM. <<http://store.steampowered.com/>>

²²⁷ ROLFES, S. (2017). “Most VR is Silly, But It Could Transform How Our Bodies Interact with Music” en *Thump* <https://thump.vice.com/en_us/article/future-of-vr-in-clubbing-nightlife-dance-music> [Consulta 12 de enero de 2017]

²²⁸ BJÖRK DIGITAL. <<http://bjorkdigital.cccb.org>>

²²⁹ *TheWaveVR* (2017). *TheWaveVR*. Disponible en <<http://thewavevr.com/>>

²³⁰ *SoundStage* (2017). Hard Light Labs. Disponible en <<http://www.soundstagevr.com/>>

²³¹ *Playthings: VR Music Vacation* (2016). Always & Forever Computer Entertainment. Disponible en <<http://playthingsvr.com/>>

*Harmonix Music VR*²³² – un entorno a modo de visualizador reactivo y modificable dependiente de la música que el jugador elija introducir en éste y las acciones que lleve a cabo-.



Fig. 17: Captura de pantalla de *TheWaveVR*.

Por otro lado, en el mundo del arte, la realidad virtual ha vuelto a convertirse en una herramienta utilizada de manera extensa, en parte gracias a esta nueva accesibilidad. Con ello, aparece el riesgo de que el medio brille más que el contenido, algo que Jon Rafman²³³ afirma que hay que evitar mediante “*experiencias arrebatadoras*”²³⁴. Para que el nivel de inmersión sea tal, es necesario explorar el balance entre el mensaje artístico cerrado y la influencia del usuario, haciendo que éste se sienta parte de una revelación artística que en parte ya ha sido preparada.

Las posibilidades de creación de entornos inmersivos llevan a replantearse la necesidad del espacio museístico, sobre todo cuando éste no ofrece nada más que los propios HMDs acompañados de elementos visuales

²³² *Harmonix Music VR* (2017). Harmonix. Disponible en <<http://www.harmonixmusic.com/games/harmonix-music-vr/>>

²³³ JON RAFMAN. <<http://jonrafman.com/>>

²³⁴ GOTTSCHALK, M. (2016). “Virtual Reality Is the Most Powerful Medium of Our Time” en *Artsy Editorial* <<https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-virtual-reality-is-the-most-powerful-artistic-medium-of-our-time>> [Consulta: 01 de mayo de 2017]

no indispensables²³⁵. Por ello, han surgido iniciativas de museos y exposiciones virtuales accesibles a todo el que tenga un dispositivo de realidad virtual, como es el caso de ‘First Look Artists’ VR²³⁶, Vngravity²³⁷ y, sobre todo, el DiMoDA (Digital Museum of Digital Art)²³⁸, un museo virtual creado por Alfredo Salazar-Caro y William Robertson descrito como “posiblemente la mejor colección de arte digital del s.XXI a nivel mundial”²³⁹ y originado como una respuesta a las formas previas de presentación de arte digital que lo esclavizaban al marco físico, ofreciendo un espacio virtual que trata de huir del concepto de la galería como “cubo blanco” expositivo²⁴⁰

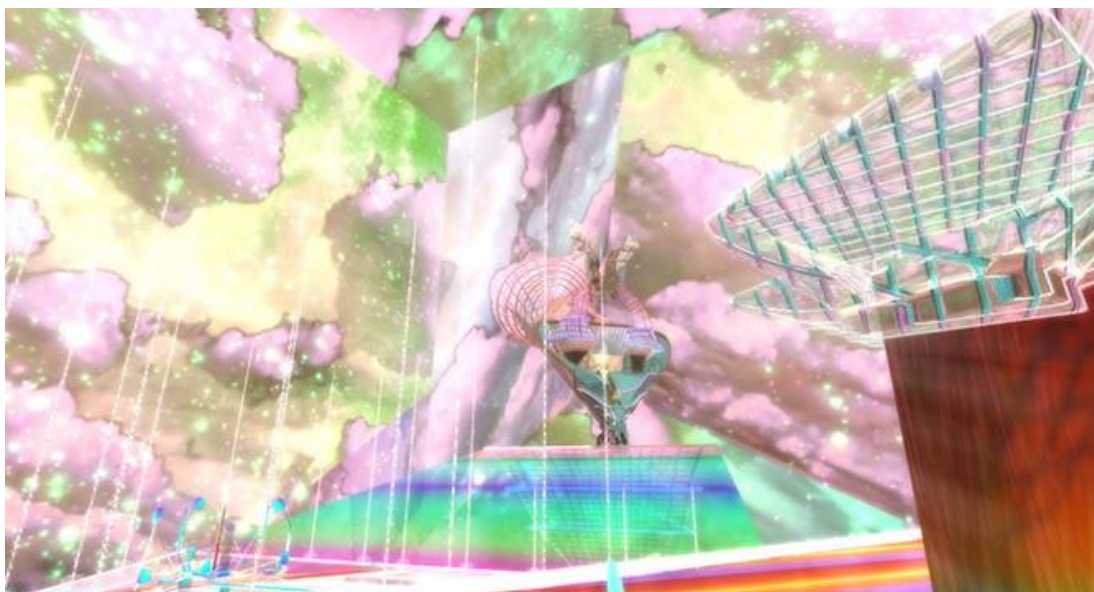


Fig. 18: Captura de pantalla de DiMoDA..

Es necesario señalar, eso sí, el problema con estas formas de distribución, ya que requieren de dispositivos de visualización específicos

²³⁵ ARTE FUSE (2017). *Europe's first large-scale show on Virtual Reality: THE UNFRAMED WORLD*. <<https://artefuse.com/2017/02/20/europes-first-large-scale-show-on-virtual-reality-the-unframed-world/>> [Consulta: 15 de marzo de 2017]

²³⁶ RHIZOME (2017). *First Look: Artists' VR*. <<http://rhizome.org/editorial/2017/feb/01/first-look-artists-vr/>> [Consulta: 05 de mayo de 2017]

²³⁷ VNGRAVITY. <<http://www.vngravity.com/>>

²³⁸ DIMODA. <<https://dimoda.art/>>

²³⁹ Traducción propia del inglés. Texto Original: “arguably the finest holding of twenty first-century Digital art in the world”

²⁴⁰ FABBULA (2016). *DiMoDA, the making of a VR counter culture*. <<http://fabbula.com/dimoda-vr-indie-art/>> [Consulta: 05 de marzo de 2017]

que no son accesibles a todos debido a la brecha digital, por lo que iniciativas como el Panther Modern²⁴¹, museo virtual llevado por LaTurbo Avedon²⁴², han ofrecido alternativas menos dinámicas, pero más accesibles.

En paralelo, el auge de la nueva realidad virtual ha fomentado los avances del sonido tridimensional²⁴³, convertido ahora en elemento esencial para la sensación de inmersión. Por un lado, la captación y recreación binaural está evolucionando de la mano de compañías como VisiSonics²⁴⁴, que licenciaba su tecnología RealSpace²⁴⁵ de sonido 3D a Oculus en 2014, al mismo tiempo que se comienzan a explorar las posibilidades de HRTFs personalizados²⁴⁶ y un mayor realismo en la simulación del paso del sonido por la anatomía humana, con desarrollos como Dirac VR²⁴⁷, que aísla los movimientos de la cabeza y el torso para una reproducción del sonido más realista y dinámica. Esto se une a la atención de gigantes de la industria como Nvidia²⁴⁸ y su desarrollo de VRWorks Audio²⁴⁹, que entre otras características incluye un “*Physically Acoustic Simulator Engine*” para GPU que reacciona a los materiales y espacios del entorno virtual a través del uso de *ray-tracing*²⁵⁰, simulando el camino que el sonido recorre hasta llegar a los oídos del usuario y permitiendo así que éste sea diferente según las características del entorno.

²⁴¹ PANTHER MODERN. <<http://panthermodern.org>>

²⁴² LA TURBO AVEDON. <<https://turboavedon.com/wp/>>

²⁴³ SMITH, D. (2015). “Three-dimensional audio makes virtual reality so much better it’s crazy” en *Business Insider* <<http://www.businessinsider.com/virtual-reality-the-importance-of-3d-positional-audio-2015-4>> [Consulta: 02 de abril de 2017]

²⁴⁴ VISISONICS. <<http://visisonics.com/>>

²⁴⁵ VISISONICS. *RealSpace3D Audio*. <<http://realspace3daudio.com/>>

²⁴⁶ LALWANI, M. (2016). “For VR to be truly immersive, it needs convincing sound to match” en *Engadget* <<https://www.engadget.com/2016/01/22/vr-needs-3d-audio/>> [Consulta: 05 de abril de 2017]

²⁴⁷ DIRAC VR. <<http://www.dirac.com/dirac-vr/>>

²⁴⁸ NVIDIA. <<http://www.nvidia.es/page/home.html>>

²⁴⁹ NVIDIA DEVELOPER. *VRWorks- Audio*. <<https://developer.nvidia.com/vrworks/vrworks-audio>>

²⁵⁰ NVIDIA DEVELOPER. *NVIDIA® OptiX™ Ray Tracing Engine*. <<https://developer.nvidia.com/optix>>

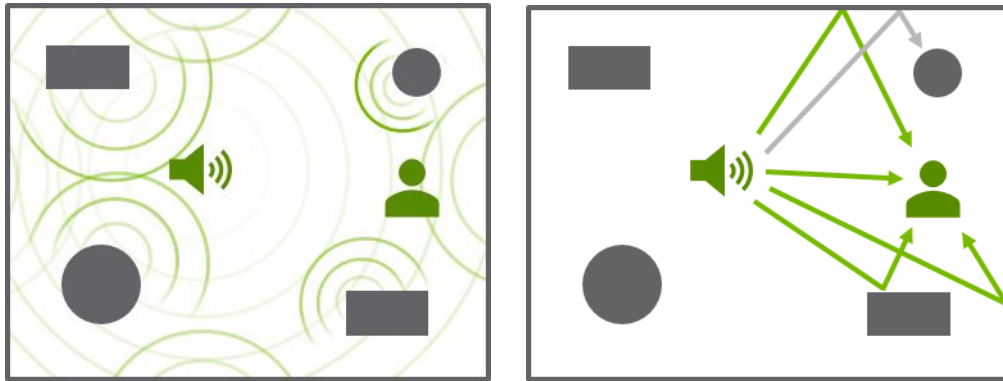


Fig. 19: Esquema de simulación de propagación del sonido por *ray-tracing*.

Por último, la adaptación de estos avances a los motores de juego gratuitos ha dejado claro que existe interés e intención de inversión, al mismo tiempo que una voluntad de mejorar la accesibilidad. Ambos elementos son indispensables para el desarrollo futuro de este lenguaje que ofrece tantas posibilidades para la creación de experiencias inmersivas centradas en el sonido.

3. Desarrollo práctico.

En paralelo a la investigación teórica llevada a cabo para este trabajo, se ha desarrollado una aplicación práctica de los conceptos y mecánicas planteados previamente. Con esto se han tratado de ilustrar las relaciones establecidas entre trabajos sonoros y entornos virtuales interactivos, así como el nivel de inmersión adicional que ofrece la realidad virtual, a través de la creación de un espacio virtual navegable y lleno de elementos sonoros dinámicos.

3.1 Investigación previa y paralela.

Mi primer contacto creativo con las posibilidades del audio en los entornos virtuales gracias a los motores de juego contemporáneos se daba durante el desarrollo del máster, en la asignatura de Narratividad y Videojuegos. Desde esta introducción, mi producción musical se ha visto

cada vez más dirigida hacia la creación de piezas que generen espacios sonoros con potencial para la interactividad. Junto a esto, al mismo tiempo que iniciaba la investigación teórica para el presente trabajo, me surgía la oportunidad de trabajar en dos colaboraciones artísticas de las que surgirían algunos elementos prácticos esenciales a desarrollar posteriormente.

Por un lado, entraba en contacto con el artista griego Theo Triantafyllidis²⁵¹, que me propuso realizar el apartado sonoro para dos de sus piezas interactivas creadas en Unity. La primera, y más compleja, consiste en una isla repleta de diferentes objetos, algunos planteados como elementos estáticos y otros como “actores”, programados para variar entre dos estados de comportamiento e influirse entre ellos. La cámara a través de la que se visualiza el entorno tiene adjunto un *Audio Listener*²⁵², que determina, junto a los comportamientos dinámicos de los actores, lo que el usuario acaba escuchando. Debido a esto, se trabajaron por un lado los sonidos estáticos y, por otro, los “actores” programados a modo de una única composición a través *stems* que se repiten en bucle, dos para cada actor según su estado. De esta manera, las diferentes secciones son activadas en combinaciones imprevisibles, pero siempre encajan correctamente.

Por otra parte, comenzaba el desarrollo de una pieza para realidad virtual desarrollada en Unreal Engine en colaboración con el también alumno del máster Darío Alva²⁵³. Ésta se convertía en parte de la propuesta *Possible Worlds*²⁵⁴, una instalación del magazine online de realidad virtual Fabbula²⁵⁵ para el IAM (Internet Age Media)²⁵⁶ de Barcelona. En su forma final la instalación consistía en un entorno navegable mediante las gafas HTC Vive, que permitían el desplazamiento por éste mediante el movimiento por un

²⁵¹ SLIME TECH. *Work by Theo Triantafyllidis*. <<http://slimetech.org/>>

²⁵² Propiedad de un objeto en Unity que lo hace actuar como un micrófono estéreo, captando las señales sonoras que le llegan. Se encuentra habitualmente vinculado a la cámara que controla el usuario. De <<https://docs.unity3d.com/Manual/class-AudioListener.html>>

²⁵³ DARÍO ALVA. <<https://vimeo.com/darioalvam>>

²⁵⁴ IAM. *Special Project: Possible Worlds* <<http://www.internetagemedia.com/special-project/possible-worlds>>

²⁵⁵ FABBULA. <<http://fabbula.com>>

²⁵⁶ IAM. <<http://www.internetagemedia.com>>

espacio real. La novedad para el tratamiento del audio en este proyecto fue la presencia de animaciones creadas mediante el *Sequencer*²⁵⁷ de Unreal Engine, llevándose a cabo un acercamiento mixto entre la mezcla pasiva al modo de la edición de sonido cinematográfico y la mezcla activa al tener elementos dinámicos.

Este proceso de aprendizaje utilizando motores de juego, junto a la continuación de mi producción musical con un enfoque más dirigido a la creación de espacios, acababa desembocando en la idea para la aplicación práctica de esta investigación.

3.2 La idea tras el entorno.

La idea principal tras la creación del entorno es el presentar un álbum de composición propia de manera dinámica, ubicándolo mediante secciones en un paisaje ficticio y navegable, a modo de zonas o secciones vinculadas a cada uno de los temas. Para esto, se plantea un acercamiento basado en los objetos sonoros interactivos y se decide hacer uso de una estructura dinámica pero no procedural, al querer presentar secciones de piezas musicales compuestas previamente. Por ello, se decide trabajar con *stems* pre-grabados, pero abiertos a la recombinación en cada instancia del entorno, a modo de obra con “forma abierta” respecto al orden y la combinación de los elementos, una forma de control del nivel macro-estructural de los “eventos” sonoros²⁵⁸.

En el entorno existen ocho zonas principales dónde se desarrollan los temas musicales que componen el álbum. En cada zona se localizan los diferentes *stems* en los que se divide cada pieza, vinculados a objetos visuales con propiedades físicas y detección de colisión. Los objetos sonoros están marcados por un código de color para diferenciar tres tipos de

²⁵⁷ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 1.

²⁵⁸ COLLINS, K. (2008). *Game Sound. An Introduction to the History, Theory and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp.155-158.

interacción principal. El usuario tiene la capacidad de navegar el entorno en primera persona, además de disparar proyectiles desde su punto de vista para accionar los objetos y coger algunos de ellos.

A nivel conceptual, el entorno trata de envolver a las composiciones musicales de un elemento mítico, tratando de introducir -tanto a nivel sonoro como visual- un balance entre elementos reconocibles y elementos extraños. De esta manera, al usuario se le plantea asumir un papel de visitante a un extraño paisaje abandonado, dónde lo único que queda son las almas de sus viejos habitantes flotando a su alrededor y las ruinas de sus estructuras y dispositivos. Al explorar el entorno, el usuario puede acercarse a estas zonas e interactuar con ellas, activándolas y generando un diálogo con las piezas musicales que se desarrollan en ellas. Para introducir al usuario en este papel, se hace uso de un pequeño entorno introductorio en el que, tras mostrarle la distribución de los controles, se pueden leer los siguientes textos²⁵⁹:

“Te encuentras explorando un planeta extraño. Has dado con los restos de otra civilización. Lo único que queda de ella son sonidos, emitidos por unos dispositivos abandonados. Déjate guiar por tu oído.”

“Puedes activar los dispositivos por disparos: Los rojos siempre suenan. Los verdes suenan desde la activación hasta que los desactives. Los azules suenan una vez por cada activación. Dispara para comenzar”

De esta forma, se plantean las composiciones musicales dinámicas como una exploración de mensajes que quedaron cifrados en los dispositivos abandonados, mensajes variables según el ritmo y el orden de la experiencia y que, por tanto, están sujetos a una interpretación subjetiva por parte del usuario, como toda obra sonora. Para lograr esto, se les da especial

importancia a los elementos atmosféricos del apartado visual y al equilibrio de su presencia respecto a los elementos sonoros.

El objetivo final tras este entorno es, por tanto, el disfrute estético por parte del usuario de un trabajo musical con el que posiblemente habría tenido un menor grado de inmersión mediante una presentación clásica, generando una nueva capa de presentación a través de la creación de un espacio virtual.

3.3 Detalles técnicos.

3.3.1 Composición previa del sonido.

De manera previa al desarrollo del entorno y la implementación de los objetos sonoros, se ha llevado a cabo un proceso de composición y diseño del sonido. Éste ha consistido sobre todo en la creación de *stems*, pensando en la posterior división y reordenación de las composiciones. Para ello, se ha hecho uso principalmente del DAW Ableton²⁶⁰, un programa para la composición y mezcla de música electrónica. Junto a éste se han empleado algunos *plug-ins* de síntesis (granular y basada en *samples*), como son Absynth²⁶¹, Blue 2²⁶² y Omnisphere 2²⁶³, así como de gestores de librerías de sonido, como Engine 2²⁶⁴. El hardware utilizado ha sido un teclado MIDI M-Audio Keystation 49es²⁶⁵, un Korgo NanoKontrol 2²⁶⁶ y una grabadora portátil Zoom H6²⁶⁷. A partir de una idea general de lo que iba a ser el concepto tras el entorno, se iniciaba un trabajo de grabación, recolección y síntesis de

²⁵⁹ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 1.

²⁶⁰ ABLETON. <<https://www.ableton.com/>>

²⁶¹ NATIVE INSTRUMENTS. *Absynth 5*. <<https://www.native-instruments.com/es/products/komplete/synths/absynth-5/>>

²⁶² ROB PAPAN. *Blue II*. <<https://www.robpapen.com/blue2.html>>

²⁶³ SPECTRASONICS. *Omnisphere 2*. <<https://www.spectrasonics.net/products/omnisphere/>>

²⁶⁴ BEST SERVICE. *Best Service ENGINE*. <<https://www.bestservic.de/en/downloads.html>>

²⁶⁵ M-AUDIO. *Keystation 49 II*. <<http://www.m-audio.com/products/view/keystation-49>>

²⁶⁶ KORG. *NanoKONTROL2*. <<http://www.korg.com/es/products/computergear/nanokontrol2/>>

²⁶⁷ ZOOM. *Zoom H6 Handy Recorder*. <<https://www.zoom.co.jp/products/field-video-recording/field-recording/h6-handy-recorder>>

sonidos, así como su posterior organización a través del proceso de composición, desembocando en ocho piezas musicales formadas por la combinación de *samples* alterados y frases musicales a partir de síntesis.

