



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES  
ARTS DE SANT CARLES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Bellas Artes

Biomímesis: Diseño, desarrollo y producción de un  
videoclip musical basado en gráficos tridimensionales por  
ordenador.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Bellas Artes

AUTOR/A: Molina Bermúdez, Keila

Tutor/a: Martí Ferrer, Francisco

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

## RESUMEN

En esta memoria se presenta el trabajo de tipología práctica que aborda el diseño y creación de un videoclip con el tema “*Tormenta*” del álbum *Biomímesis*, a partir de la técnica de la fotogrametría y gráficos generados por ordenador.

En el desarrollo del trabajo se describen los procesos realizados en tres fases diferenciadas en preproducción, producción y postproducción. Éstas han consistido en el análisis de los referentes y las técnicas utilizadas, el registro fotogramétrico de los elementos, el desarrollo y ensayo de un flujo de trabajo para la producción, la elaboración del discurso visual, la realización de un storyboard, la implementación de las nubes de puntos en el motor de videojuegos, la creación de efectos especiales en 3D y la realización de la iluminación y el postprocesado. Finalmente, se han exportado las secuencias resultantes a una aplicación de edición y efectos visuales digitales para realizar el montaje, retoque de color y los créditos.

## PALABRAS CLAVE

Videoclip, *VFX*, Fotogrametría, *Unity*, Nubes de puntos.

## ABSTRACT

This report presents the practical typology work that deals with the design and creation of a video clip with the song "Tormenta" from the album *Biomímesis*, using the technique of photogrammetry and computer-generated graphics.

In the development of the work, the processes carried out in three different phases of pre-production, production and post-production are described. These consisted of the analysis of the references and techniques used, the photogrammetric registration of the elements, the development and testing of a workflow for production, the elaboration of the visual discourse, the creation of a storyboard, the implementation of point clouds in the videogame engine, the creation of 3D special effects and the realization of lighting and post-processing. Finally, the resulting sequences were exported to an editing and digital visual effects application for editing, color retouching and credits.

## KEYWORDS

Videoclip, *VFX*, Photogrammetry, *Unity*, Point Clouds.

## AGRADECIMIENTOS

A mis compañeras de carrera, que han creído en mí desde siempre y siempre son capaces de sacarme una sonrisa, en especial a Lucía que además de ser una amiga de valor incalculable, ha inspirado este trabajo. A mi madre por el apoyo y cariño infinito. A Arjun, que ha compartido mis risas y lágrimas desde principio a fin de este proyecto y me ha ayudado a seguir adelante. Y, por último, a mi tutor Francisco Martí Ferrer por su gran implicación con este trabajo.

Gracias

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Objetivos.....	5
2.2. Metodología.....	6
<b>3. CONTEXTO Y REFERENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. El videoclip.....</b>	<b>10</b>
3.1.1. Historia.....	10
3.1.2. Videoarte y videoclip.....	11
<b>3.2. La computación gráfica en el videoclip.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3. La fotogrametría digital como sistema de digitalización de Espacios y objetos .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4. Referentes visuales.....</b>	<b>13</b>
<b>4. DESARROLLO Y RESULTADOS DEL TRABAJO.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Preproducción.....</b>	<b>17</b>
4.1.1. Plan de diseño de producción.....	17
4.1.2. Digitalización de objetos con fotogrametría.....	18
4.1.2.2. Procesamiento de datos de imagen a nube de puntos..	19
4.1.3. Determinación de la aplicación de software técnico a utilizar.....	20
4.1.3.1. Comparación de Herramientas de software.....	20
4.1.4. Pruebas con la herramienta de VFX Graph.....	21
4.1.5. Pruebas de iluminación.....	22
4.1.2. Discurso visual del videoclip.....	23
4.1.6. Storyboard.....	24
<b>4.2. Producción.....</b>	<b>25</b>
4.2.1. Implementación de las nubes de puntos en el motor de juegos..	25
4.2.2. Escenas.....	25
4.2.2.1. Montaje de la escenografía.....	25
4.2.2.2. Creación de efectos especiales en 3D.....	26
4.2.2.3. Postprocesado .....	27
4.2.3. Secuencias.....	27
<b>4.3. Postproducción.....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>6. REFERENCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>7. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>35</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>37</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de tipología práctica surge del interés en el campo del arte digital y los efectos especiales gracias al aprendizaje y trabajos realizados para tres asignaturas (Modelado digital 3D para Videojuegos, Postproducción digital y VFX y Taller de interacción y videojuegos) cursadas durante el grado. Con la finalidad de combinar mis intereses e inquietudes artísticas, en este trabajo se aborda la creación de un videoclip que combina la técnica de la fotogrametría con técnicas de VFX con la intención transmitir un discurso visual, enfocado en la relación del ser humano con la tecnología y la naturaleza, utilizando como punto de partida el tema musical “Tormenta” del álbum *Biomímesis*.

El desarrollo del proyecto comenzó por esbozar un plan de producción e investigar referentes, técnicas y herramientas. A continuación se determinaron el método de registro fotogramétrico y el flujo de trabajo para la producción, se planteó un discurso visual y se diseñó un storyboard. Posteriormente, se implementaron los registros fotogramétricos en tres escenas dentro del motor gráfico Unity, donde se crearon los VFX mediante programación por nodos y se realizó el postprocesado, preparando las escenas para exportar las secuencias de imágenes. Por último, en la fase de postproducción se realizaron el montaje, los ajustes de color y sonido. Parte del trabajo se lleva a cabo en Eslovaquia, durante un intercambio académico.

En lo que respecta a esta memoria, tras esta introducción y el capítulo dedicado a objetivos y metodología, en el capítulo 3, *Contexto y referentes* se desarrolla el marco contextual y la investigación de referentes, abordando el género del video musical, la relación entre este y el videoarte, así como la computación gráfica en el video musical y la fotogrametría como sistema de toma de datos. Finalmente, se lleva a cabo un comentario de los artistas y obras que han servido de referente visual en la realización este trabajo.

En el capítulo 4, *Desarrollo y resultados del trabajo* se detallan en sus apartados correspondientes las herramientas, técnicas y procesos seguidos durante las fases de preproducción, producción y postproducción del videoclip. Tras el capítulo 5, *Conclusiones*, las referencias y el índice de imágenes, en el capítulo 8 *Anexos* se proporciona la localización del videoclip, de una selección de sus fotogramas y las pruebas de iluminación y VFX.

## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

En este capítulo se exponen el objetivo principal de este trabajo y sus objetivos secundarios, así como la metodología seguida durante el proceso de realización del proyecto.

### 2.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo consiste en diseñar y producir un videoclip a partir de un entorno digital 3D utilizando nubes de puntos densas registradas personalmente y combinadas con técnicas de VFX, para la elaboración y comunicación de un discurso visual que aborde simultáneamente la relación humana con la naturaleza y la tecnología, propiciando en el espectador sensaciones y reflexiones de carácter ecológico en tanto organismo y conciencia que se relaciona con el entorno.

Este objetivo principal se desglosa en una serie de objetivos específicos:

- Seleccionar, recopilar y estudiar referentes conceptuales, audiovisuales y técnicos.
- Ensayar y determinar un método adecuado para la digitalización de objetos físicos.
- Determinar, a partir de la prueba de diversas herramientas de software, la adecuada para implementar nubes de puntos en un entorno 3D navegable y registrar secuencias cinemáticas.
- Establecer con todos los elementos anteriores un flujo de trabajo adecuado al propósito de este proyecto.
- Incorporar al desarrollo del trabajo conocimientos sobre técnicas de iluminación y postproceso en entornos 3D y de postproducción digital y VFX adquiridos en el grado, tanto en las asignaturas cursadas como durante el desarrollo de este trabajo.

## 2.2. METODOLOGÍA

La idea de elaborar un video musical creado a partir de gráficos generados por ordenador parte de la escucha del álbum musical *Biomimesis*, de Litchs<sup>1</sup>, y de la influencia del artista digital RubenFro (Ruben Frosali).

Debido a la naturaleza del trabajo, se ha adoptado una metodología en base a tres fases principales, comunes tanto en la realización audiovisual como en la de videojuegos y otros formatos interactivos: preproducción, producción y postproducción (Bethke, E. ,2003).

En lo que respecta a la preproducción, se pidió permiso a la autora del álbum, Lucía Matallana Ventura, que dio el visto bueno para usar sus pistas en el proyecto. A continuación, se esbozó un plan de diseño de producción, teniendo en cuenta intención, audiencia, estilo y género y sinopsis. Tras ello, se hizo una investigación acerca de los aspectos técnicos del referente principal *Ruben Fro*, con objeto de determinar tanto los procedimientos fotogramétricos como de de tratamiento de las nubes de puntos como partículas. En cuanto a la fotogrametría, se decidió utilizar la aplicación *Agisoft Metashape* para este cometido, debido a su calidad, su amplio uso profesional y la disponibilidad de licencia académica. En lo que respecta al tratamiento de las nubes de puntos, la elección fue Unity, tanto por sus prestaciones y versatilidad, su implantación en proyectos experimentales académicos y su amplia comunidad.

Una vez asentado el planteamiento del proyecto se establece un calendario provisional (fig.1) de las tareas previstas distribuidas por meses. Cabe destacar que desde el mes de septiembre al mes de enero se realizó el proyecto durante el intercambio académico realizado en Eslovaquia.

Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Cerrar flujo de trabajo y software y registro (pruebas)	Cerrar flujo de trabajo y software, storyboard y registro	Cerrar storyboard, producción y registro	Producción	Producción	Producción

Figura 1 Calendario provisional del proyecto

<sup>1</sup> La autora del álbum, Lucía Matallana Ventura, con el nombre artístico *Lichts* es una joven artista emergente de origen canario que actualmente es alumna del grado de Bellas artes en la Universidad Politécnica de Valencia. Su perfil en la plataforma Spotify: <https://open.spotify.com/artist/6YPWndAgUtZKKU4AtQSSgs>

Durante los meses de octubre y noviembre, se simultaneó el registro fotográfico con el aprendizaje de digitalización mediante el software de fotogrametría elegido. Simultáneamente a la obtención las nubes de puntos de los objetos digitalizados en 3D, se determinó el flujo de trabajo adecuado para el proyecto (fig.2) a partir de documentación especializada en el tratamiento de nubes de puntos y pruebas con diferentes herramientas de *software*. Las aplicaciones de software que se ensayaron fueron: *Blender*, *Houdini*, *Unreal* y *Unity*. Se determinó *Unity* como la herramienta de producción por la facilidad de importar y exportar el material deseado, su flexibilidad y la cantidad de documentación encontrada sobre el software.

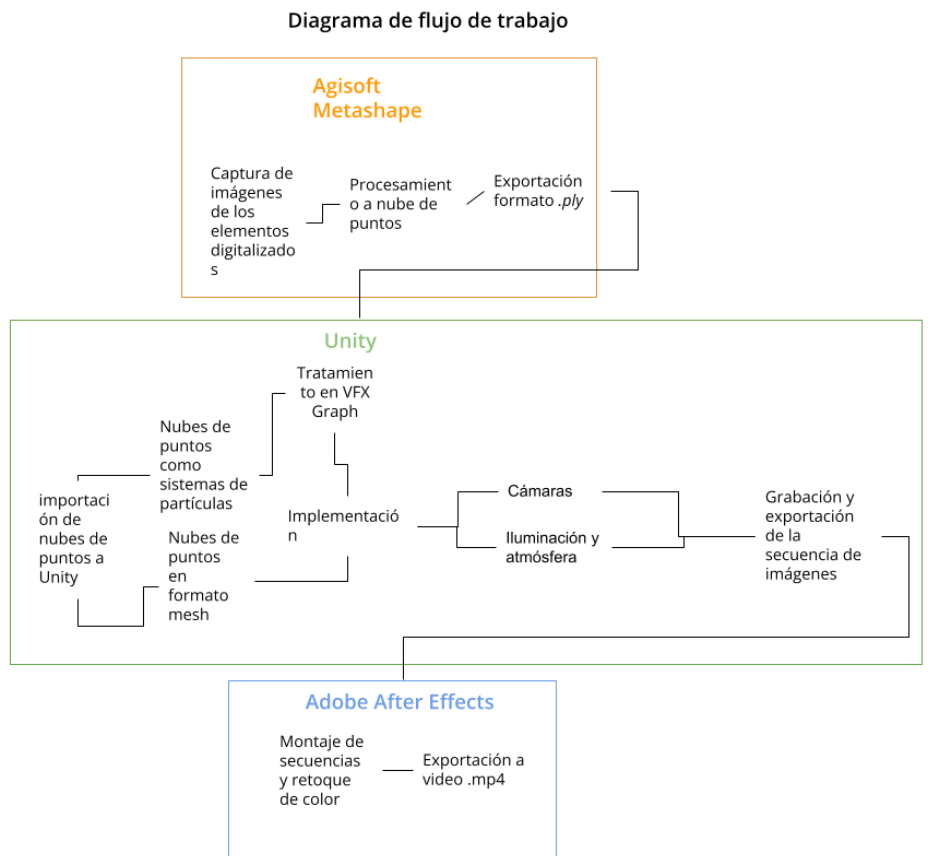


Figura 2 Diagrama de flujo de trabajo

Después de establecer el flujo de trabajo definitivo, se dedicó el mes de diciembre y parte del mes de enero para experimentar gráficamente con la herramienta *Visual Effects Graph(VFX Graph)* que contiene el motor de videojuegos *Unity3D* y para realizar pruebas de iluminación dentro del entorno 3D. A finales de enero, se determina el discurso del videoclip y se realiza el storyboard con los planos principales.



En cuanto a la producción, esta se desarrolló a partir de mediados de febrero hasta la primera mitad de abril. En febrero también se retoma el registro fotogramétrico debido a que en los meses de diciembre y enero las condiciones meteorológicas en Eslovaquia no lo permitieron. Primero, se creó y se configuró el proyecto en Unity para después implementar las nubes de puntos de los registros fotogramétricos realizados paralelamente a la determinación del flujo de trabajo, como se indica en la preproducción.

Después se compusieron las escenas con las nubes de puntos utilizando como referencia los bocetos realizados. En ciertos casos se triangularon las nubes de puntos para construir mallas y en otros se procesaron directamente las nubes de puntos en el entorno *VFX Graph*, lo que supuso una fase de aprendizaje experimentación para tratar las nubes de puntos como partículas. A continuación, se ajustaron la iluminación y el postproceso, tras lo cual se animaron algunos objetos y las cámaras. Finalmente se exportaron varias secuencias en cada escena en formato de imágenes estáticas sucesivas.

En la fase de posproducción, se realizaron el montaje y las correcciones de color definitivas con After Effects. Siendo el montaje un aspecto fundamental en la elaboración del discurso visual, se determinó tras diversos ensayos qué tomas de cámara deberían modificarse en lo que respecta a ritmo, posicionamiento y movimientos de cámara. Tras el montaje definitivo, se realizaron los ajustes de color y de sonido y se elaboran los créditos del videoclip. Desde el proyecto de After Effects se exportó un *master* en formato .avi sin compresión, que posteriormente se comprimió automáticamente al subirlo a Youtube.