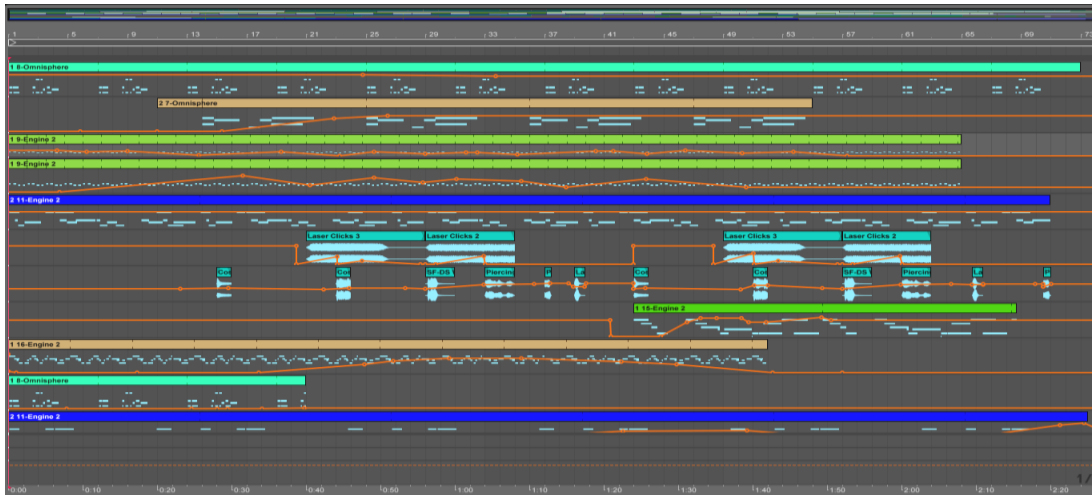


Fig. 20: Vista general de una composición propia en Ableton.

A continuación, se hace un pequeño desglose de los elementos (según el número de pistas) que forman parte de la composición de cada pieza, ordenadas alfabéticamente:

Pieza	Samples	Absynth	Blue 2	Engine 2	Omnisphere 2
'Aíúa'	4			9	4
'Mineral Womb'	6		5		1
'Clean ~'	4		3		3
'Mirror Room'	3			1	5
'Jade Matrix'	9				6
'Jane'	3			2	4
'Iyashikei'	7	2			3
'Radioactive'				3	3

El carácter general de las piezas viene bien resumido con la definición de Brian Eno de la música sintetizada como música “*dentro de la que nadar, flotar, perderse (...) música como un lugar, un sentimiento, un tinte omnipresente del entorno sónico*”²⁶⁸. Mediante la utilización de procesos de síntesis, se ha llegado a sonidos centrados en lo atmosférico, piezas que tienen el objetivo de envolver al usuario cuando éste interactúe con ellas. Para ello se ha hecho uso de muchos motivos melódicos que pueden actuar a modo de pregunta y respuesta en varias de las zonas, junto a “bases” sonoras en bucle que generan una atmósfera inicial. Al mismo tiempo, se hace uso de numerosos *samples* de carácter tecnológico, orgánico y ruidoso, explorando su utilización dentro del lenguaje musical. Estos procesos, con inspiración directa en los lenguajes de las vanguardias musicales, tratan de invocar dentro del entorno la idea de un lenguaje extraño, algo que resulta incomprensible en primer lugar, pero con lo que es posible conectar de cierta manera a través de la interacción y la repetición, creando diálogos musicales en los que entran elementos y procesos que se encuentran entre lo conocido y lo ignoto.

Por último, existirán otras composiciones más sencillas, como aquellas divididas en los diferentes objetos sonoros transportables, que serán combinables, o aquellas de los espíritus flotantes y otras fuentes sonoras del entorno.

3.3.2 El motor de juego.

El inicio de la investigación práctica para la realización del entorno se llevó a cabo con Unity, por ser el motor de juego sobre el que ya tenía algún conocimiento previo. Tras ahondar en lo aprendido durante las clases del máster mediante autoaprendizaje, se comenzó a desarrollar un primer prototipo, con elementos visuales y sonidos temporales²⁶⁹.

²⁶⁸ ENO, B. (1996). “Ambient Music”, p.95 en Cox, C y Warner, D. (ed.) (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp.94-97.

²⁶⁹ Anexo 3 – Videos documentación del proceso - Referencia 1.

Pero, pese a la flexibilidad de Unity y al aprendizaje de algunos elementos básicos con este motor, una combinación de limitaciones personales y escasez de lecciones avanzadas en torno al audio me llevaba a buscar posibles alternativas. Es así como daba con Unreal Engine, el motor de juego que se ha convertido en la herramienta de trabajo principal para este proyecto. Llegados a este punto es importante señalar una de las mayores diferencias respecto a Unity, el uso de *Blueprints*²⁷⁰ o sistemas de nodos lógicos, una forma de programación visual y accesible compuesta por una base de C ++ modificable que me resultaba más cómoda gracias a la familiaridad con el lenguaje de nodos del entorno de programación Pure Data, tratado en el máster. Otras de las diferencias entre ambos motores se pueden observar en la siguiente tabla:

	Unity 5.4	Unreal Engine 4.15
Lenguajes de programación	JavaScript y C#	C++ y <i>Blueprints</i>
Renderización	Proceso posterior a la edición.	En tiempo real durante la edición.
Animación /Cinemáticas	Plug-in externo: <i>Flux</i> ²⁷⁴ .	Integrada en el motor: <i>Sequencer</i> .
Audio	Sistema lógico base limitado, abierto a la expansión mediante código. Integración de Steam Audio.	Sistema lógico base más complejo, abierto a la expansión. Integración de Steam Audio y otras herramientas propietarias.

²⁷⁰ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 2.

Tratando específicamente el sonido, es necesario clarificar algunos de los componentes esenciales de Unreal Engine: Por un lado, encontramos las *Sound Cues*²⁷¹, la herramienta principal para la creación de fuentes sonoras en Unreal. Éstas son objetos sonoros vinculables a otros elementos del entorno (a diferencia de Unity, donde el sonido es una sub-propiedad de los objetos visuales) que permiten algo de programación de bajo nivel a base de nodos, como puede ser el aplicar procesos de aleatoriedad o efectos sencillos.

Por otro lado, si se quiere profundizar en los comportamientos del sonido es necesario crear *Blueprints*, con los que se pueden desarrollar flujos de interacciones entre parámetros y eventos del entorno y sus objetos, que afectarán de determinadas maneras a la fuente sonora.

Pese a ello, los procesos básicos cómo la ubicación de elementos en el espacio y su modificación son bastante similares entre ambos motores, por lo que la elección final dependerá de las características y objetivos de cada proyecto.

3.3.3 Elementos visuales.

A la hora de plantear el aspecto visual del entorno se ha tratado de jugar con una imagen entre lo reconocible y lo extraño. Como elemento base del entorno, se ha comenzado a trabajar con un paisaje o '*Landscape*'²⁷² pre-existente que ha sido modificado mediante las herramientas de edición del terreno presentes en el motor, tratando de mantener su origen foto-realista y reconocible, pero aportándole formaciones geológicas de aspecto artificial, que difícilmente se darían en nuestro entorno conocido, y planteando una división de zonas. Para ofrecer la ilusión de escala, al mismo tiempo que se trata de evitar una carga gráfica excesiva, se ha hecho uso de fondos o '*Backgrounds*', terrenos "falsificados" tras muros invisibles y con menor carga poligonal que los modelos completos.

²⁷¹ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 3.



Fig. 21: Vista general del entorno.

Estas características del paisaje se complementan con el proceso de iluminación del mismo, que depende principalmente de un elemento atmosférico (*'AtmosphericFog'*²⁷³) que ha sido alterado, aumentando algunos de los valores pertenecientes al sol y convirtiéndolo así en un elemento gigantesco que, combinado con otros cuerpos planetarios, ayuda de nuevo a generar esta idea de un entorno familiar pero ajeno.

Como se ha mencionado previamente, el entorno se divide en zonas en las que se ubican los elementos sonoros dinámicos. Esta división se lleva a cabo tratando de distribuir el contenido de manera equilibrada por el espacio, al mismo tiempo que se forman caminos entre los diferentes puntos. El movimiento por el entorno es, por supuesto, completamente libre para el usuario, pero se ha tratado de buscar un equilibrio entre guiarle con pistas visuales y sonoras, al mismo tiempo que se ha buscado que los elementos dinámicos destaquen, pero de una manera sutil, para no quitarle protagonismo al apartado sonoro.

²⁷² Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 4.

²⁷³ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 5.

Generalmente, las zonas tienen elementos arquitectónicos y tecnológicos, señalándolas a modo de ruinas. Junto a esto, se ha hecho uso de unos sistemas de partículas a modo de runas circulares²⁷⁴ flotando en el cielo sobre cada una de las zonas, con el objetivo de ayudarle al usuario si es necesario para llegar a zonas que aún no haya descubierto. Cuando éste se acerca a la zona, colisiona con un ‘*Sphere Trigger*’²⁷⁵ invisible y el círculo desaparece²⁷⁶.



Fig. 22: Detalle decorativo de una de las zonas del entorno.

La mayoría de estas zonas son visibles en un primer momento, a excepción de una cueva subterránea. Ésta ha sido incluida en el entorno queriendo explorar la idea de la inmersión por “capas”, creando una “entrada” a un nuevo entorno dentro del ya existente mediante una mecánica de transición fluida, a fin de obtener un aumento de la sensación de presencia²⁷⁷. A nivel estructural, está formada por elementos prefabricados,

²⁷⁴ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 2.

²⁷⁵ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 6.

²⁷⁶ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 3.

²⁷⁷ SLATER, M., USOH, M. y STEED, A. (1994). “Depth of Presence in Virtual Environments”, p.28 en *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Volume 3, Issue 2, Spring 1994. Massachusetts, USA: MIT Press Cambridge, pp.130-144. <<https://pdfs.semanticscholar.org/857f/768894583b738533585897594824c55a3bec.pdf>> [Consulta: 02 de marzo de 2017]

modificados y unidos, y su color es blanco brillante, generando un gran contraste con el resto del entorno.



Fig. 23: Cueva vista desde la parte inferior del entorno.

Dentro de cada una de estas zonas el usuario se puede encontrar los diferentes conjuntos de objetos vinculados a elementos sonoros dinámicos. Así mismo se pueden encontrar otros objetos independientes en el entorno, que el usuario puede recoger y juntar para comprobar cómo suena su combinación. Tanto los objetos agrupados por zonas como los objetos independientes son partes abandonadas de dispositivos de otra civilización, y su forma no corresponde a lo que dicta la experiencia humana. Por ello, para su creación se ha utilizado el programa de modelado 3D *Zbrush*²⁷⁸, obteniendo formas simétricas y llenas de protuberancias, como haciendo referencia a algún tipo de lenguaje escrito basado en símbolos.

A nivel de color, como norma general se ha decidido utilizar un material base blanco con un punto luminoso cromático en el centro del objeto. Con esto se ha buscado el equilibrio entre la indicación del tipo de comportamiento sonoro del objeto según un código de color (rojo son objetos sonando en bucle, verde son objetos activables y desactivables, azul son

²⁷⁸ PIXOLOGIC. *Zbrush*. <<http://pixologic.com/zbrush/features/overview/>>

objetos que suenan una vez por activación) y que éstos no sean puntos excesivamente llamativos. Este uso del color no alberga intenciones sinestésicas con el tipo de sonidos que se producen, sino que se convierte en un simple mecanismo visual fácil de comprender para el usuario, sirviéndole como una pequeña guía de interacción al revelar elementos del diseño y sus significados internos²⁷⁹.



Fig. 24: Muestra de objeto del entorno, sin activar y activado.

Con la activación de los objetos, mientras el sonido suena, se da paso a un material más llamativo, de neón²⁸⁰, como si los mensajes guardados en

²⁷⁹ CUDWORTH, A.L. (2014). *Virtual World Design*. Boca Raton, London & New York: CRC Press, p.127.

²⁸⁰ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 4.

estos objetos cobran vida por momentos (por tanto, los objetos rojos siempre mostrarán este material). Para conseguir esto se hace uso de una serie de nodos de selección de material ('Set Material'²⁸¹) dentro del *Blueprint* de dichos objetos, que indican el cambio de éste según si el audio está sonando (indicado a través de la condición '*Is Playing*'²⁸², que se dirige a un nodo condicional '*Branch*'²⁸³).

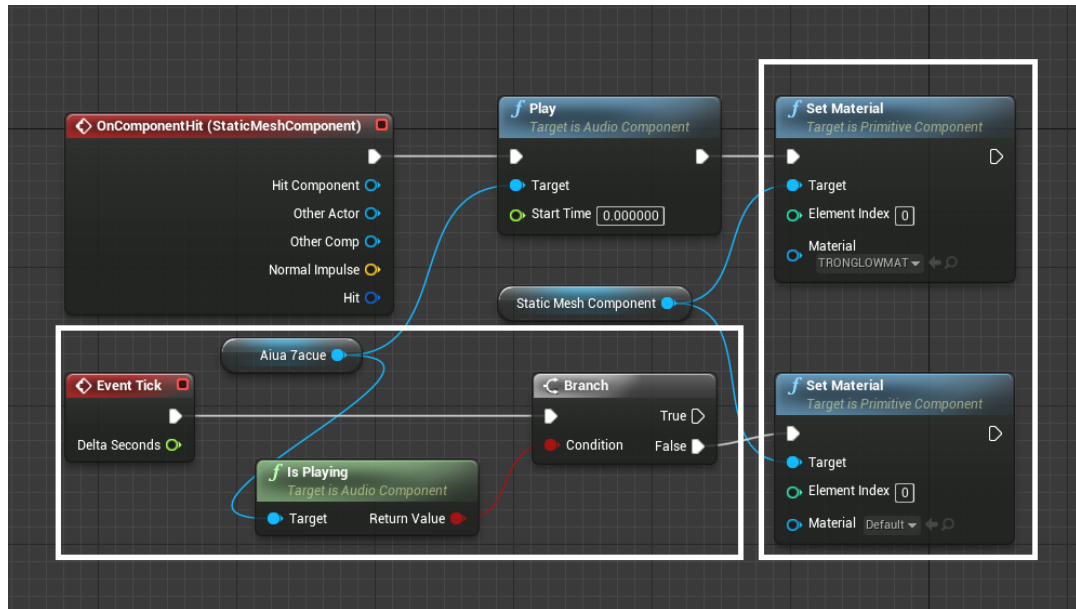


Fig. 25: *Blueprint* de objeto azul, con las partes relevantes al cambio de material resaltadas.

Otra aplicación de material destacable se da para crear lava²⁸⁴, como se puede ver en uno de los cuerpos celestes y en una esfera de fuego situada en la zona más apartada del entorno, elemento al que se le ha colocado un '*Sphere Trigger*' para que cuando el usuario entre en contacto con él vuelva al menú inicial²⁸⁵.

Por otro lado, es necesario hablar de los elementos en movimiento que hay por el escenario. Éstos son las almas de los antiguos habitantes, cuerpos sólidos que, debido a los parámetros de su apartado de

²⁸¹ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 7.

²⁸² Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 8.

²⁸³ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 9.

²⁸⁴ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 5.

²⁸⁵ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 6.

comportamiento físico ‘Physics’ (‘Simulate Physics’ y ‘Enable Gravity’)²⁸⁶, acaban moviéndose por el escenario de forma fantasmagórica. Éstos se ven acompañados de luz roja ya que tienen un proceso interno de emisión sonora en bucle.



Fig. 26: Ejemplo de los espíritus de los antiguos habitantes.

Por último, señalar que el entorno tiene una carga gráfica importante en su estado actual. El ordenador en el que se ha llevado a cabo tanto el proceso de producción de la música como del entorno está compuesto por una CPU Intel Core i7-5820K a 3,30 GHZ²⁸⁷, con 32 GB de RAM y una GPU Nvidia GeForce GTX 1080 FTW²⁸⁸. Esto ha permitido que el uso de un HMD como el Oculus Rift DK2 haya sido fluido y alcance los FPS (*frames* por segundo) necesarios. La versión actual del proyecto ha sido, por tanto, optimizada para un equilibrio entre alta calidad gráfica y buen rendimiento en este equipo, pero necesitaría de revisión futura para adaptarse a otros dispositivos.

²⁸⁶ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 10.

²⁸⁷ INTEL. *Intel® Core™ i7-5820K Processor*. <<https://ark.intel.com/products/82932/Intel-Core-i7-5820K-Processor-15M-Cache-up-to-3-60-GHz>>

²⁸⁸ EVGA CORPORATION. *EVGA GeForce GTX 1080 FTW GAMING, 08G-P4-6286-KR, 8GB GDDR5X, ACX 3.0 & RGB LED*. <<https://www.evga.com/products/product.aspx?pn=08G-P4-6286-KR>>

3.3.4 Mecánicas

Antes de pasar al funcionamiento de los elementos sonoros dinámicos, es necesario explicar las mecánicas de navegación e interacción del usuario con el entorno.

Básicamente se ha tratado de mantener el lenguaje habitual de los FPS, con un punto de vista en primera persona para facilitar la inmersión y eliminando todas las distracciones posibles de la interfaz gráfica (HUD²⁸⁹). El dispositivo de control seleccionado es un mando de Xbox 360²⁹⁰, pero también es posible el control a través de teclado y ratón. Los controles son los que se indican a continuación:

Acción	Mando Xbox 360	Teclado y Ratón
Control de cámara ²⁹⁶	Joystick derecho	Ratón
Control de Movimiento	Joystick izquierdo	Teclas WASD
Sprint	RB (+Movimiento)	Shift (+Movimiento)
Salto	A (se puede pulsar dos veces y mantener)	Barra espaciadora
Mega-Salto	A + LB	Tab + Barra espaciadora
Disparo	RT	Ratón Click Izquierdo
Coger/Soltar Objetos	LT	Ratón Click Derecho

Estos controles aparecen indicados al inicio del pequeño entorno introductorio con un gráfico²⁹¹, dándole tiempo al usuario a adaptarse a ellos antes de introducirse al entorno principal.

²⁸⁹ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 11.

²⁹⁰ MICROSOFT. *Xbox 360 Controller for Windows*. <<https://www.microsoft.com/accessories/es-es/products/gaming/xbox-360-controller-for-windows/52a-00005>>

²⁹¹ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 7.

Para que estos *inputs* se correspondan con las acciones establecidas, se hace uso de nodos *InputAction*²⁹², que activan la acción determinada al recibir el *input* del método de control establecido.

A la hora de programar las mecánicas de control se ha partido de un modelo base del motor, el '*FirstPersonCharacter*²⁹³', que ha sido modificado para mejorar la movilidad y las acciones posibles.

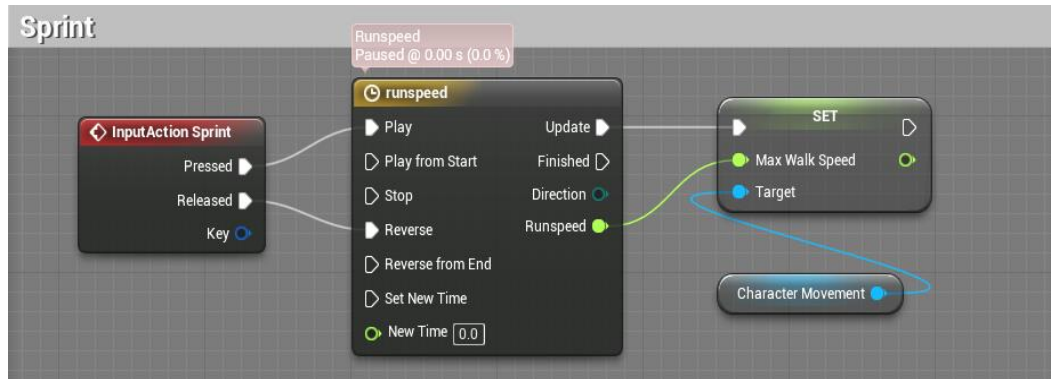


Fig. 27: Blueprint de la mecánica de Sprint.

Primero, se ha añadido un mecanismo de Sprint o aceleración del movimiento con el uso de un nodo de línea de tiempo indicado bajo el nombre '*runspeed*', con un avance logarítmico progresivo²⁹⁴, modificando a su vez parámetros del movimiento del personaje controlado por el usuario o '*CharacterMovement*²⁹⁵'. Al darse el input ('*Pressed*') éste se activa ('*Play*') y al soltarlo ('*Released*') se desactiva de manera gradual, evitando un parón brusco, gracias al uso de '*Reverse*'.

Para la modificación de la mecánica de salto se ha decidido añadir la posibilidad de que éste se mantenga durante 20 segundos (tiempo determinado mediante '*Jump Max Hold Time*') si se mantiene el *input*, así como la posibilidad de hacer un doble salto (siguiendo la cuenta con '*Jump Count*') y un mega salto²⁹⁶ con la finalidad de permitir al usuario visualizar el

²⁹² Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 12.