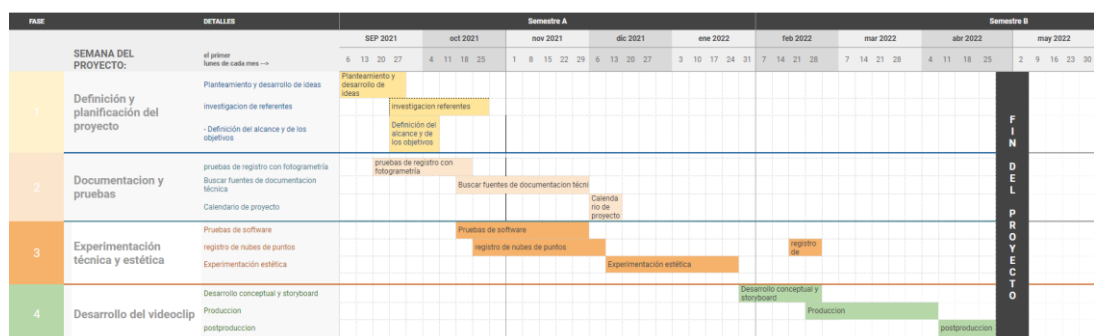


Figura 3 Cronograma del proyecto

A continuación, hago referencia a las fuentes documentales que me han ayudado a dilucidar aspectos conceptuales y construir la metodología y el flujo de trabajo adecuado para este proyecto.

- ACM Digital Library

La *Association for Computing Machinery*, representa la red científica educacional de computación más amplia del mundo (ACM, s/f). Además de las conferencias que se organizan cada año sobre ciencia de la computación y sus aplicaciones contemporáneas, almacena todos los artículos y comunicaciones publicados en su librería digital.

- IEEE Xplore  
Biblioteca digital del *Institute of Electrical and Electronics Engineers* es la organización y comunidad internacional más grande sobre ingeniería, computación e información sobre tecnología (IEEE, s/f). La IEEE es reconocida por establecer estándares en la tecnología y por el rigor académico de sus publicaciones.

Sitios web oficiales de las principales aplicaciones utilizadas.

- El manual de usuario que provee la página web de Agisoft Metashape contiene desde indicaciones sobre la toma de fotografías, hasta el completo desglose del funcionamiento del software. En este caso la versión del manual consultado es la Standard Edition versión 1.6 publicada en el año 2020. En lo que respecta a Unity3D han sido de utilidad tanto la documentación oficial como su foro online, este último especialmente para consultar dudas planteadas por otros usuarios y solucionadas por el equipo técnico de la empresa.
- Tutoriales de libre acceso

Una de las fuentes recurrentes de información fueron los tutoriales en distintos formatos, en vídeo, en página web o tutoriales oficiales del software concreto. Esta fuente de información me ha servido fundamentalmente para observar ejemplos en el flujo de trabajo con herramientas concretas.

## 3. CONTEXTO Y REFERENTES

En este capítulo se contextualiza el trabajo en atención a su naturaleza de videoclip, su relación con el videoarte y con los gráficos generados por ordenador. También se tratan referentes visuales y la fotogrametría digital como sistema de digitalización de objetos y espacios tridimensionales.

### 3.1. EL VIDEOCLIP

#### 3.1.1. Historia

El videoclip es una producción videográfica que tiene la finalidad de representar o interpretar visualmente un tema musical (Gómez, I. S., 2012). Este medio nace como un formato audiovisual promocional para las canciones de los artistas musicales. Si bien, según Grifeu (2009) el primer videoclip concebido como tal aparece en 1975 con el tema “Bohemian Rhapsody”, de la banda musical Queen, podemos determinar ciertos precedentes que impulsaron al nacimiento del género.

En la década de los años 20 se desarrolla el *Absolute film*, una corriente originada en Alemania que conjuga el arte plástico, el tiempo y el movimiento, manifestada en la obra de autores como Walter Ruttmann, Hans Richter, Viking Eggeling y Oskar Fischinger. Su objetivo es la representación de formas geométricas mediante formas visuales, añadir movimiento y organizar estas imágenes según un ritmo calculado matemáticamente (Sedeño, A.M., 2002).

Oskar Fischinger, ya en el 1921 hace películas animadas abstractas donde intenta que las imágenes se adapten a los ritmos de jazz. Durante esa misma década se dedica a la producción de anuncios publicitarios y Paramount Studios le contrata. Participa en el filme “Fantasía” de la empresa Disney. También realizó diversas producciones videográficas experimentales, por ejemplo, la obra *An Optical Poem* (1938) define el motivo experimental del vídeo así: “Para la mayoría de nosotros la música sugiere imágenes mentales de forma y color. El filme que estás a punto de ver es un experimento científico novedoso cuyo objetivo es transmitir esas imágenes mentales en formas visuales.”<sup>2</sup> (Canal ThatHairyCanadian, 2013, 0m33s).

En la década de los 40 aparece uno de los antecedentes técnicos directos del videoclip, el *panoram*. Este aparato proyectaba las imágenes en blanco y negro del artista elegido para escuchar su canción. Posteriormente, este instrumento evoluciona al *Scopitone*(fig. 7) que ofrece imágenes a color que, además, busca



Figura 4 Queen. *Bohemian Rhapsody*. Video musical. (1975)



Figura 5 W.Ruttman. *Opus IV*. filme (1925)

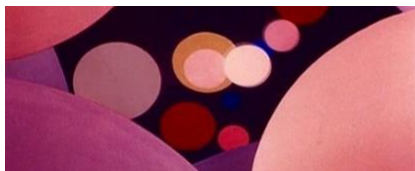


Figura 6 O.Fischinger. *An Optical Poem*(1938)

<sup>2</sup> Traducción del autor.



Figura 7 Máquina Scopitone.

representar una secuencia de imágenes a través de una historia que se relacione con la letra de la canción elegida y que fue rápidamente relegado por la popularidad del televisor.

El salto de artistas como Elvis Presley o Bill Halley al género cinematográfico genera un interés en posteriores artistas musicales por la gran pantalla, como es el caso de *The Beatles* y Mick Jagger. Es en los 70 cuando se promociona en la televisión en formato video por primera vez un tema musical, de la banda *Captain beefheart and his magic band* (Grifeu, 2009). A partir del éxito del videoclip mencionado de *Queen* en el 75, las piezas audiovisuales empezaron a ser una pieza clave para promocionar y desarrollar la imagen del artista. (Araujo, A., 2018)

### 3.1.2. Videoarte y videoclip

El videoclip se alimenta del videoarte como medio de subversión de códigos, del *expanded cinema*, de los *happenings* multimedia, de los eventos de múltiples proyecciones, de las nuevas tecnologías y de los conceptos intermedia caracterizaron una era de innovación y apertura (Gómez, I. S., 2012).

Siendo las vanguardias cinematográficas y artísticas de principio de siglo XX un precedente en el video de creación, durante los 60 la aparición de cámaras de video y magnetoscopios ligeros como el sistema Sony CV 2000 (conocido como *porta-pack*) hace que por primera vez la televisión no sea la única capaz de producir y conservar la imagen videográfica, favoreciendo la crítica contra los medios de comunicación, especialmente la televisión, evidenciando la trivialidad del medio y rompiendo con los modelos establecidos. La reivindicación de un sentido y utilización artístico provoca la proliferación del video de creación experimental o videoarte, siendo el sonido un aspecto esencial, como, por ejemplo, en las primeras propuestas del pionero Nam June Paik, que proceden de la música electrónica.



Figura 8 Nam June Paik. Primera cinta del artista grabada con un porta-pack. (1989)



Figura 9 B. Viola. Reverse Television: Portraits of Viewers(1983). Cinta de video.

El medio es utilizado de manera multidisciplinar, con artistas procedentes de la pintura, la música, la escultura, la literatura, el teatro y la performance, favoreciendo una cooperación entre las artes y la apertura de espacios y lenguajes interdisciplinarios. El video de creación comparte con el videoclip un uso alternativo a la televisión convencional, los artistas se nutren de las vanguardias originadas en los años veinte y las artes visuales que reconocen el potencial creativo de las nuevas tecnologías de la imagen, heredando las actitudes rupturistas, experimentales y de innovación. En este sentido, comenta Gene YoungBlood que, "el video prosigue, de algún modo, la tradición del cine experimental, pero con otro soporte." (Pérez, J.R., 1993) Este contexto apunta

al video de creación como la vanguardia artística más cercana al videoclip (Sedeño, A.M. ,2002).

Los avances artísticos en el videoarte se manifiestan en artistas que utilizan el videoclip como núcleo de sus obras y vehículo de comunicación, por ejemplo, la artista Pipilotti Rist que comenta en una entrevista que “En mi caso, además, no trato de vender ningún producto, ni un disco ni un grupo musical. Sólo intento vender una idea *poética, política o de contenido filosófico.*” (Pipilotti Rist ,2001)

### 3.2. LA COMPUTACIÓN GRÁFICA EN EL VIDEOCLIP

El desarrollo de nuevas tecnologías produjo cambios en el sector audiovisual. Según Paul Virilio, con las nuevas tecnologías de la imagen, se entra en un nuevo régimen de visibilidad, en el cual la imagen digital “prepara un nuevo régimen de relaciones interpersonales, sociales y políticas.” (Pérez, J.R., 1993)

Ya en los 50 se realizaban gráficos generados por computadoras, que cada vez se volvían más precisos, pero eran demasiado costosos para las películas de fin no científico. La mayoría de las películas hechas por ordenador estaban hechas con sistemas de salida de trazado digital de tubos con rayos catódicos. Al principio solo era posible visualizar los gráficos a través de una consola de visualización, como el modelo IBM 2250 Display Console with CRT, hasta que se incorporaron monitores de visualización al microfilm plotter (Youngblood, G. y Fuller, R. B., 1970).

Como avances importantes en el lenguaje de los gráficos por ordenador y los gráficos en movimiento podemos referir los créditos de la película *Vertigo*(1958) dirigida por Alfred Hitchcock, donde aparece la primera animación por computadora y la obra de John Whitney, quien realizó en 1961 el primer filme experimental con gráficos animados generados por ordenador, en el cual, los gráficos y la música se sincronizan (Youngblood, G. y Fuller, R. B., 1970).

Debido a la gran popularidad de los anuncios de televisión y los largometrajes animados, marcas de ordenadores como Stromberg-Carlson hicieron avances para desarrollar cámaras y microfilm plotters propicias para los gráficos por ordenador. Estos gráficos eran bidimensionales, pero a medida que fueron avanzado las prestaciones de los procesadores se pasó al desarrollo de los gráficos tridimensionales.



Figura 10 IBM 2250 estación para computadora (1973)

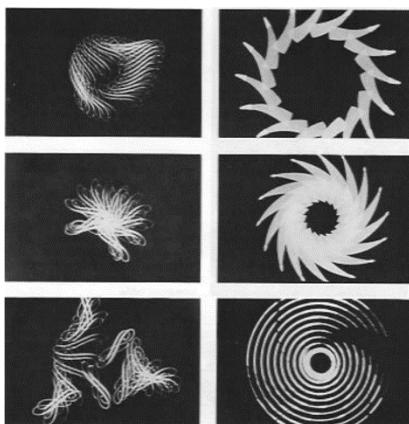


Figura 11 J.Witney.Catalog (1961). Video.



Figura 12 Trizz Studio. K/DA "Villain" Concept Video.(2020)

A mitad de los 80, los gráficos generados por ordenador se extendieron por todos los campos audiovisuales, incluido el video musical. Los primeros videos musicales en usar gráficos generados por ordenador fueron *Accidents Will Happen* (1978) de Elvis Costello, que contiene una imagen vectorial generada en una pantalla de fósforo verde y *Smile* (1983) de Will Powers que ya incorporaba personajes poligonales y metraje alterado digitalmente, (Jensen, T. K. ,2020). En la actualidad, la utilización de gráficos digitales en el videoclip es frecuente, incorporándose los sucesivos avances técnicos.

### 3.3. LA FOTOGRAMETRÍA DIGITAL COMO SISTEMA DE DIGITALIZACIÓN DE ESPACIOS Y OBJETOS.

La etimología de la palabra *Fotogrametría* viene del griego *Photos: nominativo y genitivo de luz, Gamma: escritura o dibujo, y Metron: medición* (Careaga, A. ,2019). La técnica de la fotogrametría permite obtener, las propiedades geométricas y espaciales de un objeto mediante información de fotografías. La fotogrametría fue descrita por la *American Society for Photogrammetry and remote Sensors* como "el arte, ciencia y tecnología de obtener información confiable sobre objetos físicos y el medio, a través del proceso de registro, medición e interpretación de las imágenes y patrones de energía radiante electromagnética y otros fenómenos" (Pastor, S. y Moyano, G. ,2017).

En la fotogrametría digital, las imágenes fotográficas son tomadas a través de cámaras digitales y procesadas a través de una aplicación de *software* informático especializado. Con esta técnica se consiguen modelos tridimensionales de gran resolución notablemente fieles a la geometría original. Los principios en el que se basa la técnica son las leyes de restitución cónica donde equiparando las fotografías con perspectiva cónicas se obtiene los datos necesarios para su levantamiento gráfico (Cabezos Bernal, P. M. y Cisneros Vivó, J. J. ,2012).

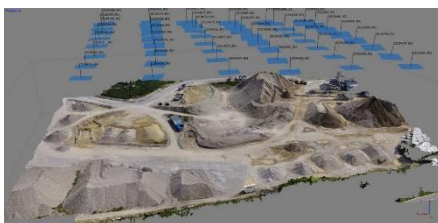


Figura 13 Zapata. Ejemplo de aplicación de la fotogrametría en el campo de la topografía.

Aunque la técnica se originó para el campo de la arquitectura y la cartografía en la segunda mitad del siglo XIX, la fotogrametría actualmente tiene numerosas aplicaciones en las áreas de Agronomía, Cartografía, Arquitectura, Medio Ambiente, Arqueología, Control de estructuras, Topografía, Biomecánica en Medicina, Ergonomía o Deporte, Investigación policial (reconstrucción de accidentes), Zoología, así como en el campo de interés de este trabajo.

### 3.4. REFERENTES VISUALES

En este apartado se tratan las fuentes que han servido de referencia en el aspecto visual y la estética del proyecto, se contextualiza cada referente y se



hace alusión a los distintos aspectos gráficos en los que ha influido en este trabajo.



Figura 14 Karl Wilhelm Diefenbach. *El baile de las hadas* (1895). Colección privada. Óleo sobre tela. Dimensiones 136 x 96,5 cm

Diefenbach fue un pintor alemán (1851-1913) nacido en Hadamar. Se formó en la Academia de Arte de Munich y fue un representante independiente del Art Nouveau y del Simbolismo (Wagner, C., 2007). Su obra *El baile de las hadas* ha influido en el aspecto visual de los sistemas de partículas se representan dentro del videoclip desarrollado en este trabajo.