²⁹³ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 13.

²⁹⁴ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 8.

²⁹⁵ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 14.

²⁹⁶ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 9.

entorno completo desde una perspectiva aérea como una ayuda para la navegación.

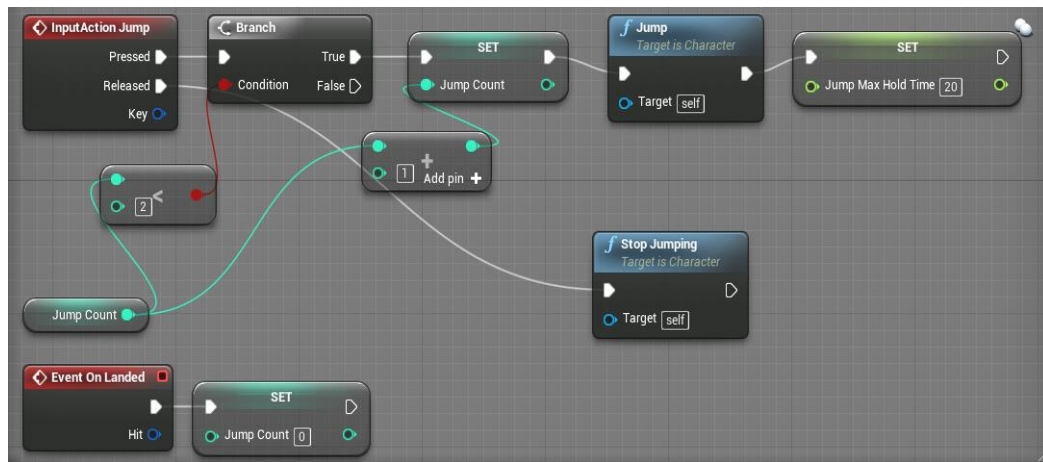


Fig. 28: Blueprint de las mecánicas de salto.

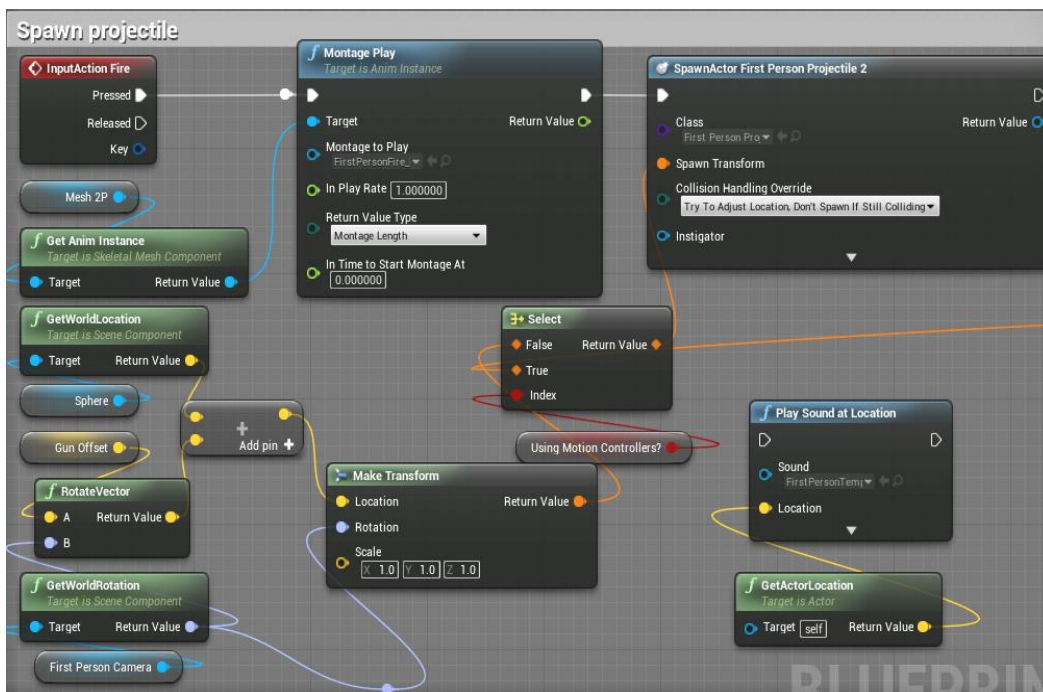


Fig. 29: Vista general del Blueprint de la mecánica de disparo.

La mecánica esencial para la interacción con los objetos sonoros del entorno es el disparo de proyectiles²⁹⁷, al ser considerada una mecánica intuitiva y de fácil adaptación para todo usuario que esté algo familiarizado

²⁹⁷ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 10.

con los FPS. A nivel visual, el único elemento de la interfaz gráfica que ha permanecido es un pequeño punto de mira o *crosshair*, consistente en una pequeña esfera bidimensional, que facilita el proceso de apuntar y orientarse en movimiento al usuario (éste tendrá que ser modificado en la visualización por realidad virtual como se explicará más adelante). El sonido de la acción ha sido desactivado para no quitar protagonismo a la interacción con el entorno.

El disparo de los proyectiles depende de un nodo de creación del proyectil (*SpawnActor First Person Projectile*) que invoca el elemento seleccionado (*First Person Projectile*²⁹⁸). A nivel visual el proyectil ha sido modificado a través del uso de un sistema de partículas (*ParticleSystem*²⁹⁹) que sustituye la geometría sólida original al mismo tiempo que mantiene su campo de colisión y aporta algo de dinamismo visual a través del uso de elementos similares a llamas³⁰⁰.

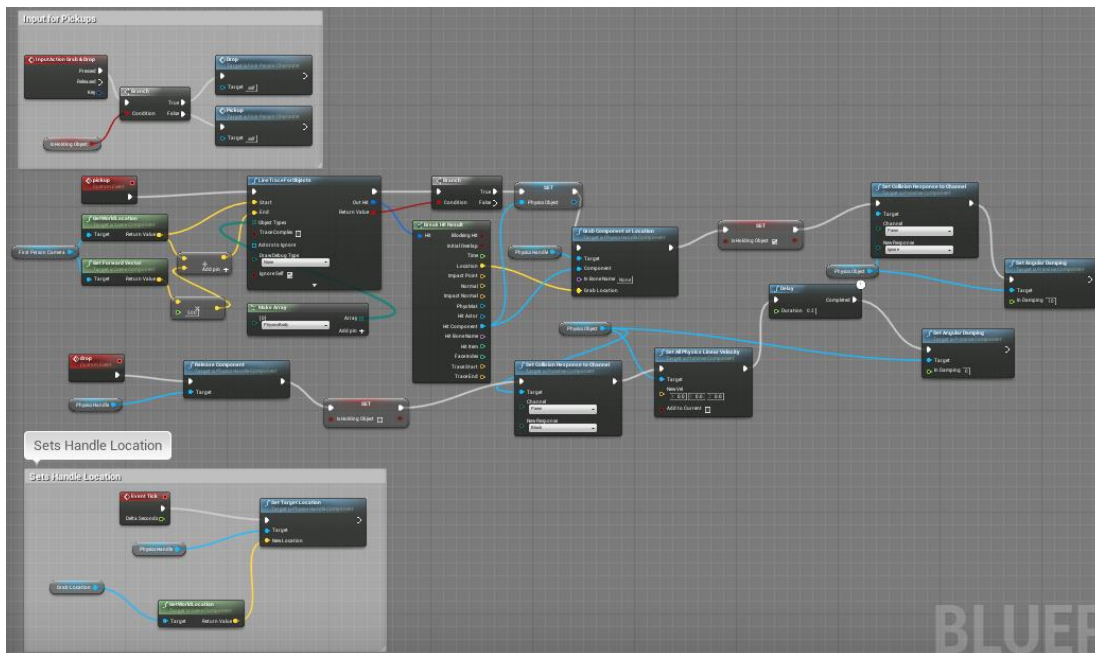


Fig. 30: Vista general del Blueprint de la mecánica de coger y soltar objetos.

²⁹⁸ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 11.

²⁹⁹ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 15.

³⁰⁰ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 12.

Como última modificación, se ha creado un proceso para poder coger y dejar objetos, visualizado con más detalle en los anexos³⁰¹, permitiendo la interacción con piezas de “puzles” sonoros distribuidas por el entorno. A partir de un nodo condicional se indica si el usuario ya tiene un objeto cogido (*'Is Holding Object'*). En caso afirmativo, al recibir el *input* de control el objeto se suelta, y, de lo contrario, se coge. El proceso de poder coger los objetos en sí depende de un evento creado específicamente (*'Custom Event'*³⁰²) y un nodo que detecta impactos con objetos para atraerlos (*'LineTraceForObjects'*³⁰³) mediante propiedades físicas (*'PhysicBody'*³⁰⁴).

3.3.5 Integración del sonido.

Pasamos ahora a analizar los objetos sonoros del entorno, hablando primero de los diferentes tipos y posteriormente de su distribución por zonas.



Fig.31: Ejemplo de objeto rojo

Primero, el más sencillo, es el de aquellos rojos, objetos sonoros que están emitiendo un *stem* en *loop*, de manera continua e imparable, y que

³⁰¹ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 13.

³⁰² Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 16.

³⁰³ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 17.

están localizados en puntos específicos del entorno como guías sonoras. Con éstos simplemente se añaden 'Sound Cues' (mediante 'Attach to') a los objetos visuales que les correspondan.

Estas 'Sound Cues' están compuestas por un nodo 'Looping Wave Player'³⁰⁵ (básicamente un reproductor al que se le asigna un archivo de sonido y al que se le indica que se reproduzca de manera

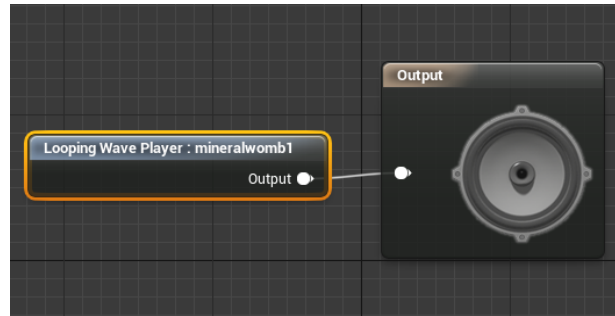


Fig. 32: Ejemplo de Sound Cue básica.

continua) y un 'Output'. Otros parámetros más específicos se determinan en los detalles del elemento. Por un lado, en la sección 'Sound' se hacen variaciones de volumen según sea necesario y, por otro, en la sección 'Attenuation' se determina de manera visual toda la zona en la que el sonido va a ser percibido.



Fig. 33: Indicación visual de una señal esférica de atenuación, con el radio principal y secundario.

³⁰⁴ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 18.

³⁰⁵ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 19.

Para conseguir esto, se seleccionan las opciones de ‘*Allow Spatialization*’³⁰⁶ (para permitirle que se comporte como sonido localizado en vez de 2D) y ‘*Override Attenuation*’³⁰⁷ (para poder determinar su zona de manera visual en el mapa). A continuación, a través de ‘*Attenuation Override*’ se determinan distintos valores: Por un lado ‘*Distance Algorithm*’ (el tipo de algoritmo que determina cómo se comporta la expansión del sonido, por lo general linear), ‘*Attenuation Shape*’ (la forma de su zona, generalmente esférica al resultar la más natural y controlable), ‘*Radius*’ (el radio entorno al objeto sonoro en el que el audio está sonando a su máximo nivel), y ‘*Falloff Distance*’ (el radio entorno al objeto sonoro en el que éste se escuchará, yendo desde el máximo hasta el mínimo perceptible). Por último, se deja activada la opción ‘*Auto Activate*’ para que el sonido suene desde que se abre el entorno, a diferencia del resto que requieren una activación.



Fig. 34: Ejemplo de objeto azul activado.

Los elementos azules consisten básicamente en “*one-shots*”, sonidos que suenan una sola vez cada vez que se produce su activación. Para esto necesitan de un mecanismo de activación, que, en este caso, se ha

³⁰⁶ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 20.

determinado que sea la colisión tanto con el personaje controlado por el usuario como con los proyectiles que éste puede lanzar. Para convertir esto en un *trigger* se ha creado un *Blueprint* con los siguientes elementos:

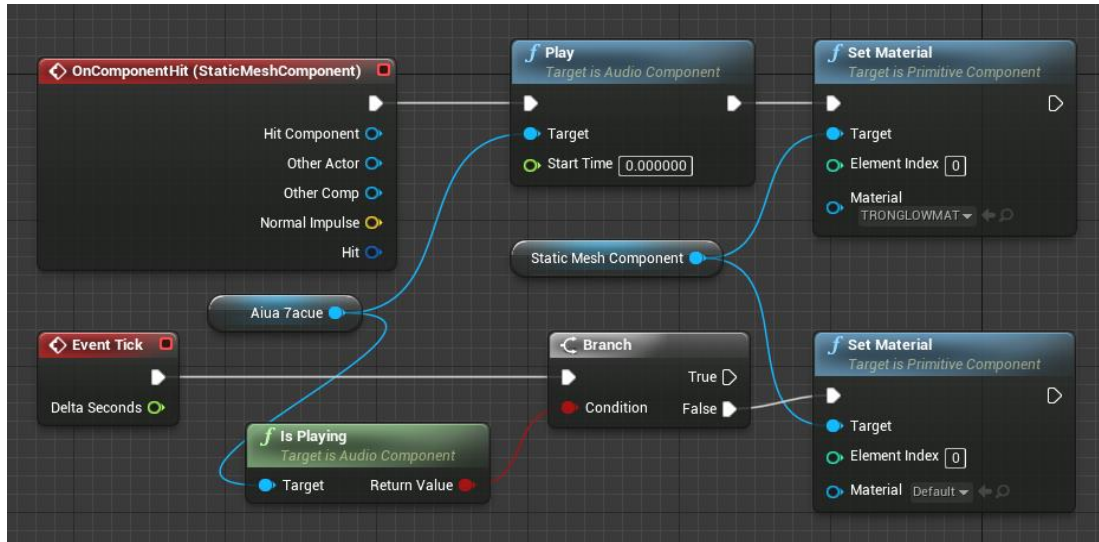


Fig. 35: *Blueprint* de objeto azul.

Primero, un ‘*OnComponentHit (StaticMeshComponent)*’³⁰⁸, que nos permite detectar cuando se produce una colisión contra el objeto. Éste tiene una salida que conecta con un elemento ‘*Play*’ (de reproducción genérica), al que se le asigna una ‘*Sound Cue*’. Las ‘*Sound Cues*’ asignadas para estos objetos sonoros dependen del mismo proceso básicamente que los anteriores, con la excepción de que se reproducen una sola vez y sólo tras ser activadas con un impacto.

Por último, los elementos verdes hacen uso de una *Blueprint* más compleja al consistir en una mezcla entre los dos elementos previos, estando compuestos por *stems* que son activables por colisión pero que se continúan reproduciendo en bucle sin parar hasta que el usuario, si así lo desea, los detiene con una nueva colisión.

³⁰⁷ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 21.

³⁰⁸ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 22.



Fig. 36: Ejemplo de objeto verde activado.

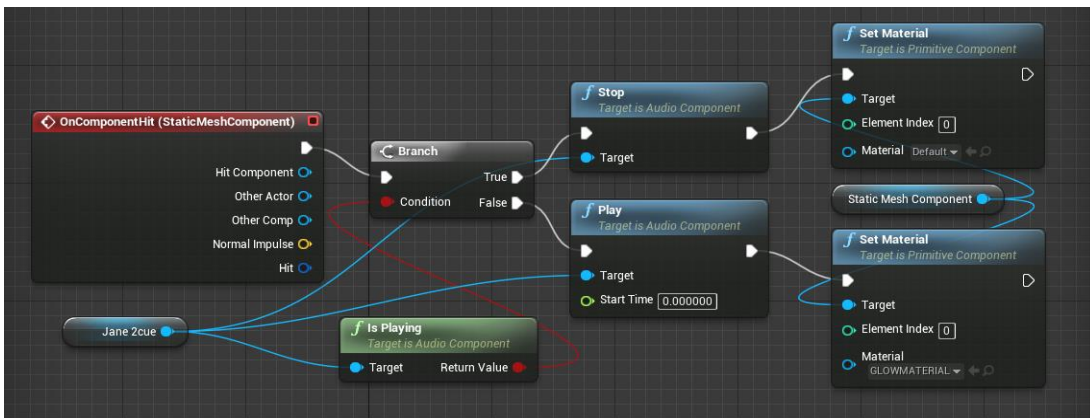


Fig. 37: Blueprint de un objeto de color verde.

Para esto, se utiliza de nuevo un elemento 'OnComponentHit (StaticMeshComponent)' que detecta colisión con el objeto, pero como ahora es necesario crear dos comportamientos distintos, según lo que esté sucediendo en el Blueprint durante la nueva colisión, se crea un elemento condicional ('Branch'). A éste se le introduce como condición la detección de si la 'Sound Cue' está ya reproduciéndose. Consecuentemente, de 'Branch', surgen dos salidas, una que detiene su reproducción si recibe un impacto y el sonido ya se estaba reproduciendo previamente ('Stop') y otra que la inicia si previamente no estaba sonando ('Play').

Las ocho composiciones distintas que aparecen en el entorno están colocadas como se indica en la siguiente imagen: Al inicio, 'Clean ~' (1), 'Iyashikei' (2) y 'Radioactive' (3). En el valle, 'Aiúa' (4) y 'Jane' (5). En el interior de la cueva 'Mirror Room' (6) y 'Jade Matrix' (7). A la derecha de la cueva, 'Mineral Womb' (8).



Fig. 38: Captura general del entorno con las zonas enumeradas.



Fig. 39: Captura de la zona de 'Clean ~'.

A su vez, cada una de las composiciones está dividida en diferentes objetos sonoros, de la siguiente forma:

Pieza	Objetos rojos	Objetos azules	Objetos verdes
'Clean ~'	1	3	3
'Iyashikei'	1	3	2
'Radioactive'	1		4
'Aiúa'	1	5	4
'Jane'	1	2	4
'Mirror Room'	1	4	
'Jade Matrix'	6	17	
'Mineral Womb'	1	8	1



Fig. 40: Captura de la zona de 'Jade Matrix'.

Además de éstos, hay otros elementos sonoros con *stems* de composiciones que son transportables, distribuidos a lo largo del entorno, y que pueden ser unidos a modo de “puzle” musical.



Fig. 41: Objetos parte del mismo “puzle” musical, con sus radios de sonido próximos.

Por último, existen otros procesos sonoros en el entorno que son en gran medida independientes de las acciones del usuario. Ejemplo de esto son las almas flotantes de los seres que formaron la civilización del entorno, objetos rojos con emisión de sonido continua que recorren el escenario libremente. Para incluir cierto elemento procedural en su lógica de sonido, se ha decidido añadir procesos de aleatoriedad a las ‘*Sound Cues*’.

Estas están compuestas por diez ‘*Wave Players*’, cada uno conteniendo una pequeña sección musical de un segundo de duración, consistente en una voz coral sintetizada en una nota determinada y acompañada por *glitches* digitales. Éstos son dirigidos como *inputs* a un nodo ‘*Random*’³⁰⁹, que va eligiendo de manera aleatoria cuales reproducir. Junto a esto, a cada una de las pistas se le puede introducir mayor “peso”, para que sea reproducida con mayor frecuencia, pese a que aquí se ha decidido dejar todas con los mismos valores.

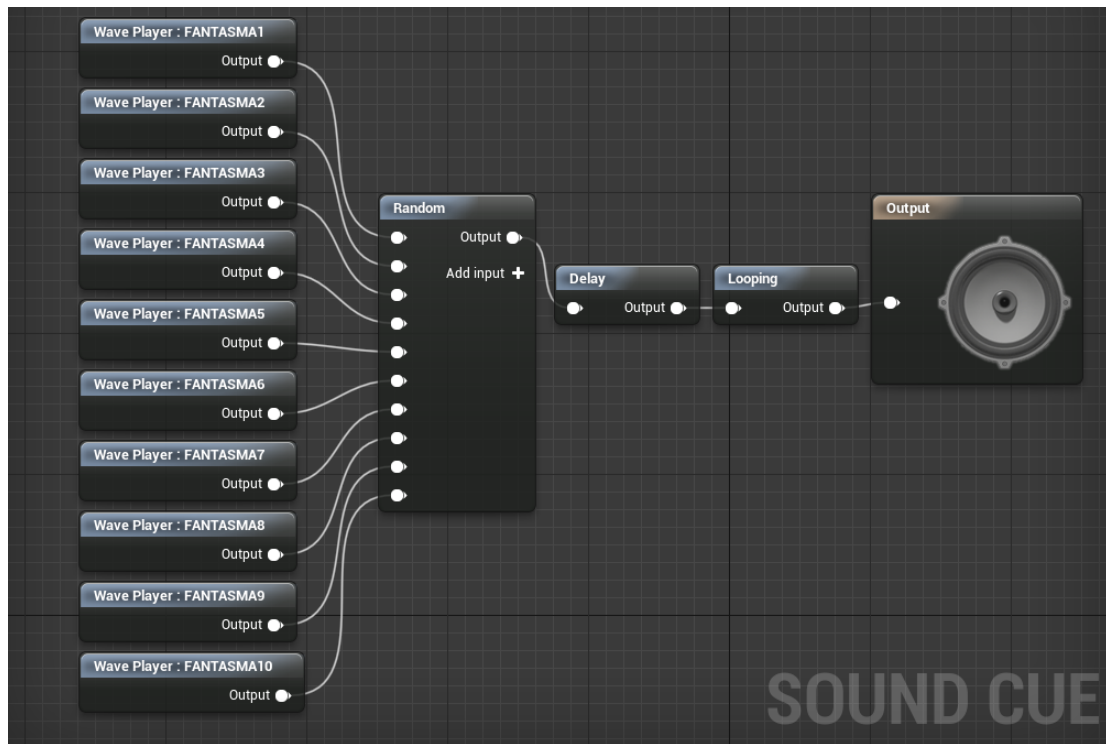


Fig. 42: 'Sound Cue' general de los cuerpos flotantes.

La salida de éste se dirige a un 'Delay'³¹⁰, al que se le indica un retraso mínimo de 0 segundos y un máximo de 5 para añadir dinamismo, y el resultado de todo esto se vincula a un nodo 'Looping', para que todo el flujo de sonido se continúe reproduciendo, que a su vez irá al 'Output'. De esta manera, se une lo imprevisible de su movimiento con lo aleatorio de su sonido para que en cada instancia del entorno varíe su influencia en la experiencia del usuario.

Un modelo similar se sigue con las emisiones que surgen de algunas de las ruinas tecnológicas, que tienen dos fuentes de sonido principales:

³⁰⁹ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 23.

³¹⁰ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 24.

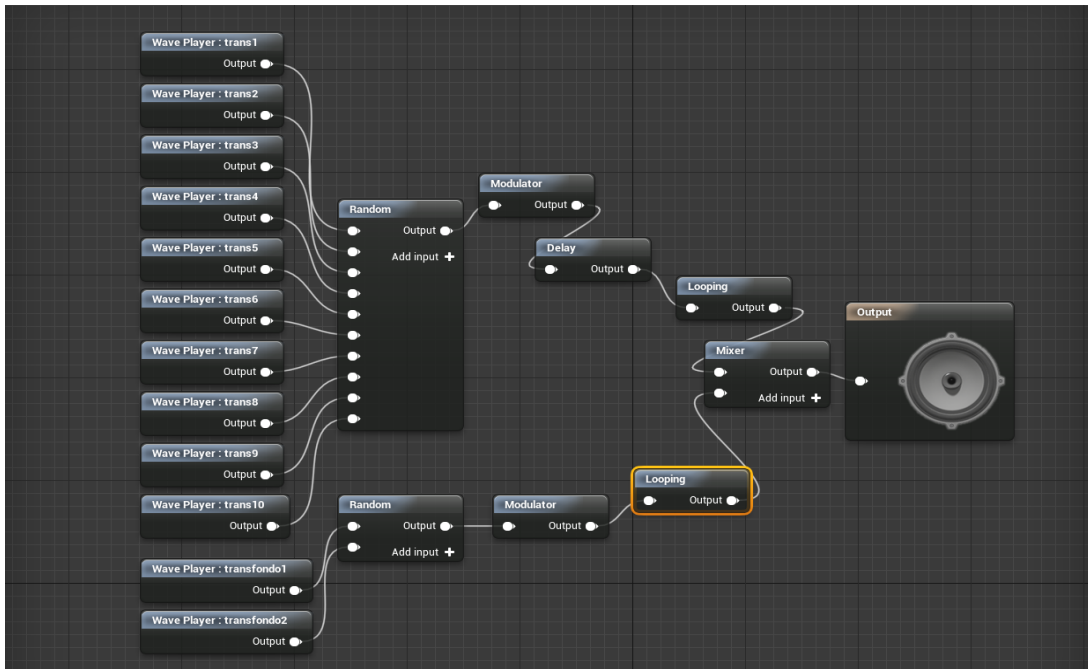


Fig. 43: 'Sound Cue' de las ruinas tecnológicas.

Por un lado, un 'Random' eligiendo aleatoriamente sonidos de voz alterada de 10 'Wave Players' que se dirigen a un 'Modulator'³¹¹ que cambia su pitch de manera aleatoria y un 'Delay' que cambia los tiempos entre ellos. Por otro, dos "fondos" de transmisión que van a un 'Random' y un 'Modulator'. Ambos van a un proceso de 'Looping' y a un 'Mixer' que los combina para el 'Output'.

Por último, existen numerosas fuentes sonoras localizadas a lo largo del entorno y dirigidas a la creación de ambiente, con ejemplos como los sonidos de movimientos de tierra, el sonido de los cuerpos celestiales y el sonido del viento.

³¹¹ Anexo 1 – Glosario Unreal Engine – Referencia 25.

3.3.6 Adaptación a realidad virtual.

Al buscar el mayor grado de presencia e inmersión posible en el entorno, se ha decidido adaptarlo a su visualización a través de un HMD, en este caso unas Oculus Rift DK2, el segundo kit de desarrollo de las gafas de realidad virtual cuyo *tracking* se realiza mediante una cámara frontal y cuya integración con Unreal Engine resulta sencilla y automática.



Fig. 44: Oculus Rift DK2

En este punto, estimamos si desarrollar algo en realidad virtual para *room-scale* (es decir, con movimiento del cuerpo completo) o sentado. Por un lado, existen limitaciones técnicas de las DK2 que lo han impedido, pero

igualmente desde un principio se había descartado este formato debido a la dificultad para crear mecanismos de locomoción fluidos más allá del teletransporte, algo que no habría sido óptimo para un entorno en el que la movilidad continua y su relación con el sonido percibido es algo esencial.

A nivel de control, se decide hacer uso de un mando de juego tradicional frente a controladores como el Leap³¹², los Touch³¹³ o los de la HTC Vive³¹⁴ al considerarlo más adaptado a los objetivos y mecánicas de FPS del proyecto. Por tanto, el movimiento y las acciones se llevan a cabo mediante el mando mientras que el control del punto de vista depende de los movimientos del HMD. A partir de esto se empiezan a encontrar algunas

³¹² LEAP MOTION. <<https://www.leapmotion.com/>>

³¹³ OCULUS. *Rift + Touch*. <<https://www.oculus.com/rift/>>

³¹⁴ VIVE. *Controller*. <<https://www.vive.com/us/accessory/controller/>>

dificultades, como la necesidad de adaptación del *crosshair*³¹⁵ a una figura esférica en 3D, para que ésta aparezca bien representada a través de la estereoscopia³¹⁶.



Fig. 45: Muestra de la visión estereoscópica del entorno a través de las DK2.

Este punto central resulta necesario como referencia visual para el usuario a fin de aumentar su nivel de comodidad, ya que al tener distintos *inputs* de movimiento (tanto el mando como el HMD), hay un proceso de adaptación en el que pueden surgir problemas, como mareos y náuseas. Problemas como éste están siendo tratados en el terreno comercial con diferentes mecanismos³¹⁷ que, desgraciadamente, suelen romper bastante la inmersión, y son una de las cuestiones indicadas en el test de usuario que se encuentra en los anexos del trabajo³¹⁸.

³¹⁵WAWRO, A. (2016). "In VR, even something as simple as a crosshair is 'not easy to do'" en *Gamasutra*, March 17, 2016. <http://www.gamasutra.com/view/news/268355/In_VR_even_something_as_simple_as_a_crosshair_is_not_easy_to_do.php> [Consulta: 20 de febrero de 2017]

³¹⁶ Anexo 2 – Programación adicional en Unreal Engine – Referencia 14.

³¹⁷ WHITLATCH, A. (2016). "Tunnel Vision: How Ubisoft Created 'Eagle Flight', A VR Flying Game With No Nausea" en *Upload VR*, December 20th, 2016. <<https://uploadvr.com/how-ubisoft-created-eagle-flight-sickness/>> [Consulta: 20 de febrero de 2017]

³¹⁸ Anexo 5 – Test de usuario.

4. Conclusiones.

4.1 Conclusiones de la investigación.

Con la realización de esta investigación han comenzado a quedar claras algunas cuestiones en torno a la posible relación del sonido con los entornos inmersivos y la interactividad, y al mismo tiempo han surgido numerosas vías a explorar y nuevas cuestiones por resolver. Por un lado, he podido comenzar a comprender las bases, tanto a nivel teórico como técnico, respecto a la utilización del sonido en el espacio y las formas de interacción con éste, a la vez que me he podido dar cuenta que el apartado técnico resulta mucho más complejo de lo que creía en un principio, con éste dirigiéndose hacia otra área de investigación investigación específica más vinculada al campo puramente científico. Por supuesto, a través de este acercamiento han destacado algunas de las relaciones entre arte y ciencia que han permeado el campo del sonido dinámico, desde el origen de las vanguardias y su vínculo a la experimentación técnica, a la toma de modelos de propagación sonora reales como guía para la generación de nuevas formas de comportamiento del sonido en entornos virtuales. Éste juego de influencias entre distintos campos es el responsable de que se haya llegado al punto actual en el que se ha llevado a cabo el presente trabajo.

Y es que, si bien desde el comienzo de la investigación tenía claro que habían existido influencias mutuas entre estos ámbitos, durante el desarrollo de ésta he podido darme cuenta de cómo toda evolución en el tratamiento del sonido y los entornos virtuales ha dependido de un complejo entramado de creadores e investigadores, siendo impulsada tanto a nivel técnico como artístico desde diversos ángulos, producto de un equilibrio no sólo entre campos mediáticos si no entre arte y ciencia, algo que hemos tratado de manera continua en el máster y que aquí se puede encontrar de manera repetida. Lo que por momentos son limitaciones técnicas que parecen impedir llegar a los resultados deseados, se convierten con el tiempo en

oportunidades para pensar con un enfoque creativo, buscando alternativas y nuevas posibilidades gracias a la accesibilidad y flexibilidad de las herramientas contemporáneas de creación. Estas limitaciones han sido una parte vital en la evolución del sonido dinámico e interactivo en entornos virtuales, forzando a técnicos y creativos a exprimir al máximo las posibilidades del momento. Si bien en la actualidad, las herramientas accesibles para el usuario medio automatizan y facilitan en gran parte el proceso, el desarrollo práctico que se ha llevado a cabo hace gala también de estas limitaciones, tanto de tiempo como de conocimientos, generando únicamente una pequeña muestra de las posibilidades para el audio dinámico en la actualidad, un campo de gran complejidad que se pretende seguir explorando tras esta investigación.

Este proceso me ha ayudado a pensar en mi propia producción musical de una nueva manera, abierta al usuario y a su distribución espacial, llevándome a explorar un nuevo lenguaje creativo que hasta ahora resultaba difícil de alcanzar y que, además, se vincula directamente con las nuevas formas de interacción del público con la cultura. Las nuevas capas de interacción, así como la liberación del uso del espacio, gracias a su carácter virtual, permiten una libertad creativa que añade una nueva dimensión a la creación musical y sonora.

Por tanto, llego a la conclusión de que, en efecto, los entornos virtuales que pueden ser creados hoy en día por el usuario medio ofrecen una interesante posibilidad para los creadores musicales, si bien será necesario replantearse el mismo concepto de compositor en el futuro. El siguiente paso lógico parece ser encontrar formas de optimización y distribución que permitan acceder a estos niveles de interacción y creación musical a la mayor cantidad posible de público, dejando atrás las limitaciones estáticas de la web 2.0 pero tomando sus conceptos de comunidad y relación de creadores y usuarios. Junto a esto, la rápida evolución de la realidad virtual plantea una interesante posibilidad para multiplicar el poder sensorial

de la música en el futuro, generando experiencias más potentes a nivel emocional a través de nuevos niveles de inmersión.

Pese a esto, lo cierto es que en el momento actual nos encontramos aun notablemente limitados a nivel tecnológico. Los momentos de inmersión son posibles, y las mecánicas de interacción ingeniosas a veces consiguen hacernos olvidar los procesos y centrarnos en la experiencia, pero seguimos siendo arrastrados de vuelta hacia la realidad por los elementos que aún no se integran en la experiencia. Por esto mismo, es importante el comenzar a explorar las formas de inmersión que vayan más allá del dispositivo, o que, al menos, lo conviertan en una parte no intrusiva de la experiencia. De esta manera, haciendo invisible el proceso, a modo del “deshacer” de las “costuras” que indica Hiroshi Ishii³¹⁹, y convirtiendo a la experiencia sensorial en el elemento protagonista, los niveles de inmersión y relación emocional con las obras artísticas del futuro podrán llegar a nuevos niveles.

4.2 El futuro del proyecto.

Al tratarse de un proyecto de interés personal en un campo en continuo avance, queda claro que este trabajo no acaba aquí. Nuevas versiones de Unreal Engine (concretamente la 4.16) prometen numerosos cambios en el sistema de audio³²⁰ como la evolución de los *Blueprints* de audio, la mejora del 3D (mejor espacialización y localización con nuevos algoritmos) y el *reverb*, conexiones directas de las ondas de audio a cambios en los *shaders* visuales, posibilidad de síntesis (especialmente interesante la granular) y conexión MIDI, modificación de *samples* para convertirlos en elementos orgánicos, integración de Steam Audio con posibilidades de oclusión “*bakeada*” y *reverb* con reflexiones en tiempo real a través de *ray*

³¹⁹ ISHII, H. y ULLMER, B. (1997). “Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms” en *Proceedings of CHI'97, March 22-27. 1997.*
<<http://gtubicomp2013.pbworks.com/w/file/65131525/ishii-tangible-bits-chi1997.pdf>> [Consulta: 25 de junio de 2017]

³²⁰ MCLERAN, A. (2017). “The Future of Audio in Unreal Engine” en *GDC 2017*. Disponible en *Youtube*
<<https://www.youtube.com/watch?v=ErejaBCicds>> [Consulta: 11 de marzo de 2017]

tracing etc. En el momento actual este nuevo motor de audio se encuentra en un estado experimental e inestable por lo que se ha tomado la decisión de no hacer uso de estas nuevas características para el TFM, pero en cuanto exista una versión final se pretende continuar la investigación con ella. Progreso como éste, junto con los avances del software para gestión de audio externo (*middleware*) y los mecanismos para realidad virtual, van dándose semana a semana prácticamente y convierten este terreno en uno de los campos creativos más llenos de potencial en el momento actual.

A su vez, es necesario explorar posibilidades futuras de optimización que permitan la adaptación del entorno a dispositivos con menor capacidad gráfica, idealmente haciéndolo accesible a través de la web para poder llegar al mayor número de personas posible.

Por esto mismo, y por mi experiencia durante la investigación para este proyecto, pretendo seguir trabajando en este terreno, con el punto de mira en líneas futuras de investigación que encuentren un equilibrio entre el campo artístico y mediático, así como en las nuevas posibilidades que surjan para la integración de sonido en entornos con objetivos artísticos, al mismo tiempo que planteándome las posibles salidas profesionales a las que se puedan aplicar estas herramientas, como es el caso de diseño de sonido para videojuegos, terreno repleto de elementos a mejorar y posibilidades que desarrollar en el futuro.

5. Bibliografía.

5.1 Libros.

- ATTALI, J. (1985). "Noise and Politics" en Cox, C. y Warner, D. (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp.7-9.
- BEGAULT, D.R. (2000). *3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia*. Hanover, Maryland: NASA.
- BLÁNQUEZ, J. (2002). "Aventuras en el ultramundo: Ambient, IDM y electrónica post-rave (1989-2002)" en Blánquez, J. y Morera, O. (coord.) *Loops: Una historia de la música electrónica*. Barcelona: Reservoir Books, pp.320-351.
- BOGOST, I. (2006). *Unit Operations. An Approach to Videogame Criticism*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- BREA, J.L. (2002). *La Era Postmedia. Acción comunicativa, prácticas (post)artísticas y dispositivos neomediales*. Salamanca: Editorial CASA. Versión bajo licencia CC. <http://jose-luis-brea.net/ediciones_cc/erapost.pdf> [Consulta: 10 de febrero de 2017]
- BREGMAN, A.S. (1990). *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. London: MIT Press.
- CAGE, J. (1961). *Silence: Lectures and Writings*. Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press.
- CALLOIS, R. (2001). *Man Play and Games*, trad. Barash, M [Original *Jeux et les hommes*. (1958)]. Urbana & Chicago: University of Illinois Press.
- CASELLA, P y PAIVA, A. (2003). "Mediating Action and Background Music" en Goos, G., Hartmanis, J. y van Leeuwen, J. (eds.) *Virtual Storytelling. Using Virtual Reality Technologies for Storytelling*. Toulouse, France: Springer, pp.94-101.
- CHION, M. (1994) *Audio-Vision: sound on screen*. New York: Columbia University Press.
- COLLINS, K. (2008). *Game Sound. An Introduction to the History, Theory and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.

- COLLINS, K. (2013). *Playing with Sound. A Theory of Interacting with Sound and Music in Video Games*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York, United States of America: Harper Perennial.
- CUDWORTH, A.L. (2014). *Virtual World Design*. Boca Raton, London & New York: CRC Press.
- DOLPHIN, A. (2014). "Defining Sound Toys: Play as Composition" en Collins, K., Kapralos, B. y Tessler, H. *The Oxford Handbook of Interactive Audio*. Oxford & New York: Oxford University Press, pp.45-61.
- DYSON, F. (1996). "When Is the Ear Pierced? The Clashes of Sound, Technology and Cyberculture" en Moser, M.A. y MacLeod, D. *Immersed in Technology. Art and Virtual Environments*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp.72-101.
- ECO, U. (1959). "The Poetics of the Open Work" en Cox, C y Warner, D. (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp. 167-173.
- ENO, B. (1996). "Ambient Music" en Cox, C y Warner, D. (ed.) (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp.94-97.
- FARNELL, A. (2010). *Designing Sound*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- GERE, C. (2008). *Digital Culture Expanded Second Edition*. London, UK: Reaktion Books.
- GIBSON, W. (1984). *Neuromancer*. New York, United States of America: Ace Books.
- GRAU, O. (2003). *Virtual Art. From Illusion to Immersion*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- GRIMSHAW, M. (2011). *Game Sound Technology and Player Interaction. Concepts and Developments*. Hershey & New York: Information Science Reference.
- HEGARTY, P. (2007). *Noise/Music: A History*. New York & London: Continuum.

- HOROWITZ, S. y LOONEY, S.R. (2014). *The Essential Guide to Game Audio: The Theory and Practice of Sound for Games*. Burlington & Oxon: Focal Press.
- HUIZINGA, J. (1949). *Homo Ludens. A Study of the Play-element in Culture*. London, Boston & Henley: Routledge & Kegan Paul.
- JUUL, J. (2005). *Half-real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- KAHN, D. (1999). *Noise, Water, Meat. A History of Sound in the Arts*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- KASSABIAN, A. (2003). "The Sound of a New Film Form" en Inglis, I. *Popular Music and Film*. London & New York: Wallflower Press, pp. 91-101.
- KELLY, C. (2011). "Introduction//Sound in Art" en Kelly, C. *Sound*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press & Whitechapel Gallery, pp.12-20.
- LIALINA, O y ESPENSCHIED, D. (2015). "Do you Believe in Users? / Turing Complete User" en Cornell, L. y Halter, E. (ed.) *Mass Effect: Art and the Internet in the Twenty-First Century*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp. 1-14.
- LOBRUTTO, V. (1994). *Sound-on-film: interviews with creators of film sound*. Westport, Connecticut & London: Praeger.
- LUCIER, A. (1979). "Careful Listening is More Important than Making Sounds Happen" en Kelly, C. (ed.) (2011) *Sound*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press & Whitechapel Gallery, pp.112-115.
- MANOVICH, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press.
- MCROBERT, L. (2007). *Char Davies' Immersive Virtual Art and the Essence of Spatiality*. Toronto, Buffalo & London: University of Toronto Press.
- MILLER, C.H. (2004). *Digital Storytelling. A Creator's Guide to Interactive Entertainment*. Burlington, USA: Focal Press.
- MOSS, C. (2015). "Internet Explorers" en Cornell, L. y Halter, E. (ed.) *Mass Effect: Art and the Internet in the Twenty-First Century*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press, pp. 147-157.