Caspar Friedrich, pintor de origen alemán (1774-1840), fue uno de los artistas más importantes del romanticismo alemán del siglo XIX. Sus obras atienden a una exaltación del dramatismo de los paisajes y la grandiosidad de la naturaleza. Las obras del paisajismo romántico de Friedrich me han servido de referente para diseñar la atmósfera y la ambientación de las escenas dentro del video. En especial algunas de sus piezas pictóricas ilustran una representación del paisaje natural de una manera expresiva, utilizando elementos atmosféricos como la niebla o la iluminación tenue.



Figura 15 Abadía en el robledal 1809. C.D. Friedrich. Oleo sobre lienzo. 110,4 x 171 cm. Antigua Galería Nacional de Berlín, Alemania.



Figura 16 Los tiempos del día: La mañana de C.D. Friedrich. óleo sobre lienzo.

William Turner pintor inglés (1775-1851), nacido en Londres es conocido por sus atmósferas en las pinturas que realizó. Estudió en la *Royal Academy* de Londres. Su estilo desarrollado en el paisajismo inglés fue único y reconocido en la época (Angoh, S. ,2013). El aspecto de sus cielos turbios y abstractos es lo que me ha inspirado a la hora de diseñar la iluminación y los efectos de atmósfera que he trabajado en el videoclip.



Figura 17 Turner. Incendio del parlamento el 16 de octubre de 1834, 1835. Philadelphia Museum of Art



Figura 18 Turner. Aníbal cruzando los Alpes(1810-1812). Óleo sobre lienzo. 144x 236 cm. Tate de Londres, Reino Unido.

*Marshmellow Laser Feast* Es un grupo de arte inmersivo con sede en Londres, que colabora con artistas, ingenieros y científicos. Su obra gira en torno a la creación de experiencias interactivas que tratan la naturaleza como temática e



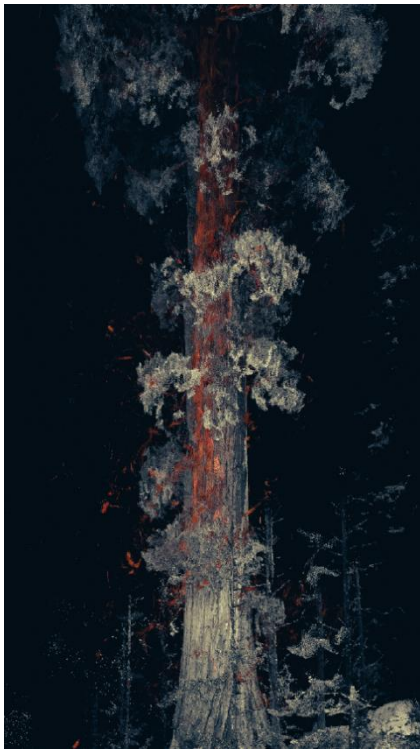


Figura 20 Marshmellow Laser Feast, Tree Hugger: Wawona (2017)

investigan nuestra conexión con el mundo natural. Su trabajo ha sido expuesto internacionalmente por museos de Portugal, Países Bajos, Japón, España, E.E.U.U., Reino Unido y Turquía. Además, su obra *In the Eyes of The Animal* (2016) ganó el *Wired Audi Innovation Award*. También su obra *TreeHugger: Wawona* fue galardonada con el premio de *Tribeca Storyscapes Award for Innovation in Storytelling del Tribeca Film Festival* y el premio *Best VR Film* en el *Arles Festival*. (Frankfurter Kunstverein, 2022).

*Ruben Fro* (Rubén Frosali) es un director creativo y artista de efectos especiales de origen italiano que reside en Tokio, Japón. Su obra se centra en el arte inmersivo mediante la captura de video volumétrico. En 2018, cuando estuvo trabajando en las instalaciones en tiempo real "*Dissolving Realities Shibuya Takeover*", "*Future Cities*" y "*Memories of Tsukiji*", estas obras están centradas en la interpretación de paisajes urbanos de Japón. También ha trabajado de director, animador y artista de VFX para anuncios comerciales y videos musicales (RubenFro, 2022), entre los cuales se encuentran "*Personality*" de Deathpact y "*Green Juice*" de ASAP Ferg ft. Pharrel Williams. De *Ruben Fro* me inspiró el tratamiento gráfico que utiliza, usando registros fotogramétricos como nubes de puntos para utilizarlas en técnicas de VFX.



Figura 21 R.Frosali. *Distorted Cityscapes*. (2018) Fotografía digital.



Figura 22 Ellingham y Frosali. *Memories of Tsukiji*.(2018) Instalación interactiva.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO Y RESULTADOS

En este capítulo se detalla el proceso de creación del videoclip descrito en el *Capítulo 2.2. Metodología*.

### 4.1. PREPRODUCCIÓN

#### 4.1.1. Plan de diseño de producción

El videoclip se dirige a todo tipo de público, especialmente aquel con preferencias musicales ambientales y tranquilas. El álbum de *Litchs* consta de ocho temas, con características experimentales y ambientales, de los cuales varios tienen títulos que remiten a aspectos esotéricos. El hecho de que el audio no contenga voz humana ayuda a prestar atención a los sonidos ambientales y enfocar el protagonismo en un conjunto de sonidos que forman una determinada atmósfera. En consecuencia, el sonido fue determinante para el diseño visual, tanto en cuestiones estéticas como rítmicas, a nivel de montaje, movimiento de los gráficos y movimiento de la cámara en el entorno 3D.

Aunque la primera idea fue realizar la producción videográfica del álbum *Biomímesis* en su totalidad, se determinó como proyecto la creación de un videoclip para solamente un tema del álbum con la finalidad de adecuarse al tiempo correspondiente a los créditos destinados al trabajo de fin de grado. De entre los temas, se eligió para la producción del videoclip objeto de este trabajo *Tormenta*, debido a su duración, a su representatividad del carácter general de álbum y a la enunciación un fenómeno natural en el título.

Las evocaciones que provocó el tema *Tormenta* para la ideación del contenido visual del videoclip son las siguientes:

- Formas y movimientos orgánicos con materiales cuyo origen digital quede patente.
- El bosque, entorno natural que constituye el hábitat y refugio de muchos seres vivos.
- El fenómeno natural de la lluvia como representación de la inclemencia de la naturaleza en este entorno.
- Partículas no gravitatorias que evidencien el carácter mágico y espiritual.

Se busca provocar una toma de contacto del espectador con el entorno representado, en el que éste sea percibido inicialmente como extraño e

inquietante, para que, a medida que se muestra su exploración, incitarle a la curiosidad y favorecer su conexión con el carácter mágico del propio entorno.

#### **4.1.2. Digitalización de objetos con fotogrametría**

Del referente visual descrito en el capítulo 3.4. *Contexto y referentes*, Ruben Fro, se hace una investigación de la técnica que utiliza para llevar a cabo sus obras. En su página web indica que se especializa en la captura volumétrica, nubes de puntos y grandes entornos basados en partículas dinámicas (RubenFro, 2022). Al no proporcionar información sobre su proceso, se prosiguió la búsqueda, encontrado la entrada de blog Point Cloud Rendering In Unity (Erfani, A., 2022), donde se habla de su trabajo y de otros otros artistas, en el cual se menciona la fotogrametría como técnica para genera nubes de puntos. También se buscó en la biblioteca digital la ACM en la que apareció mencionado por su obra en el artículo The Art of Point Clouds: 3D LiDAR Scanning and Photogrammetry in Science & Art (Ivsic, L., et al, 2021). Cabe destacar que propio Ruben Fro, en sus redes sociales, utilizó los *hashtags* #photgrammetry y #Unity3d además de otros en las publicaciones de sus obras.