- MOURJOPOULOS, J.N. (2005). "The Evolution of Digital Audio Technology" en Blauert, J. (ed.) *Communication Acoustics*. Berlin & Heidelberg: Springer, pp.299-320.
- MUNDAY, R. (2007). "Music in Video Games" en Sexton, J. *Music, Sound and Multimedia. From the Live to the Virtual*. Edinburgh, Scotland: Edinburgh University Press, pp. 51-67.
- O'DOHERTY, B. (1976). *Inside the White Cube: The Ideology of the Gallery Space*. Berkeley & Los Angeles, California: University of California Press.
- RUSSOLO, L. (1913). *L'Arte dei rumori*, trans. Filliou, R. (1967) *The Art of Noise*. A Great Bear Pamphlet. New York: Something Else Press.
<http://www.artype.de/Sammlung/pdf/russolo_noise.pdf> [Consulta: 15 de diciembre de 2016]
- SALEN, K. y ZIMMERMAN, E. (2004). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, Massachusetts & London, England: The MIT Press. <<https://gamifique.files.wordpress.com/2011/11/1-rules-of-play-game-design-fundamentals.pdf>> [Consulta: 02 de febrero de 2017]
- SCHAFFER, R.M. (1973). "The Music of the Environment" en Cox, C y Warner, D. (2013) *Audio Culture: Readings in Modern Music*. New York: Bloomsbury Academic, pp. 29-39.
- SCHAFFER, R.M. (1977). *The soundscape: Our Sonic environment and the tuning of the world* (ed. 1993-1994). Rochester, Vermont: Destiny Books.
- SCHECHNER, R. (1993). *The Future of the Ritual: Writings on Culture and Performance*. London: Routledge.
- SEXTON, J. (2007). "Reflections on Sound Art" en Sexton, J. (ed.) *Music, Sound and Multimedia. From the Live to the Virtual*. Edinburgh, Scotland: Edinburgh University Press, pp.85-104.
- SHERMAN, W.R. y CRAIG, A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*. Berkeley, California: Morgan Kaufmann Publishers.
- STEINICKE, F. (2016). *Being Really Virtual. Immersive Natives and the Future of Virtual Reality*. Hamburg, Germany: Springer.
- THORNTON, S. (1995). *Club Cultures: Music, Media and Subculture Capital*. Cambridge: Polity.
- WHALEN, Z. (2007). "Case Study: Film Music vs. Video Game Music: The Case of Silent Hill" en Sexton, J. *Music, Sound and Multimedia. From the*

- Live to the Virtual*. Edinburgh, Scotland: Edinburgh University Press, pp. 68-81.
- WHITTINGTON, W. (2007). *Sound Design and Science Fiction*. Austin: University of Texas Press.
- WISHART, T. (1996) *On Sonic Art* (A new and revised edition, ed. By Emmerson, S.). Amsterdam, The Netherlands: Harwood Academic Publishers.
- WOOD, J. (2002). *The Virtual Embodied. Presence, Practice, Technology*. London & New York: Routledge.
- WOOLLER, R. *et al.* (2005). "A framework for comparison of process in algorithmic music systems" en *Generative Arts Practice*. Sydney: Creativity and Cognition Studies Press, pp.109-124.
<<http://eprints.qut.edu.au/6544/1/6544.pdf>> [Consulta: 01 de marzo de 2017]

5.2 Artículos.

- BAKER, S. L. (2004). "Pop In(to) the Bedroom: Popular Music in Pre-teen Girls' Bedroom Culture" en *European Journal of Cultural Studies*, Vol.7, Issue 1, February 2004, pp. 75-93.
- BOLTZ, M.G., EPENDORF, B. y FIELD, B. (2009). "Audiovisual Interactions: The Impact of Visual Information on Music Perception and Memory" en *Music Perception*, 27(1). University of California Press, pp. 43-59.
<http://scholarship.haverford.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=psychology_facpubs> [Consulta: 03 de marzo de 2017]
- BRACKEN, C.C. *et al.* (2010). "Sounding Out Small Screens and Telepresence: The Impact of Audio, Screen size, and Pace" en Kramer, N. (ed.) *Journal of Media Psychology: Theories, Methods and Applications*, 22, pp. 125-137.
- COLLINS, K. (2009). "An Introduction to Procedural Music in Video Games" en *Contemporary Music Review*, 28:1, pp.5-15.
<<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07494460802663983>>
[Consulta: 06 de febrero de 2017]
- GERINGER, J.M, CASSIDY, J.W. y BYO, J.L. (1996). "Effects of Music with Video on Responses of Nonmusic Majors: An Exploratory Study" en *Journal of Research Music Education*, 44, pp. 240-251.

- GOLDBERG, M.E. *et al.* (1993). "Music, music videos, and wear out" en *Psychology & Marketing*, Volume 10, Issue 1. Wiley, pp.1-13.
- HENDRIX, C. y BARFIELD, W. (1996). "The sense of presence within auditory virtual environments" en *Presence-Teleoper. Virtual Environ.* 5, pp. 290-301.
- KÜCKLICH, J. (2005). "Precarious Playbour: Modders and the Digital Games Industry" en Neilson, B. y Rossiter, N. (ed.) *Fibreculture*, issue 5 2005: precarious labour.
<<http://five.fibreculturejournal.org/fcj-025-precarious-playbour-modders-and-the-digital-games-industry/>> [Consulta: 03 de marzo de 2017]
- LINCOLN, S. (2005). "Feeling the Noise: Teenagers, Bedrooms and Music" en *Leisure Studies*, Vol.24, No.4, pp.399-414.
<<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02614360500199544>>
[Consulta: 10 de marzo de 2017]
- SKALSKI, P y WHITBRED, R. (2010). "Image Versus Sound: A Comparison of Formal Feature Effects on Presence and Video Game Enjoyment" en *PsychNology Journal*, Volume 8, Number 1, pp. 67-84.

5.3 Papers.

- CALLEJA, G. (2007). "Revising Immersion: A Conceptual Model for the Analysis of Digital Game Involvement" en Baba, A. (org.) *Situated Play. Proceedings of DiGRA 2007 Conference*. Authors & Digital Games Research Association (DiGRA). Tokyo, Japan, pp.83-90.
<<http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/07312.10496.pdf>>
[Consulta: 14 de febrero de 2017]
- CHAMBERLAIN, A., MCGRATH, S. y BENFORD, S. (2015). 'Understanding social media and sound: music, meaning and membership, the case of SoundCloud' en *DMRN+10: Digital Music Research Network One-day Workshop 2015, 22nd December, 2015*, Queen Mary University of London.
- COX, A.L. (2008). "Running Head: Immersion in Games", en Cairns, P. *et al. Measuring and Defining the experience of immersion in games*. London: UCL Interaction Centre.
<<https://www-users.cs.york.ac.uk/~pcairns/papers/JennettIJHCS08.pdf>>
[Consulta: 10 de febrero de 2017]

- HODGES, L.F. *et al.* (1994). *Presence as the defining factor in a VR application: Virtual Reality Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia*. Georgia Institute of Technology.
<<https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/3584/94-06.pdf>>
[Consulta: 15 de enero de 2017]
- IJSSELSTEIJN, W. y RIVA, G. (2003). *Being There: The experience of presence in mediated environments*. Amsterdam, The Netherlands: los Press.
- ISHII, H. y ULLMER, B. (1997). "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms" en *Proceedings of CHI'97, March 22-27. 1997*. Disponible en
<<http://gtubicomp2013.pbworks.com/w/file/65131525/ishii-tangible-bits-chi1997.pdf>> [Consulta: 25 de junio de 2017]
- JOLLY, K. (2011). "Usage of PD in Spore and Darkspore" en *Pure Data Convention*. Weimar, Berlin. pp.36-39. <https://www.uni-weimar.de/kunst-und-gestaltung/wiki/images/Usage_of_Pd_in_Spore_and_Darkspore.pdf>
[Consulta: 02 de febrero de 2017]
- KERINS, M. (2013). "Understanding the impact of surround sound in multimedia" p.365 en Tan, S. et al. (ed.) *The Psychology of Music in Multimedia*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, pp.365-388.
- MESTRE, D.R. (2005). *Immersion and Presence*. Marseille, France: CRNS & University of the Mediterranean, pp. 1-2.
<http://www.ism.univmed.fr/mestre/projects/virtual%20reality/Pres_2005.pdf>
[Consulta: 10 de enero de 2017]
- MORRIS, S. (2003). "WADs, Bots and Mods: Multiplayer FPS Games as Co-Creative Media" en *DiGRA '03 - Proceedings of the 2003 DiGRA International Conference: Level Up*, Volume: 2. Utrecht, 4-6 November.
<<http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/05150.21522.pdf>>
[Consulta: 23 de febrero de 2017]
- PENDERGRASS, J. (2015). "The Rise of Reactive and Interactive Video Game Audio" p.12 en *Capstone Projects and Theses*. Monterey Bay: California State University.
<http://digitalcommons.csumb.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1480&context=ca_ps_thes> [Consulta: 16 de febrero de 2017]
- PICHLMAIR, M. y KAYALI, F. (2007). "Levels of Sound: On the Principles of Interactivity in Music Video Games" en Baba, A. (org.) *Situated Play*,

Proceedings of DiGRA 2007 Conference. Authors & Digital Games Research Association (DiGRA). Tokyo, Japan, pp.424-430.

SANDERS, T. y CAIRNS, P. (2010). "Time perception, immersion and music in videogames" en *BCS HCI 2010*. Dundee, Scotland.

<https://www-users.cs.york.ac.uk/~pcairns/papers/Sanders_HCI2010.pdf>

[Consulta: 06 de febrero de 2017]

SLATER, M., USOH, M. y STEED, A. (1994). "Depth of Presence in Virtual Environments" p.28 en *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Volume 3, Issue 2, Spring 1994. Massachusetts, USA: MIT Press Cambridge, pp.130-144.

<<https://pdfs.semanticscholar.org/857f/768894583b738533585897594824c55a3bec.pdf>>

SUTHERLAND, I.E. (1965). "The Ultimate Display" en Kalenich, W.A. *Proceedings of IFIP Congress 65*. London: Macmillan and Co, pp.506-508.

<<http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>>

[Consulta: 05 de enero de 2017]

SWEETSER, P. y WYETH, P. (2005). "GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games" en *ACM Computers in Entertainment, Vol.3, No.3, July 2005*.

<http://cgib.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/HGC_120222063925.PDF>

[Consulta: 05 de febrero de 2017]

5.4 Tesis doctorales.

GRIMSHAW, M. (2007). *The Acoustic Ecology of the First- Person Shooter*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. The University of Waikato.

HUIBERTS, S. (2010). *Captivating Sound: The Role of Audio for Immersion in Computer Games*. Doctoral Thesis. Utrecht, The Netherlands & Portsmouth, United Kingdom: Utrecht School of the Arts (HKU) & University of Portsmouth.

5.5 Patentes.

HEILIG, M.L. (1962). *Sensorama Simulator*. Patent 3,050,870. August 28, 1962. <<http://www.mortonheilig.com/SensoramaPatent.pdf>> [Consulta: 15 de enero de 2017]

LAND, M.Z. y MCCONNELL, P.N. (1994). *Method and apparatus for dynamically composing music and sound effect using a computer entertainment system*. Patent. US5315057 A. p.5.
<<https://www.google.com/patents/US5315057>> [Consulta: 05 de febrero de 2017]

5.6 Conferencias.

CANNON, R. (2003). "Introduction to Game Modification" en *Plaything: The Language of Gameplay*, Sydney, October 8-19.

LAWLOR, S. y NEUMANN, T. (2016). "Overwatch – The Elusive Goal: Play by Sound (GDC 2016)" en *GDC Vault*
<<http://www.gdcvault.com/play/1023317/Overwatch-The-Elusive-Goal-Play>> [Consulta: 14 de marzo de 2017]

MCLERAN, A. (2017). "The Future of Audio in Unreal Engine" en *GDC 2017*. Disponible en *Youtube*. <<https://www.youtube.com/watch?v=ErejaBCicds>> [Consulta: 11 de marzo de 2017]

5.7 Webgrafía.

5.7.1 Artículos web.

ARTE FUSE. (2017). *Europe's first large-scale show on Virtual Reality: THE UNFRAMED WORLD*.
<<https://artefuse.com/2017/02/20/europes-first-large-scale-show-on-virtual-reality-the-unframed-world/>> [Consulta: 15 de marzo de 2017]

BAKARE, L. (2014). "Meet the new producers bringing underground sounds to Kanye West, Jay Z and J-LO" en *The Guardian*
<<https://www.theguardian.com/music/2014/aug/14/-sp-the-new-producers-keeping-kanye-west-jay-z-and-jlo-relevant>> [Consulta: 03 de abril de 2017]

BEREZNAK, A. (2017). "SoundCloud Comments Are the Only Good Comments" en *The Ringer*
<<https://theringer.com/soundcloud-comments-are-the-only-good-comments-4bc787ee2092>> [Consulta: 12 de marzo de 2017]

- CARTER, R. (2002). "Behind the scenes of MusicVR" en *Tubular.net*.
<<http://tubular.net/discography/MusicVR.shtml>> [Consulta: 15 de marzo de 2017]
- CHESHER, C. (1994). "Colonizing Virtual Reality Construction of the Discourse of Virtual Reality, 1984-1992" p.3 en *Cultronix*.
<http://www.casa.ucl.ac.uk/cyberspace/Colonizing_Virtual_Reality.pdf> [Consulta: 03 de febrero de 2017]
- FABBULA. (2016). *DiMoDA, the making of a VR counter culture*
<<http://fabbula.com/dimoda-vr-indie-art/>> [Consulta: 05 de marzo de 2017]
- GOTTSCHALK, M. (2016). "Virtual Reality Is the Most Powerful Medium of Our Time" en *Artsy Editorial* <<https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-virtual-reality-is-the-most-powerful-artistic-medium-of-our-time>> [Consulta: 01 de mayo de 2017]
- JOYCE, C. (2016). "How One of 2016's Most Talked-About Video Games Brought Generative Music to the Masses" en *Thump*.
<https://thump.vice.com/en_us/article/paul-weir-no-mans-sky-audio-generative-music-interview> [Consulta: 13 de marzo de 2017]
- LALWANI, M. (2016). "For VR to be truly immersive, it needs convincing sound to match" en *Engadget* <<https://www.engadget.com/2016/01/22/vr-needs-3d-audio/>> [Consulta: 05 de abril de 2017]
- LOZANO, K. (2016). "An Introduction to NON-Worldwide" en *Red Bull Music Academy Daily*, May 7, 2016.
<<http://daily.redbullmusicacademy.com/2016/05/non-worldwide-introduction>> [Consulta: 10 de marzo de 2017]
- MORAN, J. (2016). "Amnesia Scanner's 'AS Chingy' Video, Made with a PS4 Controller and Oculus Rift" en *Bullett*.
<<http://bulletmedia.com/article/amnesia-scanners-as-chingy-video-made-with-a-ps4-controller-and-oculus-rift/>> [Consulta: 10 de mayo de 2017]
- RHIZOME. (2017). *First Look: Artists' VR*
<<http://rhizome.org/editorial/2017/feb/01/first-look-artists-vr/>> [Consulta: 05 de mayo de 2017]
- ROLFES, S. (2017). "Most VR is Silly, But It Could Transform How Our Bodies Interact with Music" en *Thump*
<https://thump.vice.com/en_us/article/future-of-vr-in-clubbing-nightlife-dance-music> [Consulta 12 de enero de 2017]

- SMITH, D. (2015). “Three-dimensional audio makes virtual reality so much better it’s crazy” en *Business Insider*
 <<http://www.businessinsider.com/virtual-reality-the-importance-of-3d-positional-audio-2015-4>> [Consulta: 02 de abril de 2017]
- WALLACE, M. (2017). “Something About ‘Everything’: A Conversation With David O’Reilly” en *Forbes*.
 <<https://www.forbes.com/sites/mitchwallace/2017/03/27/something-about-everything-a-conversation-with-david-oreilly>> [Consulta: 25 de marzo de 2017]
- WAWRO, A. (2016) “In VR, even something as simple as a crosshair is ‘not easy to do’” en *Gamasutra*, March 17, 2016.
 <http://www.gamasutra.com/view/news/268355/In_VR_even_something_as_simple_as_a_crosshair_is_not_easy_to_do.php> [Consulta: 20 de febrero de 2017]
- WHITLATCH, A. (2016). “Tunnel Vision: How Ubisoft Created ‘Eagle Flight’, A VR Flying Game With No Nausea” en *Upload VR*, December 20th, 2016.
 <<https://uploadvr.com/how-ubisoft-created-eagle-flight-sickness/>>
 [Consulta: 20 de febrero de 2017]

5.7.2 Plataformas e instituciones.

- ATR. *Advanced Telecommunications Research Institute International*.
 <http://www.atr.jp/index_e.html>
- BJÖRK DIGITAL. <<http://bjorkdigital.cccb.org>>
- DIMODA. <<https://dimoda.art/>>
- FABBULA. <<http://fabbula.com>>
- IAM. <<http://www.internetagemedia.com>>
- IAM. *Special Project: Possible Worlds*.
 <<http://www.internetagemedia.com/special-project/possible-worlds>>
- MIRALAB. <<http://www.miralab.ch/>>
- O FLUXO. <<http://www.ofluxo.net/>>
- PANTHER MODERN. <<http://panthermodern.org>>
- SOUNDCLOUD. <<https://soundcloud.com>>
- THE BANFF CENTRE. <<https://www.banffcentre.ca/>>

VNGRAVITY. <<http://www.vngravity.com/>>

WHOSAMPLED. <<http://www.whosampled.com>>

5.7.3 Artistas y creativos.

AMNESIA SCANNER. <<http://www.amnesiascanner.net/asep/>>

CORE.PAN. <<http://core.panpsychism.online/>>

DARÍO ALVA. <<https://vimeo.com/darioalvam>>

DAVID KANAGA. <<http://davidkanaga.com/>>

EARCOM AUDIO DESIGN. <<https://www.earcomaudio.com/>>

GAME-AUDIO. <<http://game-audio.org/>>

GEM TREE (/gem-tree) en *SoundCloud*. <<https://soundcloud.com/gem-tree>>

JON RAFMAN. <<http://jonrafman.com/>>

LA TURBO AVEDON. <<https://turboavedon.com/wp/>>

LAURENT MIGNONNEAU & CHRISTA SOMMERER.
<<http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/>>

MANUSAMO&BZIKA. <<http://manusamoandbzika.webs.com/>>

MARK PILKINGTON. <<http://markpilkington.org.uk/>>

MINUS KELVIN. <<http://www.minuskelvin.com/>>

MOBY GAMES. *Colin Dooley*.

<<https://www.mobygames.com/developer/sheet/view/developerId,80583/>>

NON-WORLDWIDE. <<http://non.com.co/>>

PITCHFORK. *Gatekeeper*. <<http://pitchfork.com/artists/28180-gatekeeper/>>

RADIOHEAD. <<https://www.radiohead.com/deadairspace>>

SAM ROLFES. <<http://samrolfes.tumblr.com/>>

SLIME TECH. *Work by Theo Triantafyllidis*. <<http://slimetech.org/>>

SSALIVA (/ssaliva) en *SoundCloud*. <<https://soundcloud.com/ssaliva>>

TWISTED TREE. <<http://twistedtreegames.com/about/>>

5.7.4 Software.

ABLETON <<https://www.ableton.com/>>

AUDIOKINETIC. *Wwise The Engine Powering Interactive Audio.*
<<https://www.audiokinetic.com/products/wwise/>>

AUREAL A3D CENTRAL. <<http://members.optusnet.com.au/kirben/>>
[Consulta: 24 de febrero de 2017]

BEST SERVICE. *Best Service ENGINE.*
<<https://www.bestservic.de/en/downloads.html>>

CREATIVE. <<https://es.creative.com/>>

DIRAC VR <<http://www.dirac.com/dirac-vr/>>

DIRECTX. <<http://www.directx.com.es/>>

ENACADEMIC. *Aureal Semiconductor.*
<<http://partners.academic.ru/dic.nsf/enwiki/2154129>> [Consulta: 22 de enero de 2017]

FLUX EDITOR. <<http://www.fluxeditor.com/>>

FMOD. <<http://www.fmod.com/>>

MEDIA TECHNICS. *Red Book (CD-DA).*
<<http://www.mediatechnics.com/redbook.htm>>

NATIVE INSTRUMENTS. *Absynth 5.*
<<https://www.native-instruments.com/es/products/komplete/synths/absynth-5/>>

NVIDIA. <<http://www.nvidia.es/page/home.html>>

NVIDIA DEVELOPER. *NVIDIA® OptiX™ Ray Tracing Engine.*
<<https://developer.nvidia.com/optix>>

NVIDIA DEVELOPER. *VRWorks- Audio.*
<<https://developer.nvidia.com/vrworks/vrworks-audio>>

PIXOLOGIC. *Zbrush.* <<http://pixologic.com/zbrush/features/overview/>>

ROB PAPEN. *Blue II.* <<https://www.robpapen.com/blue2.html>>

SPECTRASONICS. *Omnisphere 2.*
<<https://www.spectrasonics.net/products/omnisphere/>>

STEAM. <<http://store.steampowered.com>>

UNITY. <<https://unity3d.com/es>>

UNITY. *Asset Store*. <<https://www.assetstore.unity3d.com/>>

UNREAL ENGINE. *First Person*.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Resources/Templates/FirstPerson/>>

UNREAL ENGINE. *Input Action And Axis Mappings In UE4*.
<<https://www.unrealengine.com/en-US/blog/input-action-and-axis-mappings-in-ue4>>

UNREAL ENGINE. *Marketplace*.
<<https://www.unrealengine.com/marketplace>>

UNREAL ENGINE. *Previous Versions*.
<<https://www.unrealengine.com/previous-versions>>

UNREAL ENGINE. *Sound Cue Editor*.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/SoundCues/Editor/>>

UNREAL ENGINE. *What is Unreal Engine 4*.
<<https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4>>

VALVE. <<http://www.valvesoftware.com/>>

VALVE SOFTWARE. *Steam Audio*.
<<https://valvesoftware.github.io/steam-audio/>>

VIVE <<https://www.vive.com/eu/>>

5.7.5 Hardware.

AMBISONIC. <<http://www.ambisonic.net/>>

BELL LABS. *The father of stereophonic sound*.
<<https://www.bell-labs.com/our-people/recognition/2016-stereo-sound/>>

COMPUTER HISTORY MUSEUM. *Ivan Sutherland's experimental 3-D display*. <<http://www.computerhistory.org/revolution/input-output/14/356/1830>>

EVGA CORPORATION. EVGA GeForce GTX 1080 FTW GAMING, 08G-P4-6286-KR, 8GB GDDR5X, ACX 3.0 & RGB LED.
<<https://www.evga.com/products/product.aspx?pn=08G-P4-6286-KR>>

HISTORY OF COMPUTERS. *Sketchpad of Ivan Sutherland*.
<<http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>>

INTEL. Intel® Core™ i7-5820K Processor.
<https://ark.intel.com/products/82932/Intel-Core-i7-5820K-Processor-15M-Cache-up-to-3_60-GHz>

KORG. *NanoKONTROL2*.
<<http://www.korg.com/es/products/computergear/nanokontrol2/>>

LANGE, A. *Le premier medium electrique de diffusion culturelle: le Theatrophone de Clement Ader (1881)*.
<<http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone.htm>>

LEAP MOTION. <<https://www.leapmotion.com/>>

M-AUDIO. *Keystation 49 II*. <<http://www.m-audio.com/products/view/keystation-49>>

MICROSOFT. Xbox 360 Controller for Windows.
<<https://www.microsoft.com/accessories/es-es/products/gaming/xbox-360-controller-for-windows/52a-00005>>

NAGRA AUDIO. *History*. <<http://www.nagraaudio.com/about-us/history/>>

NEUMANN. *Dummy Head KU 80*.
<https://www.neumann.com/?lang=en&id=hist_microphones&cid=ku80_photos>

OCULUS. *Rift + Touch*. <<https://www.oculus.com/rift/>>

PLAYSTATION. *Mando inalámbrico DUALSHOCK 4*.
<<https://www.playstation.com/es-es/explore/accessories/dualshock-4-wireless-controller/>>

SMALLEST FEDERATED WIKI. *Headsight*.
<<http://vw.fed.wiki.org/view/headsight>>

VISONICS. <<http://visisonics.com/>>

VISONICS. *RealSpace3D Audio*. <<http://realspace3daudio.com/>>

VIVE. *Controller*. <<https://www.vive.com/us/accessory/controller/>>

ZOOM. *Zoom H6 Handy Recorder*
<<https://www.zoom.co.jp/products/field-video-recording/field-recording/h6-handy-recorder>>

5.8 Material audiovisual.

5.8.1 Videojuegos y entornos virtuales.

- As Chingy* (2016). Sam Rolfes y Amnesia Scanner. [Disponible en <<https://www.youtube.com/watch?v=02k126v3Zu4>>]
- Child of Eden* (2011). Q Entertainment.
- Computer Space* (1971). Nutting Associates.
- DOOM* (1993). Id Software.
- Everything* (2017). David O'Reilly.
- Evolutektorh* (2016). Gem Tree. [Disponible en <<http://tzvetnik.online/evolutektorh-gem-tree/>>]
- EXO* (2012). Tabor Robak. [Disponible en <<http://e-x-o.com/>>]
- Fabelmod* (1999). GLAZNOST.
- FRACT OSC* (2014). Phosfiend Systems.
- Frogger* (1981). Konami.
- Harmonix Music VR* (2017). Harmonix. [Disponible en <<http://www.harmonixmusic.com/games/harmonix-music-vr/>>]
- I appreciate your concern* (2017). ssaliva & core.pan. [Disponible en <<http://www.ofluxo.net/i-appreciate-your-concern-by-ssaliva-core-pan/>>]
- Inherent Rights, Vision Rights* (1992). Lawrence Paul Yuxweluptun.
[Información adicional en <<https://www.digitalartarchive.at/database/general/work/inherent-rights-vision-rights.html>>]
- Maze Wars* (1974). Steve Colley.
- Minecraft* (Versión 1.11, 2012). Mojang AB.
- No Man's Sky* (2016). Hello Games.
- Osmose* (1995). Charlotte Davis. [Información adicional en <<http://www.immersence.com/osmose/>>]
- Otocky* (1987). Toshio Iwai.
- Overwatch* (2016). Blizzard Entertainment.

Placeholder (1992). Brenda Laurel y Rachel Strickland. [Información adicional en <http://tauzero.com/Brenda_Laurel/Placeholder/Placeholder.html>]

Playthings: VR Music Vacation (2016). Always & Forever Computer Entertainment. [Disponible en <<http://playthingsvr.com/>>]

Polyfauna (2014). Universal Everything. [Disponible en <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.radiohead.polyfauna&hl=es>>]

Proteus (2013). David Kanaga, Ed Key, Curve Digital.

Putney Ponozky c.2 (2016). Ricardo Climent, Manusamo&Bzika y Mark Pilkington. [Disponible en <<https://www.youtube.com/watch?v=By-9BgmkDyc>>]

Quilted Thought Organ. (2001-2003). Julian Oliver.

q3apd. (2002-2003). Julian Oliver y Steven Pickles.

REZ (2002). Dir. Tetsuya Mizuguchi, Dev. United Game Artists).

S.laag. (2016). Surround Wunderbar Studio (SWS)

SoundStage (2017). Hard Light Labs. [Disponible en <<http://www.soundstagevr.com/>>]

Space Invaders (1978). Taito Corporation.

Spore (2008). Maxis.

The Secret of Monkey Island (1990). LucasArts.

Thief: The Dark Project. (1998). Looking Glass Studios.

TheWaveVR (2017). TheWaveVR. [Disponible en <<http://thewavevr.com/>>]

Tr3s Lunas (2002). Mike Oldfield & Colin Dooley.

Unreal Tournament (1999). Epic Games.

Wolfenstein 3D (1992). id Software.

5.8.2 Películas.

Apocalypse Now (Dir. Francis Ford Coppola). United Artists. 1979.

Fantasia (Dir. James Algar et al). Walt Disney. 1940.

Indie Game: The Movie (Dir. Lisanne Pajot y James Swirsky). Blinkworks & Flutter Media. 2012. [Disponible en <<http://buy.indiegamethemovie.com/>>]

Star Wars: Episode IV – A New Hope (Dir. George Lucas). Lucasfilm & Twentieth Century Fox Film Corporation. 1977

Star Wars: Episode V – The Empire Strikes Back (Dir. Irvin Kershner). Lucasfilm. 1980

Star Wars: Episode VI – Return of the Jedi (Dir. Richard Marquand). Lucasfilm. 1983

THX 1138 (Dir. George Lucas). Warner Bros. 1971.

Tommy (Dir. Ken Russell). Robert Stigwood Organisation Ltd & Hemdale. 1975.

Tron (Dir. Steven Lisberger). Walt Disney. 1982.

5.8.3 Obra sonora.

DJWWW y Sentinel. *Designer Environments*, 2015, SoundCloud audio, 52:36. <<https://soundcloud.com/vitrio/fluxograma27-designer-environments-by-dj-www-sentinel>>

John Cage. *Williams Mix*, 1952. [<http://www.medienkunstnetz.de/works/williams-mix/>][Consulta: 3 de diciembre de 2016]

Karlheinz Stockhausen. *Gesang Der Jünglinge*, 1956. <<http://www.laphil.com/philpedia/music/gesang-der-junglinge-song-of-youths-karlheinz-stockhausen>>][Consulta: 14 de diciembre de 2016]

Karlheinz Stockhausen. *Klavierstück XI*, 1956.

MEDIENKUNSTNETZ. *Intonarumori*. <<http://www.medienkunstnetz.de/works/intonarumori/>> [Consulta: 01 de diciembre de 2016]

A. Anexos.

A.1 Glosario Unreal Engine.

1. *Sequencer*: Editor interno del motor de juego, especializado en la creación de cinemáticas mediante la modificación de propiedades de los elementos del entorno a lo largo de una serie de líneas de tiempo.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Sequencer/Overview/>>
2. *Blueprints*: Sistema de programación dirigido a la creación de procesos lógicos para la generación de comportamientos en elementos dentro del entorno, así como su relación con otros flujos lógicos en éste. Hace uso de una interfaz de “nodos”, unidades con programación interna combinables entre ellas.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Blueprints/>>
3. *Sound Cues*: Sistema de edición basado en nodos que permite modificar pistas de audio y la manera en la que se reproducen de manera localizada dentro del entorno.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/SoundCues/Editor/>>
4. *Landscape*: Terreno creado mediante la *Landscape Tool*, que permite generar entornos masivos y editar sus formas posteriormente como si se tratasen de esculturas, pintar diferentes zonas o capas con texturas y otras acciones.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Landscape/Creation> >
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Landscape/Editing/>>
5. *AtmosphericFog*: Sistema que ofrece una simulación de luz dispersa a través de una atmósfera planetaria en busca de un efecto realista.

[<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Actors/FogEffects/AtmosphericFog/>](https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Actors/FogEffects/AtmosphericFog/)

6. *(Sphere) Trigger*: Elemento cuya función es causar un evento cuando se interactúa con éste, generalmente por colisión, ya sea por el usuario u otros elementos del entorno. Puede tener distintas formas (en este caso es una esfera) y resultará invisible en el modo de juego.

[<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Actors/Triggers/>](https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Actors/Triggers/)

7. *SetMaterial*: Nodo que indica un cambio de material (*Material*) a ser llevado a cabo en un elemento determinado del entorno (*Target*), pudiendo depender de acciones previas del flujo lógico del *Blueprint*.

[<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Rendering/Material/SetMaterial/index.html>](https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Rendering/Material/SetMaterial/index.html)

8. *IsPlaying*: Nodo que comprueba si la secuencia indicada (*Target*), generalmente audio, está siendo reproducida en el momento. Como salida tiene una booleana que puede ser conectada a elementos condicionales como una *Branch*.

[<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Game/Cinematic/IsPlaying/index.html>](https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Game/Cinematic/IsPlaying/index.html)

9. *Branch*: Nodo que permite establecer condicionales a través de la introducción de una booleana (*Condition*) y dos salidas (*True* y *False*) que actuarán de una manera u otra respecto al flujo lógico según el valor de la condicional.

[<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Utilities/FlowControl/Branch/index.html>](https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Utilities/FlowControl/Branch/index.html)

10. *Simulate Physics*: Parámetro que indica que los elementos seleccionados deberán responder a las características del motor físico.

[<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Resources/ContentExamples/Physics/1_1/>](https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Resources/ContentExamples/Physics/1_1/)

11. *HUD*: Conjunto de elementos visuales e interactivos a nivel básico que le ofrecen al usuario información sobre el estado de su personaje y el entorno, generalmente implementados en la vista de primera persona.
<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Resources/ContentExamples/Blueprints_HUD/1_1/>
12. *InputAction*: Proceso simplificado para la vinculación de teclas, botones y otros tipos de *input* con determinadas acciones, pudiendo crear conjuntos de *inputs* que generarán la misma acción.
<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Gameplay/HowTo/SetUpInput/Blueprints/#creatingnewinputs_action/axismappings>
13. *FirstPersonCharacter*: Modelo básico que ofrece las mecánicas, acciones y controles esenciales de un personaje controlable con vista de primera persona. Todos sus elementos, desde el aspecto hasta la programación, son completamente modificables.
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Resources/Templates/FirstPerson>>
14. *CharacterMovement*: Una serie de parámetros referidos a las características del movimiento del personaje controlado por el usuario, desde los distintos tipos de velocidad y rotación a parámetros más específicos para cada acción, como la máxima altura de cada paso mientras se está andando.
<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Gameplay/HowTo/CharacterMovement/Blueprints/Setup_1/index.html>
15. *ParticleSystem*: Entorno de edición que permite crear sistemas de partículas y modificar sus características visuales y comportamientos a través de módulos y sub-módulos específicos para cada parámetro de cada elemento que

compone el sistema.

<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Rendering/ParticleSystems/UserGuide/>>

16. *CustomEvent*: Eventos creados por el usuario, con una salida para su ejecución en el flujo lógico.

<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Blueprints/UserGuide/Events/Custom/>>

17. *LineTraceForObjects*: Nodo que lleva a cabo un trazado de colisiones a lo largo de una determinada línea y trae de vuelta el primer impacto recibido. Se puede utilizar por ejemplo para atraer ciertos objetos y crear acciones de agarre.

<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/BlueprintAPI/Collision/LineTraceForObjects/index.html>>

18. *PhysicsBody*: Simplificación de formas 3D más complejas dentro del motor de juego para poder hacer uso de sus simulaciones físicas.

<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Physics/PhysicsBodies/>>

19. *(Looping) Wave Player*: El *Wave Player* es un nodo que contiene una fuente de sonido (*Sound Wave*) seleccionada de entre el contenido del proyecto. Si se selecciona la opción de *Looping*, el sonido se reproducirá en bucle, a falta de otras modificaciones en el flujo de la *Sound Cue*.

<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/SoundCues/NodeReference/index.html#waveplayernode>>

20. *(Allow) Spatialization*: Parámetro que indica que determinado elemento sonoro del entorno estará localizado en un punto concreto y sus características sonoras variarán según la posición del usuario al respecto de éste.

<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/DistanceModelAttenuation/index.html>

21. (*Override*) *Attenuation*: Parámetro que indica que se han de seguir sus valores determinados respecto a la *Attenuation*, la capacidad de un sonido determinado para reducir su volumen según la distancia con el usuario, con campos de influencia determinados visualmente en el modo de edición mediante un radio interno (*MinRadius*) donde el sonido suena al 100% y un radio externo (*MaxRadius*) donde comienza a reducirse hasta el 0%. Diferentes tipos de algoritmos pueden determinar la velocidad (*Distance Algorithm*) y forma (*Attenuation Shapes*) del proceso.

22. *OnComponentHit*: Nodo de evento que es llamado cuando un componente determinado (aquel cuyo *Blueprint* está siendo editado) recibe una colisión con un elemento sólido, llamando consecuentemente al siguiente nodo del flujo lógico, que será generalmente una acción determinada.

<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/API/Runtime/Engine/Components/UPrimitiveComponent/OnComponentHit/index.html>

23. *Random (Sound Cues)*: Dentro de las *Sound Cues*, *Random* es un nodo empleado para activar fuentes de sonido (*Sound Wave*) de manera aleatoria dentro de un conjunto de éstas. Se pueden modificar sus valores para darle por ejemplo más “peso” a unas fuentes u otras (de manera que sonarán con más frecuencia).

<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/SoundCues/NodeReference/index.html#randomnode>

24. *Delay (Sound Cues)*: Nodo que inserta un retraso determinado en la reproducción de la fuente de audio. La cantidad de tiempo

será un valor aleatorio entre los valores de *Delay Min* y *Delay Max*.

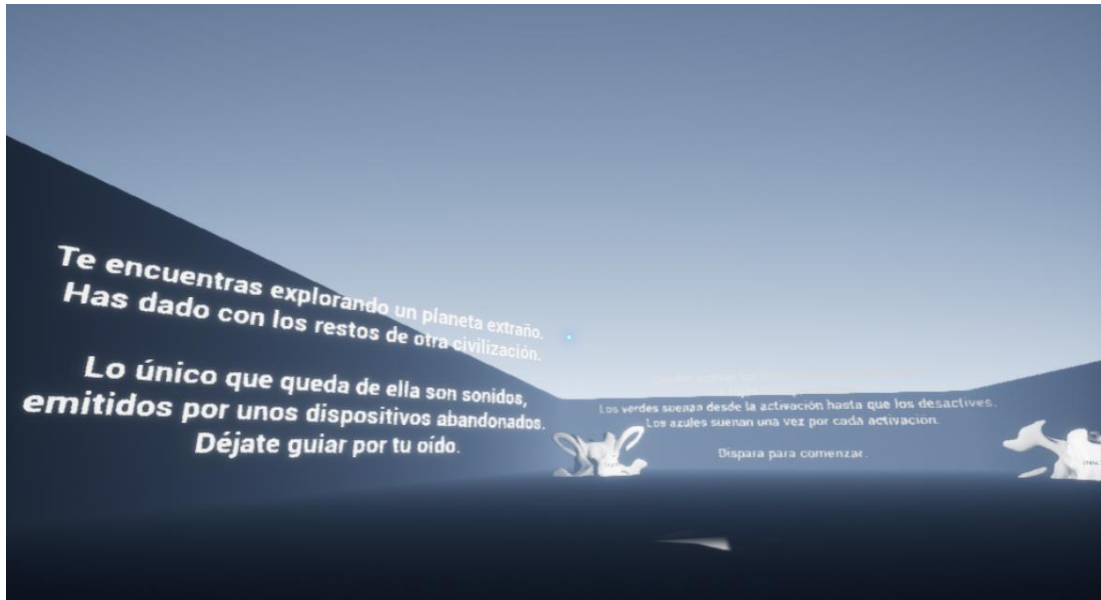
<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/SoundCues/NodeReference/index.html#delaynode>>

25. *Modulator (Sound Cues)*: Nodo que se utiliza para añadir valores aleatorios de volumen y modulación del tono, con valores máximos y mínimos para determinar el rango de aleatoriedad en cada parámetro.