Como resultado de esta indagación se determinó la fotogrametría como técnica para digitalizar los objetos y entornos. La mayoría de los entornos digitalizados que se realizaron son parques naturales de Bratislava, Eslovaquia. El proceso de digitalización 3D utilizado en la producción de este trabajo constó de las siguientes etapas:

- 1.La captura de secuencia de imágenes en formato vídeo de los escenarios
- 2.Exportación de fotogramas del archivo de video capturado.
- 3.Importación de imágenes al software Agisoft Metashape
- 4.Procesamiento de datos de imagen a nube de puntos
- 5.Exportación en formato .ply

La captura de imágenes constituyó el primer paso en el proceso de digitalización tridimensional. El método utilizado para esta tarea fue la grabación en vídeo de los escenarios que se quisieron digitalizar debido a que la alineación de imágenes en el software de *Agisoft Metashape* requiere de una toma de imágenes con sobreposición entre ellas para calcular la posición desde que la que fueron tomadas. Una vez grabado vídeo, se extrajeron los fotogramas en formato de imagen *.png* y se importaron a *Metashape*.

El dispositivo utilizado para esta tarea fue un teléfono móvil *Huawei P30 pro*, un dispositivo completamente portátil independiente de tomas de corriente y acorde con las prestaciones deseadas para la toma de imágenes, con una resolución de cámara de 40 MP sobrepasando los requerimientos

mínimos de resolución de megapíxeles (MP) según Agisoft Metashape(2021) en su *User Manual Professional Edition* (versión 1.7) que recomienda una resolución de cámara digital de 5MPix o más.

En cuanto a la captura de los entornos, se seleccionaron por condiciones meteorológicas, de iluminación y distancia con el fin de obtener los resultados óptimos para la posterior digitalización. Por ejemplo, las condiciones meteorológicas debían ser sin lluvias ni nieve, sin viento notable, el registro debía realizarse durante el día, con unas condiciones de iluminación en las que la luz solar no debía ser demasiado potente ni el escenario debía estar demasiado apagado para poder capturar el color de los elementos con la mayor fidelidad posible.

En cuanto al método de captura, de entre los varios métodos que se abordan en el *User Manual Professional Edition*, versión 1.7, de Agisoft Metashape, como la fotografía aérea, la inspección submarina y el escaneo de objetos de corto alcance (*Close-range objects scanning*), se eligió este último dada la tipología de los elementos que se deseaban capturar.

#### 4.1.2.1. Procesamiento de datos de imagen a nube de puntos

El flujo de trabajo que se ha seguido en el software de *Agisoft Metashape* para conseguir la nube de puntos del objeto fotografiado se compone de los siguientes pasos:

- La Importación imágenes a *Agisoft Metashape*
- La inspección de las imágenes importadas filtrando las innecesarias
- Alineación de imágenes según su posición
- Construir la nube de puntos densa
- Exportar resultado en *.ply*.

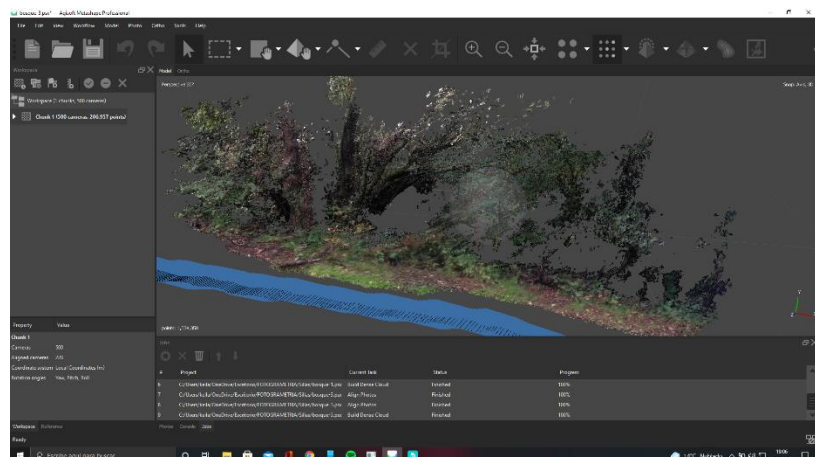


Figura 21 Alineación de fotografías propias para el procesamiento de la nube de puntos.

#### 4.1.3. Determinación de la aplicación de software técnico a utilizar

En base a las características técnicas en los artistas referentes comentados en el Capítulo 3.3. *Referentes visuales*, se buscó una herramienta capaz de visualizar información de nubes de puntos y que permitieran el tratamiento de las nubes de puntos como sistemas de partículas.

Con objeto de seleccionar el software adecuado para el proyecto, se hizo una búsqueda de documentación especializada en el tratamiento de nubes de puntos (Garrido et al, 2021; Game Dev Guide, 2020; Erfani, A. ,2022; Ivsic, L et al, 2021; YumaYanagisawa, 2020; Hutcheon, H. ,2020; Hofer, H. ,2018; M. Bailey, 2013; Medley, C. ,2020). Se observaron flujos de trabajo de diferentes fuentes en las que se utilizaban los softwares de Unity3d, Blender, 3D Studio Max, Houdini y Unreal Engine. A continuación, se hizo un ensayo con las nubes de puntos registradas en cada uno de los softwares mencionados.

#### 4.1.3.1. Comparación de Herramientas de *software*.

Durante este proceso se contempló las ventajas y las desventajas del flujo de trabajo de los softwares y la elección del software para realizar el trabajo fue determinada por los siguientes criterios:

- Lectura y visualización de propiedades de color y posición de los vértices
- Buen rendimiento del software mientras se realiza la edición de nubes de puntos a tiempo real
- Posibilidad de tratar la nube de puntos como sistema de partículas
- Exportación en video o secuencia de imágenes

Primero, se comprobó la compatibilidad del archivo exportado de *Agisoft* al *software*:

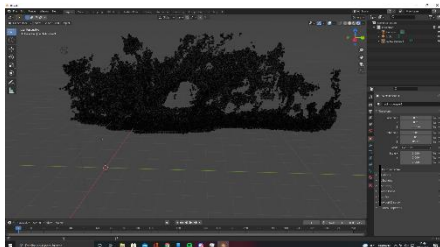


Figura 23 Captura de la importación de la nube de puntos en .obj a Blender.

Primero se probó el formato *.obj* el cual resultó no válido para el programa de *3DS max* y *Unreal Engine*. En Unity no se renderizaba la nube de puntos y en *Blender*, no se renderizaba el color de los puntos. Después, se probó el formato *.avii* el cual requería una herramienta adicional (*plug-in*) para *Unreal Engine* (Unreal Engine, 2020) , en Unity, requería de un *package* con precio de compra, lo cual hizo descartarlo. Por último, se testeó el formato de archivo *.ply* el cual se pudo importar a Blender, a Unity y a Houdini. En el caso de *Blender*, el archivo *.ply* requiere de un *addon* personalizado llamado *Point Cloud Visualizer 1.0+*. En el caso de Unity un *package* personalizado llamado *Pcx*. En el caso de *Houdini* dispone de una importación nativa de formato *.ply*.

A continuación, se probó a tratar la nube de puntos como sistema de partículas. Estas son las ventajas y limitaciones encontradas en cada uno de los softwares:

En *Blender*, a pesar de poder convertir la nube de puntos a un sistema de partículas, se encontró poco rendimiento a tiempo real con nubes de punto densas, lo cual causó varios congelamientos del programa intentando modificar parámetros básicos de las partículas. Además, no hay un soporte de exportación a otros programas.

Dentro de *Houdini*, se encontró diversas ventajas en cuanto a la edición y manipulación de las nubes de puntos. Sin embargo, la licencia educativa que fue empleada, solo permitía la exportación con marca de agua y no permitía la exportación a otros programas con el .HDA (Houdini Digital Asset).

En las pruebas en Unity, se contemplaron las posibilidades del *package Pcx<sup>3</sup>* que hacía posible el uso de la nube de puntos como mesh, como textura 2D en un sistema de partículas Visual Effect Graph y como un compute buffer. El rendimiento de la renderización fue fluido a tiempo real y no era necesario incorporar un programa externo al flujo de trabajo para realizar iluminación, composición de la escena y exportación de secuencias.

En cuanto a las limitaciones que se encontraron en Unity figuran: poca cantidad de documentación encontrada sobre la herramienta *Visual Effect Graph* y el hecho de no tener un sistema de importación y manipulación nativo de nube de puntos.

La decisión de establecer el motor de *Unity* como el *software* de producción del video musical se debió a que cumplía todos los requisitos del criterio de selección y, por tanto, cubría era adecuado para la producción de este trabajo. Además, las desventajas fueron más leves comparadas a las de otros programas.

#### 4.1.4. Pruebas con la herramienta de VFX graph

Con objeto de aprender a utilizar la herramienta VFX Graph, se realizaron pruebas en las que se trató la nube de puntos como un sistema de partículas, utilizando la información de posición de los puntos (*position map*) y el color de los puntos (*color map*) como textura de imagen 2D en el *Visual Effect Graph* y producir diferentes efectos. En el VFX Graph se utiliza la programación por nodos para modificar las propiedades de las partículas como color y tiempo

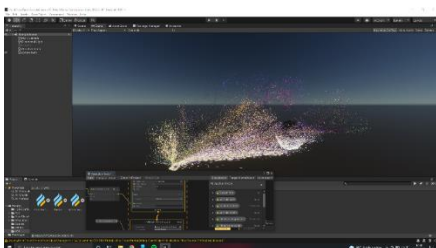


Figura 24 Captura de un efecto de atracción en las partículas a partir de una nube de puntos.

<sup>3</sup> Paquete de Unity creado por el usuario de GitHub *Kejiro*.



para conseguir diversos efectos (ver ANEXO III), como, por ejemplo, la atracción de las partículas a un punto en el entorno 3D (fig. 25).

También se ha probado la nube de puntos densa como malla (*mesh*) para probar composiciones de las nubes de puntos en una escena con iluminación.



Figura 25 Captura de una escenografía montada en Unity con las nubes de puntos como malla poligonal.

#### 4.1.5. Pruebas de iluminación

A la hora de determinar la iluminación se realizaron diversas pruebas utilizando luces 3D y postprocesado, por ejemplo, se modificó los parámetros de las propiedades del componente *Volume* que tiene una serie de propiedades que regulan la escala de valores HSV que el canal de renderizado interpola según la posición de la cámara. Se utilizaron las luces direccionales para la iluminación, una luz general que se comporta de forma similar al sol en el entorno 3D.

Las pruebas dieron lugar a diferentes resultados en los que variaba el rendimiento del motor, la claridad de la visión y la luminosidad (ver ANEXO III). También se utilizaron diversos tipos de luces 3D y se comprobó que el sombreador de las nubes de puntos y los sombreadores de VFX Graph no reaccionan a la iluminación. Cabe destacar que los elementos de VFX Graph se visualizan como luminiscentes gracias a una propiedad de renderizado, el Blend Mode Additive (Modo de Mezcla Aditivo)(fig.26), que configura un método de mezcla en el que se combina de forma aditiva el renderizado de las partículas en la pantalla.

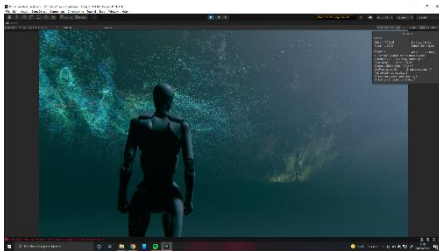


Figura 26 Prueba de efecto visual con el blend mode additive.

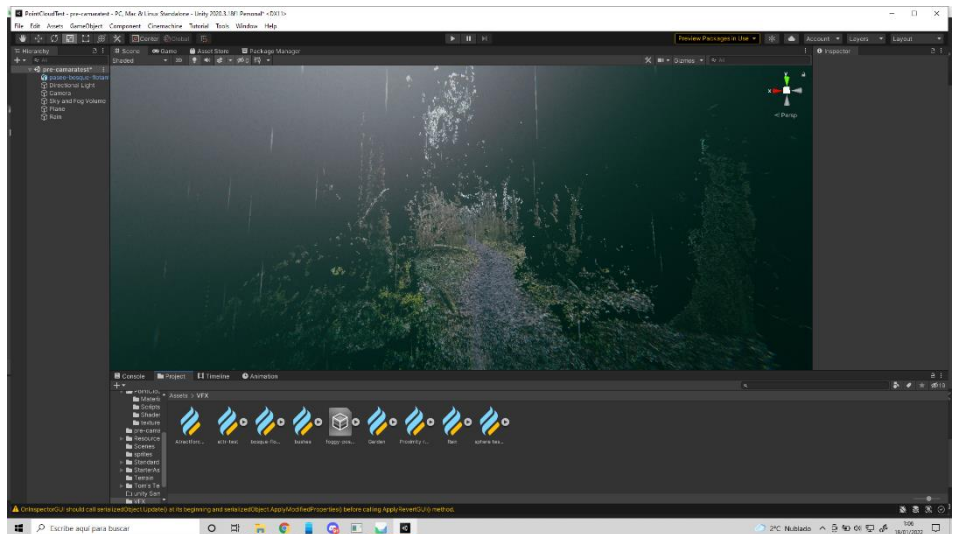


Figura 27 Captura de una escena con una prueba de iluminación

#### 4.1.6. Discurso visual del videoclip

El discurso visual pretende evocar a la relación de la naturaleza con el ser humano y la tecnología. El artículo de Coles y Pasquier (2015) remite a la Relación de la Triada HTN (human-technology-nature) propuesta por Coles, Pasquier y Gromala (2012) y expone una hipótesis según la cual existen similitudes de interacción entre la manera en la que el ser humano se relaciona con la naturaleza y la manera que se relaciona con la tecnología.

Dado que los dispositivos digitales y las tecnologías proporcionan una experiencia sensorial auditiva, visual y háptica aumentada, nos permiten involucrarnos interactivamente de forma inmediata. Coles y Pasquier sostienen que si se combinase esta multisensorialidad proporcionada por la tecnología y se presentase un ambiente natural se recuperaría la conexión culturalmente insensibilizada con el medio natural (Laura Lee Coles & Philippe Pasquier, 2015).

La intención de usar la tecnología como medio artístico en este trabajo se apoya en la idea de que la recuperación de esa relación humano-naturaleza debería darse por medio de la ciencia y tecnología según se defiende en uno de los puntos del manifiesto Torre Guil, en el que se menciona que, “La Ciencia y el Arte deben dialogar entre sí para producir espacios transdisciplinarios de creación de opinión y de decisión” (Villaverde, M. N., 2001) y se defiende la tecnología como herramienta del ser humano para transformar la sociedad hacia un pensamiento ético (Villaverde, M. N., 2001).

Para implementar las ideas expuestas en los párrafos anteriores, el video musical se estructura en tres partes consecutivas de la misma duración aproximadamente.



En la Introducción se presentan el espacio y sus elementos. La sensación que se intenta transmitir es la de un entorno sombrío, intimidante. Además de la iluminación y la niebla volumétrica, se han utilizado elementos del lenguaje cinematográfico como son el montaje con planos generales, picados y contrapicados, Iluminación contrastada y movimientos de cámara de plano general a plano de detalle.