<<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Audio/SoundCues/NodeReference/index.html#modulatornode>>

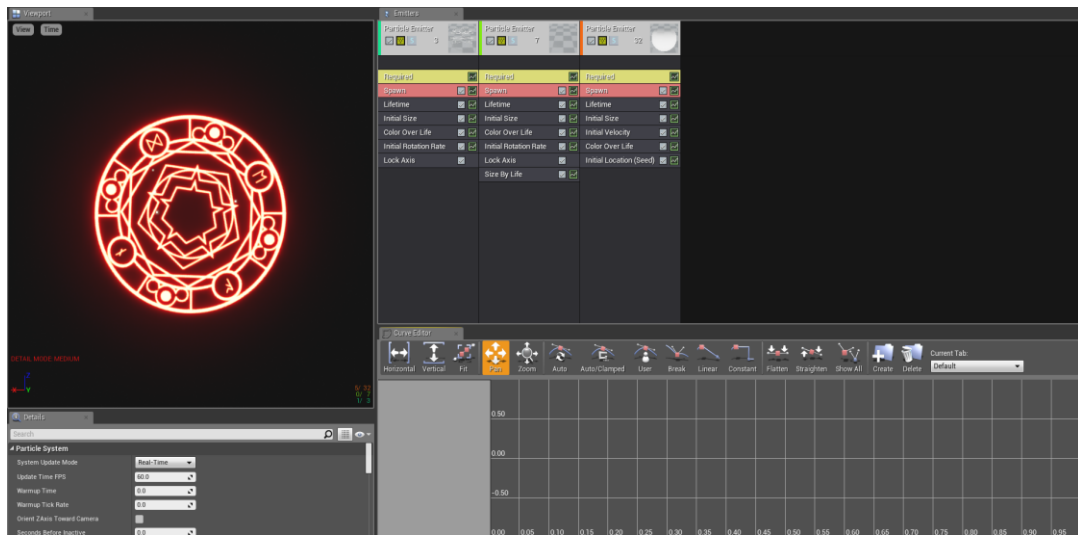
A.2 Programación adicional en Unreal Engine.

1. Captura de pantalla del entorno con texto introductorio.



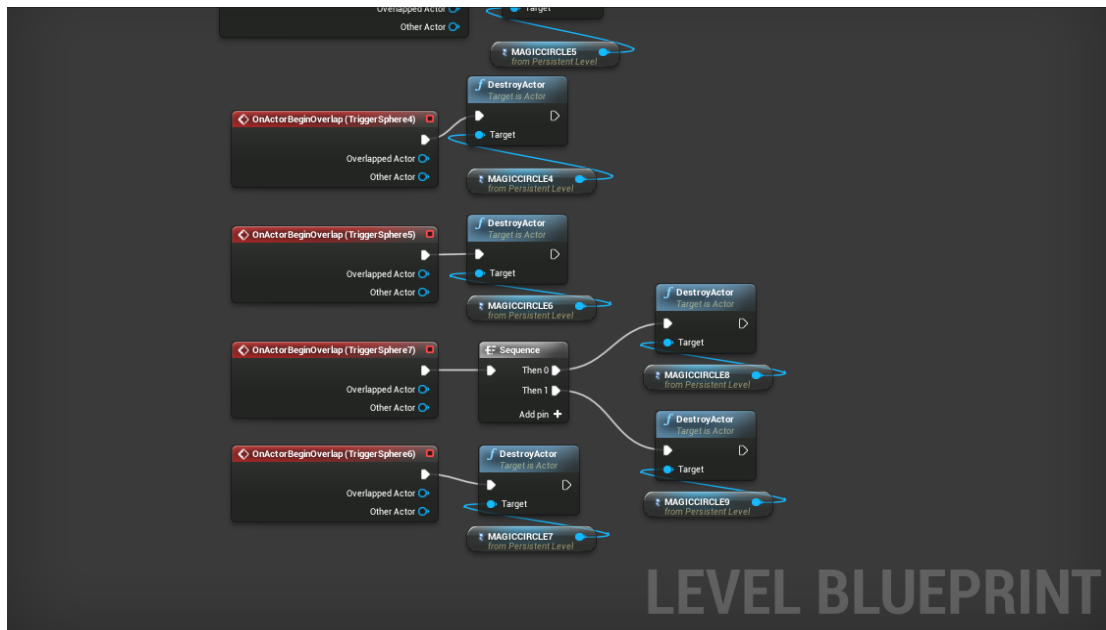
2. Captura de runa y Particle System.



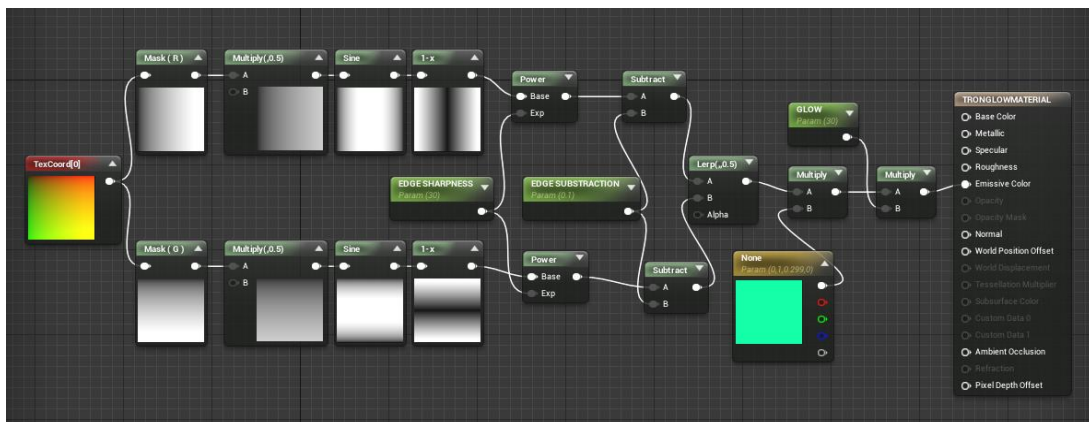


3. Captura y programación de un *Sphere Trigger* y la runa que le corresponde.

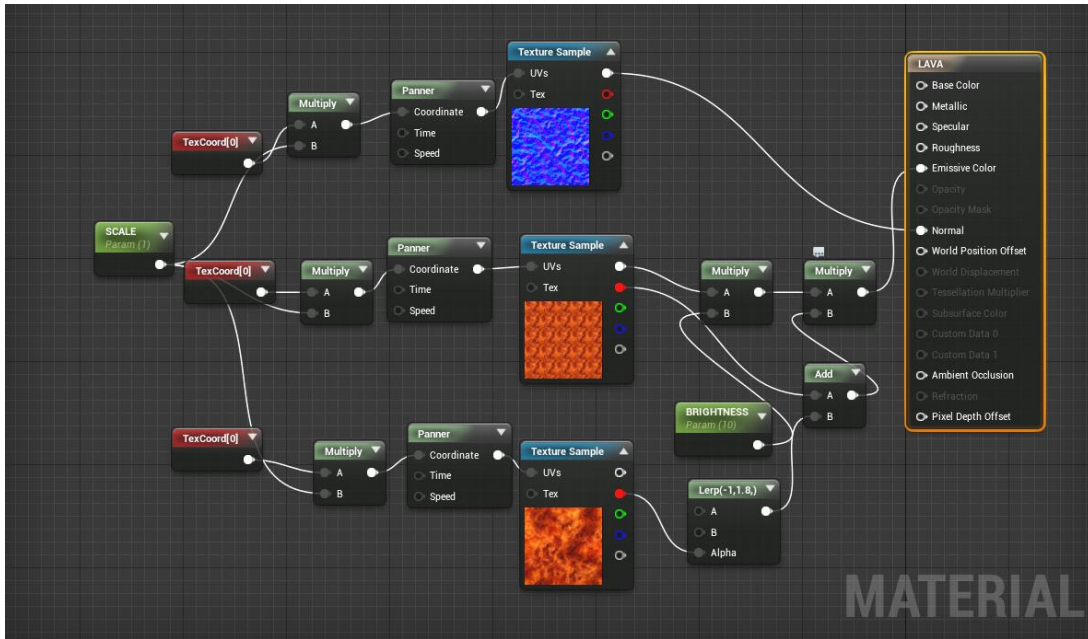




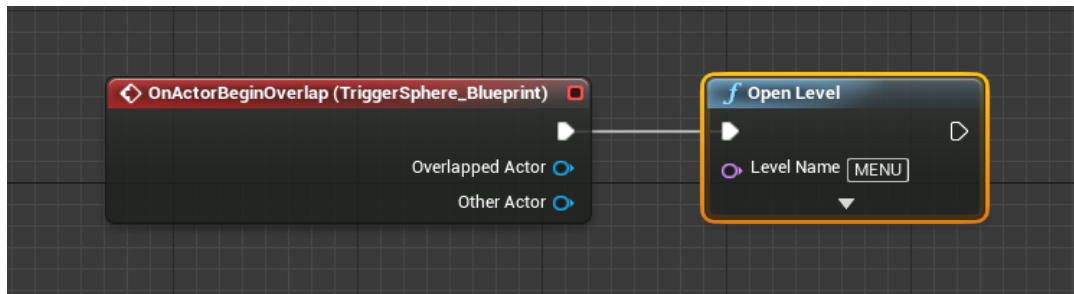
4. Blueprint del material de neón.



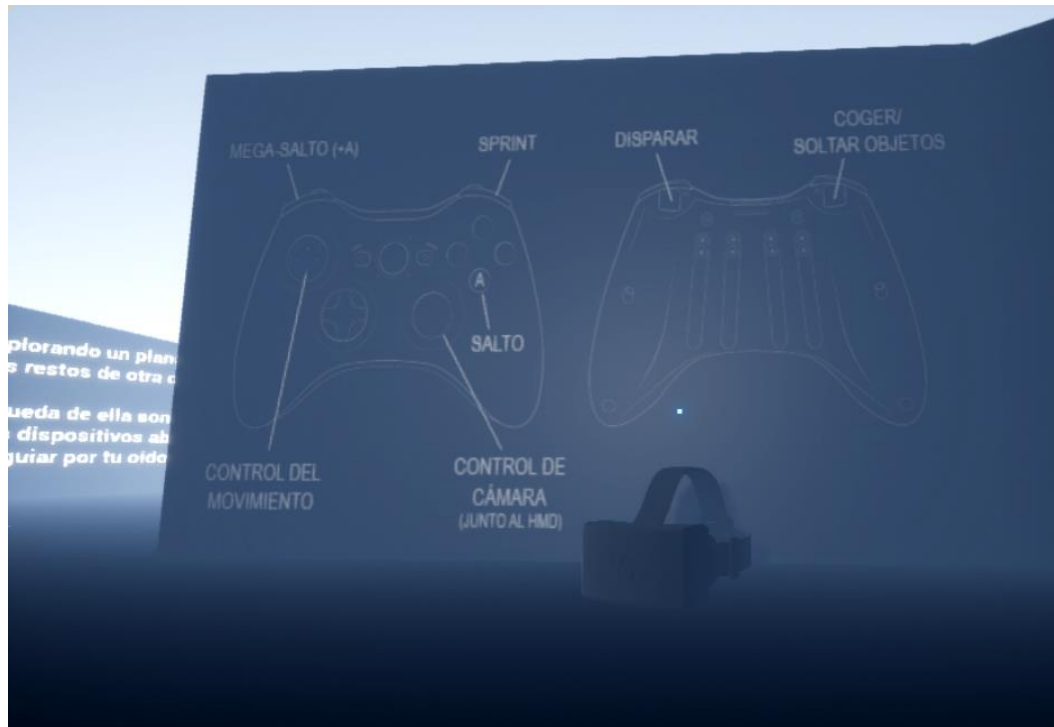
5. Blueprint del material de lava.



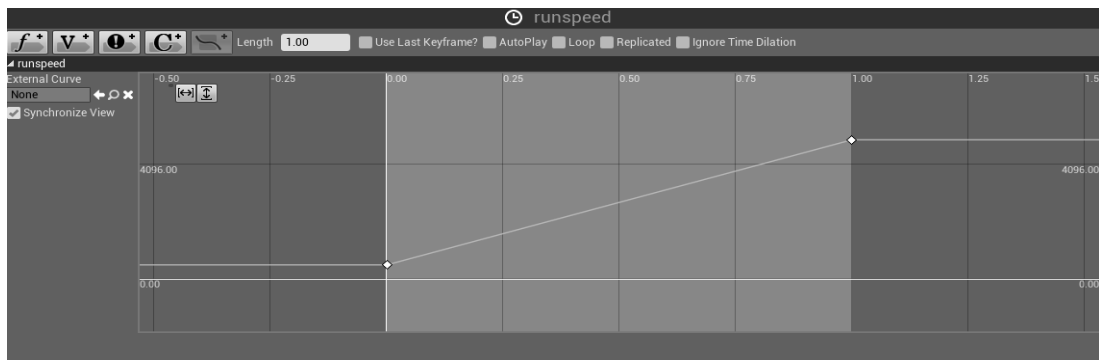
6. Blueprint del Sphere Trigger con cambio de nivel.



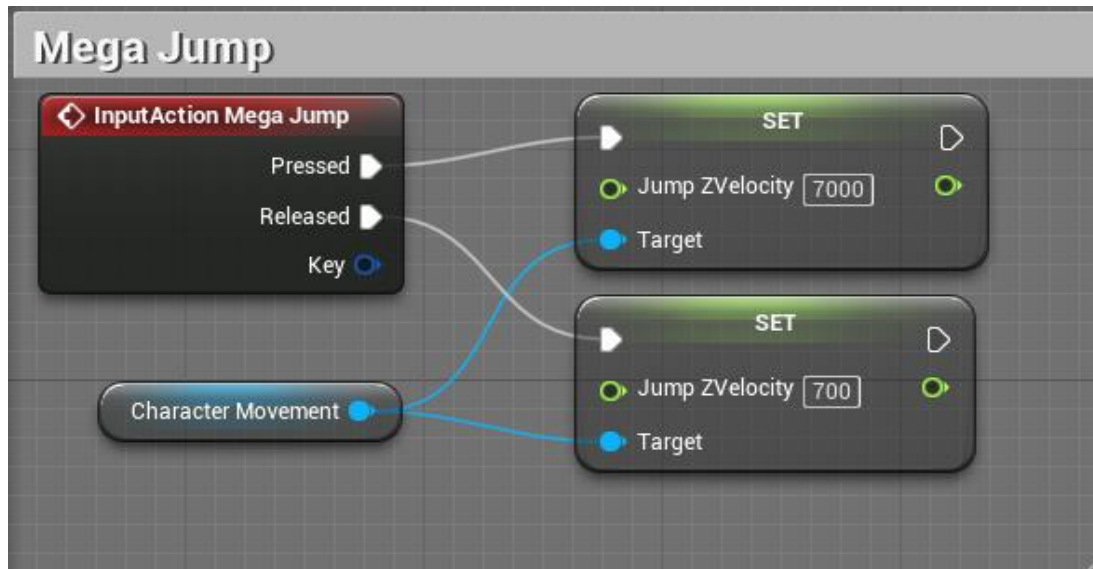
7. Captura de pantalla del esquema de control presentado al usuario.



8. Runspeed.



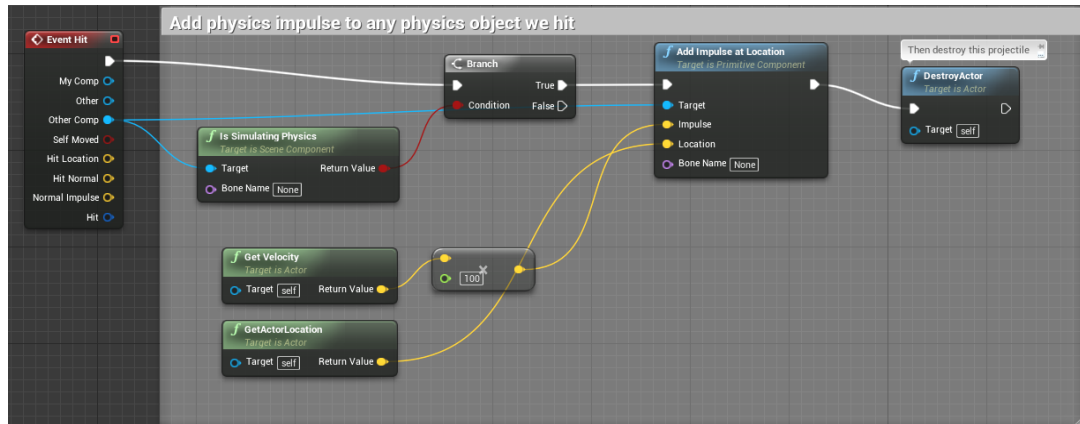
9. *Blueprint* del Mega salto.



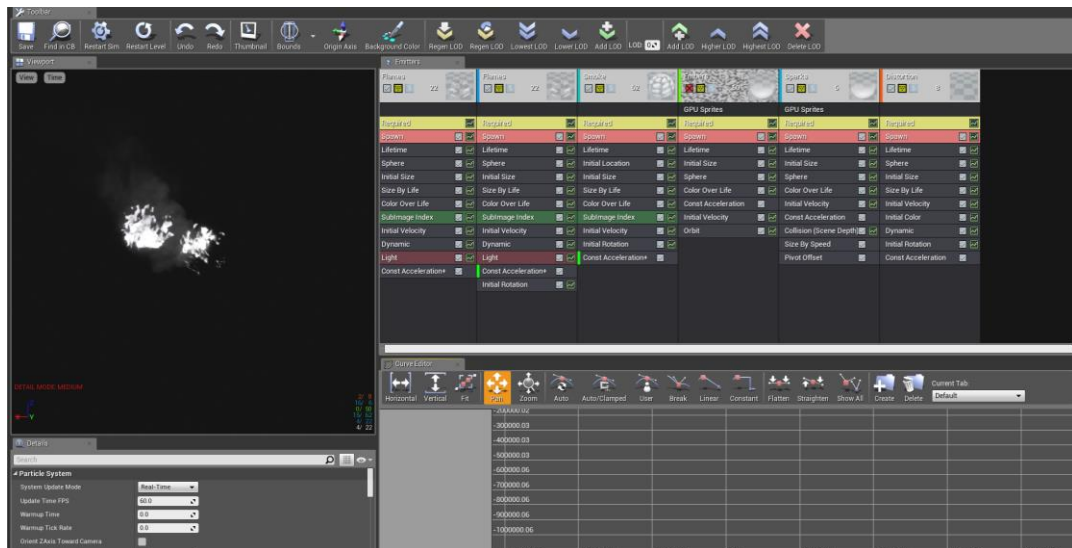
10. Captura de pantalla del proyectil.



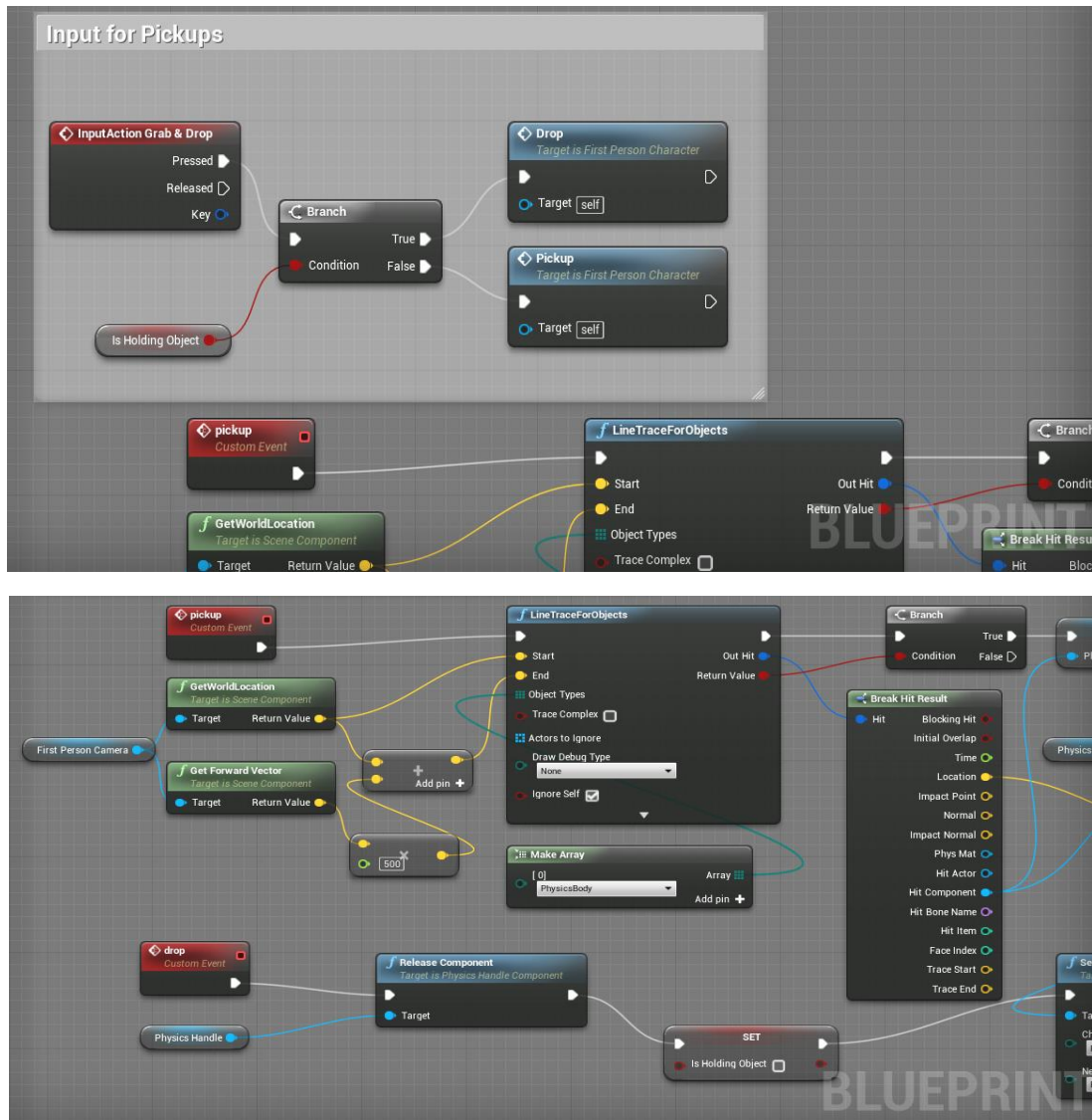
11. Blueprint del First Person Projectile.

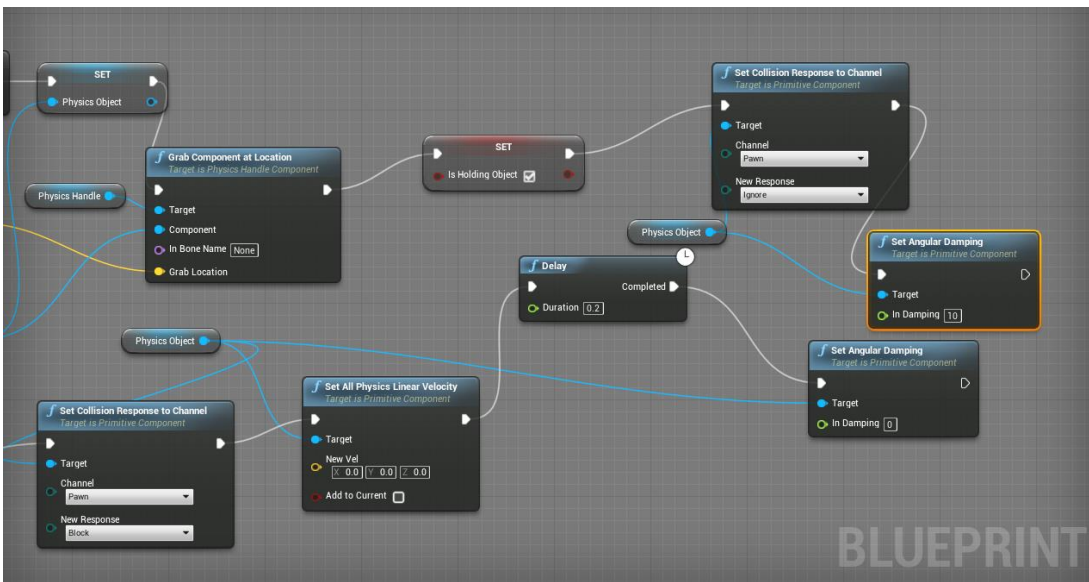
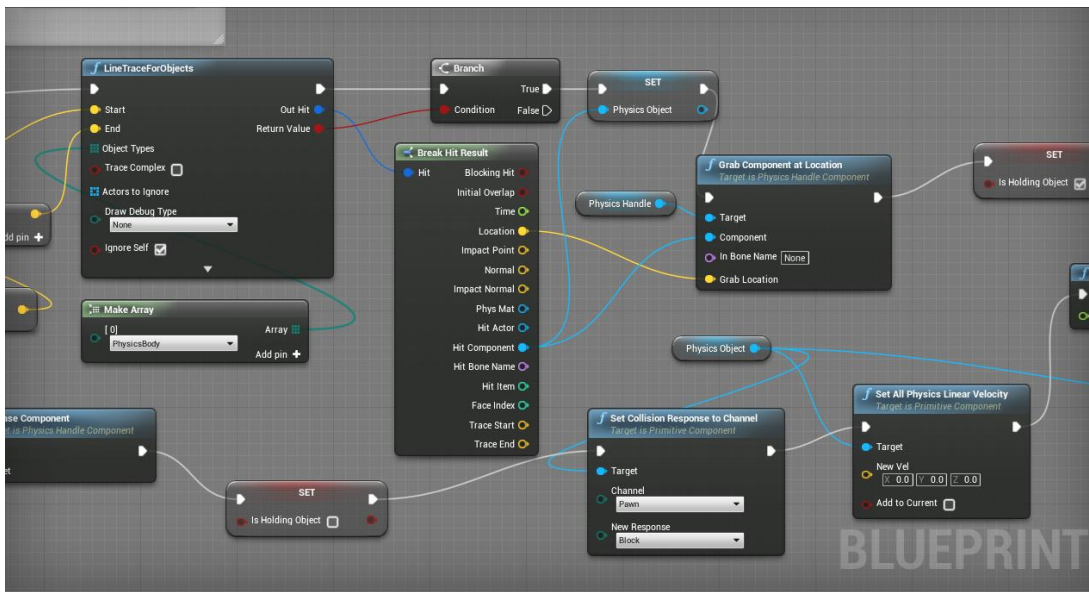


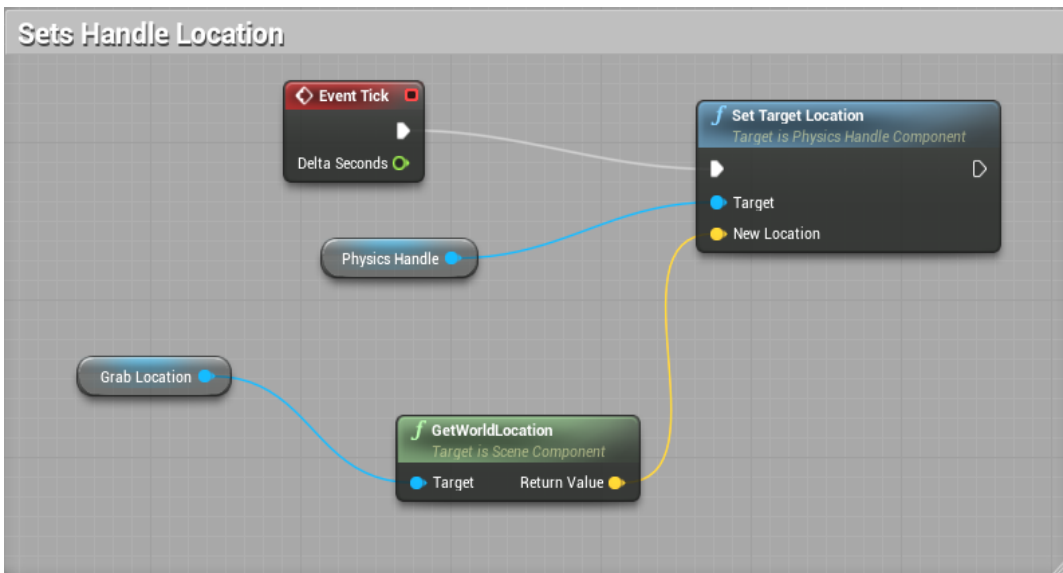
12. Particle System del proyectil.



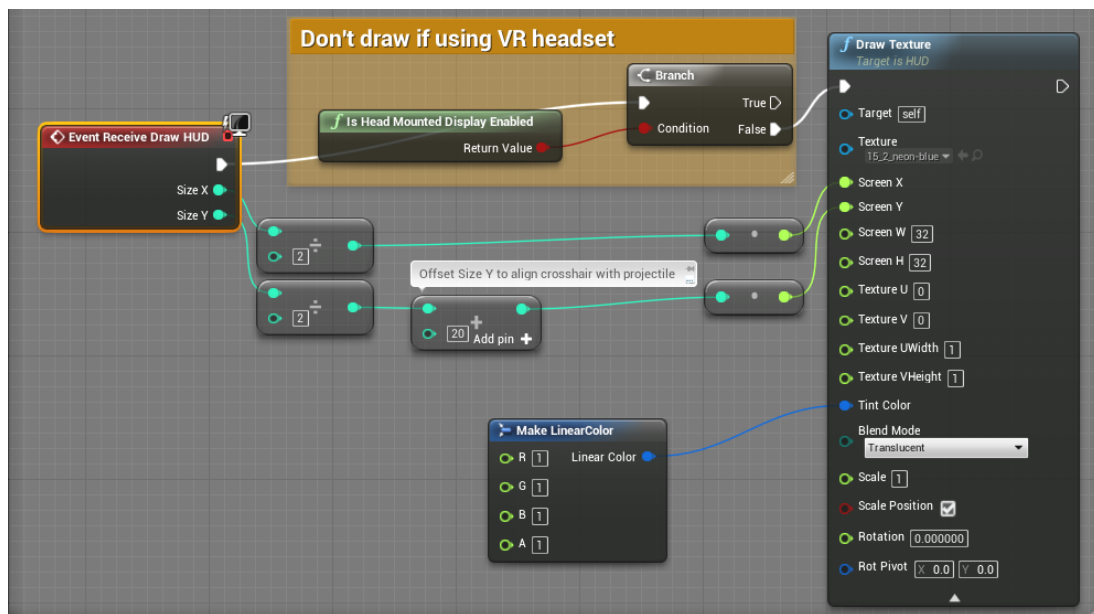
13. Detalles del Blueprint de coger y dejar objetos (Pick & Drop).

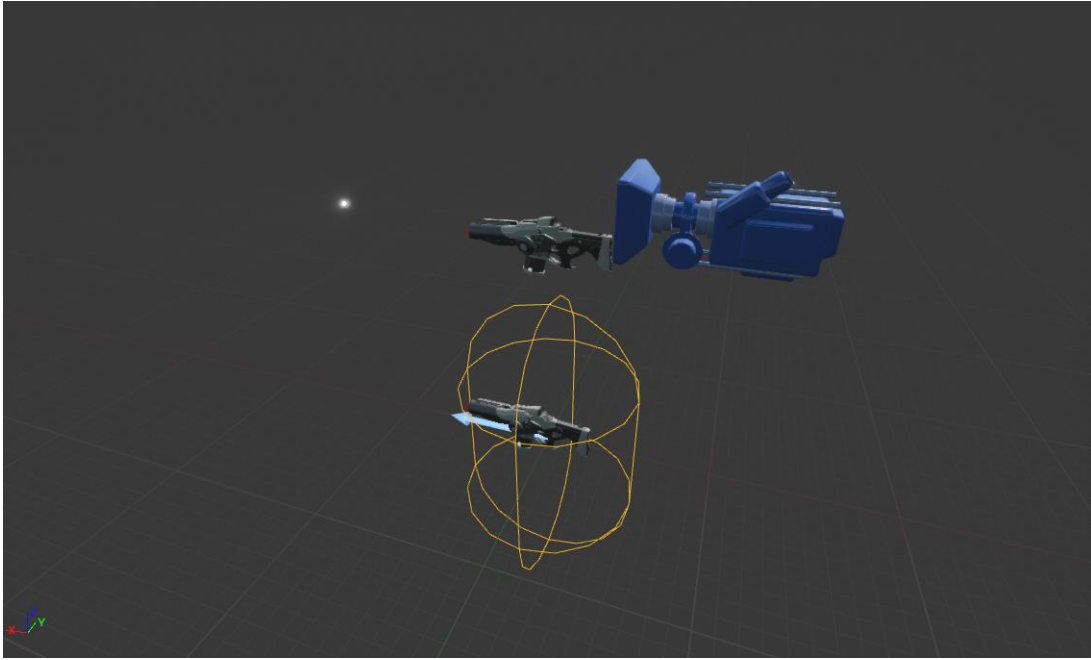






14. Crosshair VR.





A.3 Videos documentación del proceso.

Se vinculan a continuación una serie de enlaces a documentación en vídeo de diferentes partes del proceso de creación del entorno, con el objetivo de ilustrar sus cambios a lo largo del tiempo y dejando claro que aún no se ha creado un vídeo definitivo.

Lista de Reproducción:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLI5hd85jufk35bS5CV53o6catxA5jprk9>

Referencia 1:

INSIDE PROTOTIPO 1 (UNITY) (25/02)

<https://www.youtube.com/watch?v=z26nMGOJGPY>

Referencia 2:

INSIDE PROTOTIPO 2 (UNREAL) (24/03)

<https://www.youtube.com/watch?v=vf50JDSs8XU>

Referencia 3:

INSIDE PROTOTIPO 3 (UNREAL) (12/04)

<https://www.youtube.com/watch?v=DRkLOBxtDso>

Referencia 4:

INSIDE PROTOTIPO 3 (UNREAL+DK2) (12/04)

<https://www.youtube.com/watch?v=AbwkYmBjr-o>

Referencia 5:

INSIDE PROTOTIPO 4 (UNREAL) (SOLO VISUAL) (18/04)

<https://www.youtube.com/watch?v=tqStifQrljE>

Referencia 6:

INSIDE PROTOTIPO 4 B (UNREAL) (09/05)

<https://www.youtube.com/watch?v=0fqiasA8XXA>

Referencia 7:

INSIDE 0.9 (UNREAL+DK2) (23/06)

<https://www.youtube.com/watch?v=XFVV1D7Q-NQ>

Referencia 8:

INSIDE 1.0 (UNREAL+DK2) (VERSIÓN PREVIA VÍDEO FINAL) (05/07)

<https://www.youtube.com/watch?v=c2Zhn6gDea0>

A.4 Archivos del proyecto

A continuación, se vinculan dos enlaces a servicios de almacenamiento en la nube con una carpeta .zip en la que se encuentran todos los archivos utilizados en el proyecto tal y como están en la versión actual. Se ha elegido este formato de distribución debido tanto al peso de los archivos (en total casi 8 GB, comprimidos a 6 GB) como a la posibilidad de realizar modificaciones posteriores, algo imposible con un formato físico.

Para poder abrirlo, sólo es necesario descargarse Unreal Engine y, tras ubicar la carpeta 'INSIDE' en la ubicación asignada para los proyectos (en Windows por defecto es *C:/Documentos/Unreal Projects*), abrir el archivo *.uproject llamado 'INSIDE'.

El trabajo se ha desarrollado con la versión 4.15 del software y se aconseja abrirlo con ésta misma, ya que la utilización de otras versiones podría dar lugar a incompatibilidades. Para optimizar el rendimiento del entorno es posible hacer cambios en los parámetros gráficos, entrando en el menú 'Settings' y 'Engine Scalability'. Si se desea ver a través de un HMD sin exportar el entorno, se recomienda la opción 'VR Preview'.

Señalar por último que no se adjunta un 'build' *standalone* (en archivo *.exe) del proyecto ya que hasta el momento se considera un trabajo aún en proceso. Pese a ello, el entorno es completamente funcional si se abre desde Unreal Engine.

Enlace MEGA:

<https://mega.nz#!RPJCHDpZ!xfcnJVrm4FcaTYAu_Xq-XlrBO614a4aZwxalF07duwE>

Enlace Google Drive:

<<https://drive.google.com/file/d/0BzjMCaOPhfDIOVZhaktTTUQ5Q2c/view?usp=sharing>>

A.5 Test de usuario.

Para poder comprobar la efectividad del entorno respecto a los objetivos establecidos se ha llevado a cabo un test de usuario, limitado por tiempo y recursos a 15 sujetos de distintas edades y características.

MODELO DE TEST DE USUARIO

Se pide a cada sujeto puntuar de 1 a 5 (1: Muy en desacuerdo, 5: Muy de acuerdo) respecto a cada una de las siguientes afirmaciones:

	1	2	3	4	5
<i>Conocimientos Previos</i>					
Escucho habitualmente electrónica contemporánea.					
Hago uso habitual de los videojuegos.					
Conozco redes de distribución musical online.					
He asistido a exposiciones con piezas sonoras.					
He tenido experiencia previa con realidad virtual.					
<i>El entorno</i>					
La forma de navegación me ha resultado natural.					
La utilización del entorno y el HMD ha sido cómoda.					
El esquema de control ha sido fácil de comprender.					
Las mecánicas de interacción han resultado fluidas.					
El entorno resulta estimulante a nivel visual.					
El apartado sonoro ha resultado estimulante.					
La espacialización de los sonidos ha sido efectiva.					
He percibido la imagen y el sonido como una unidad.					
El entorno visual añade valor a la música.					
Los procesos de interacción añaden valor a la música.					
Considero haber influido en el resultado musical.					
Me he sentido inmerso en la experiencia.					

INFORME

Para el test de usuario se ha contado con 15 sujetos de distintas edades, formación y hábitos. Se reparten de la siguiente manera:

- 15-20 años: 2 sujetos, ambos con conocimientos de entornos virtuales, pero ninguno de electrónica alternativa.
- 20-25 años: 5 sujetos, 3 de los cuales tienen extensos conocimientos previos de entornos virtuales y música electrónica alternativa y 2 que no.
- 25-30 años: 3 sujetos, todos con conocimientos previos de entornos virtuales, pero solo uno de música electrónica alternativa.
- 30-40 años: 2 sujetos, con escaso conocimiento previo de entornos virtuales y electrónica alternativa.
- 40-60 años: 3 sujetos, sin conocimientos previos ni de entornos virtuales ni electrónica alternativa.

Es necesario indicar que este test resulta muy limitado (tanto por tiempo y proceso, ya que era necesaria la presencia física del sujeto, como en la formulación de sus cuestiones) y, por tanto, sus resultados van poco más allá de lo anecdótico. Pese a ello, destacan especialmente un par de estadísticas que, pese a no ser concluyentes, se señalan a continuación.

Como se puede comprobar, cuanto más baja la media de edad mayor es la experiencia con entornos virtuales (sobre todo a través de los videojuegos), mientras que los conocimientos de electrónica alternativa son mayores alrededor de los 20-25 años. Esto parece estar directamente relacionado con las respuestas positivas tanto a las mecánicas como a la comodidad percibida en la experiencia. Los niveles de inmersión y de percepción de la influencia de las acciones propias han resultado, por tanto, mayores entre los 15 y 30 años, mientras que entre los 30 y 60 3 de los

sujetos han experimentado dificultad para el control y el uso de las mecánicas del entorno, lo que ha reducido sus niveles de inmersión notablemente.

Pese a ello, la percepción del entorno es generalmente positiva, con solo 2 usuarios señalando que éste no aporta un valor destacable a la música. La percepción de la espacialización ha sido también positiva, con solo 1 usuario no señalándola como efectiva. Pese a que la percepción de la influencia a través de las acciones y navegación ha sido menor entre los 30 y 60 años, la percepción de imagen y sonido como una unidad y el nivel de estimulación en ambos apartados no ha sido muy afectado por esto, con sólo 1 usuario dentro de este rango de edad no señalándolo de manera positiva.

Por tanto, como se ha señalado al inicio, queda claro que no se pueden sacar conclusiones exactas, pero la media de los resultados obtenidos parece, por un lado, confirmar los objetivos del entorno como una forma de elevación de la experiencia sonora a través de un espacio virtual interactivo, favorecida en relación a la facilidad de control y el nivel de comodidad percibido, que van en relación directa con el nivel de experiencia previa con entornos virtuales. Así, se indica, por otro lado, algo que ya se señalaba en las conclusiones del trabajo, la necesidad de explorar formas de inmersión en las que las mecánicas sean menos intrusivas, permitiendo acceder a los usuarios a una experiencia inmersiva de manera más democrática, algo que, por los resultados generalmente positivos indicados respecto a la experiencia sensorial en el entorno, parece resultar atractivo independientemente del rango de edad y los conocimientos previos.

Para concluir, es necesario señalar que en un futuro próximo se pretende llevar a cabo un test de usuario más extensivo y con un mejor formato de cuestionario, con el objetivo de obtener conclusiones más sólidas que ayuden a la evolución del proyecto.