En el tramo central de la canción la atención se centra en los detalles de la vegetación, con un ligero aumento de intensidad en la iluminación y disminución de los efectos de postprocesado, lo que proporciona más claridad y cromatismo.

En el tercio final, Biomimesis, se busca representar un estado de fusión con el entorno centrándose en los efectos visuales que generan una iluminación distinta a la anterior y modifica el ritmo visual de la secuencia.

#### 4.1.6. Storyboard

Este recurso ayudó a planificar de manera visual el montaje y los planos antes de producir las secuencias mediante dibujos.

A la hora de realizar el storyboard, se separó las nueve escenas clave en tres secciones que corresponden a la segmentación de tres actos comentadas en el apartado anterior. En los dibujos hay indicaciones de los movimientos de la cámara, la altura del horizonte, el elemento destacado que debe aparecer y el ángulo de posición de la cámara. Todas estas indicaciones, servirán a la hora de realizar la producción de las tomas, pero no son determinantes para el resultado final.

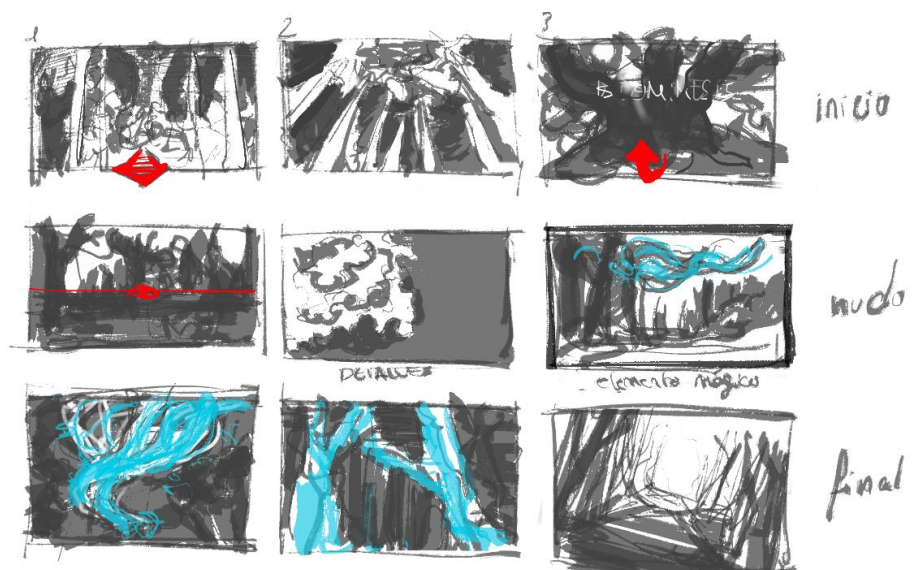


Figura 28 Storyboard del video musical de Tormenta

## 4.2. PRODUCCIÓN

### 4.2.1. Implementación de las nubes de puntos en el motor de juegos

Con objeto de importar las nubes de puntos, se creó y preparó un proyecto en 3D en *Unity*. En el proyecto se determinó el *High Definition Render Pipeline* (HDRP), un canal de renderizado que se especializa en la renderización fiel a una iluminación y atmósfera real (Unity, 2020).

Por otro lado, se prepararon otros paquetes de Unity como el *Visual Effects Graph*, el *Cinemachine* y el *Unity recorder* que no vienen instalados por defecto y el paquete *Pcx*.

Con todas las herramientas mencionadas en el anterior apartado añadidas, las nubes de puntos se importan al motor y se determina en el inspector el tipo de objeto al que lo queremos convertir, las opciones que da son Mesh, Compute Buffer y Texture (fig. 29).

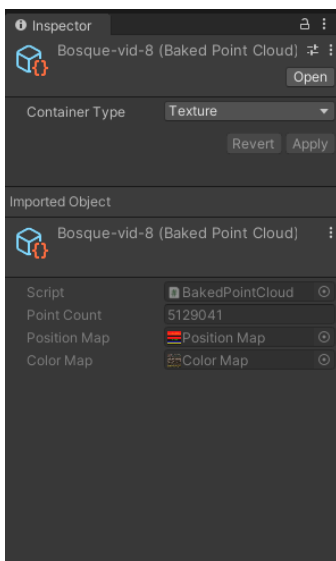


Figura 29 Opciones del inspector de Unity del paquete Pcx de kejiro.

### 4.2.2. Escenas

#### 4.2.2.1. Montaje de la escenografía

Una vez en el entorno 3D, en cada una de las tres escenas se hace una composición diferente con las nubes de puntos siguiendo a grandes rasgos los bocetos realizados previamente y el storyboard.

En dos de las escenas se utilizaron una mezcla de mallas de las nubes de puntos y sistemas de partículas a partir de las nubes de puntos. Se pretendió realizar una composición en la que el entorno diera la sensación de ser extenso, para ello, se compuso una zona y se puso especial atención a los límites de ésta para que, desde dentro diera sensación de continuidad del paisaje y no fuera repetitivo. La otra escena, se compuso con un sistema de partículas a partir de una nube de puntos.

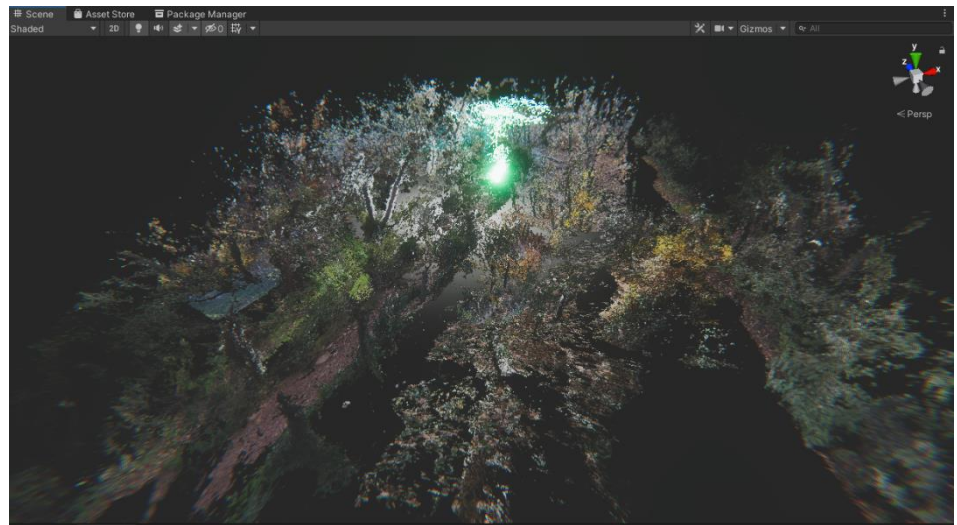


Figura 30 Escena montada vista desde el viewport de Unity

#### 4.2.2.2. Creación de efectos especiales en 3D

Estos efectos se han creado por medio de sistemas de partículas con la herramienta VFX Graph.

Para crear el efecto visual principal (fig. 32) se utilizaron dos paneles de VFX, uno para la parte inferior y otro para la parte superior. En la parte inferior (fig.31), el *Initialize Particle context* define la cantidad de partículas que se renderizan y el tiempo que perduran, define la forma inicial de las partículas con el nodo de posición de partículas en forma esférica, se le asigna un color y una velocidad inicial de las partículas que está afectada por la alteración de su posición por una textura 2D de ruido *Perlin* en el eje X e Y. En el *Update context*, se aplica un nodo de turbulencia (*Turbulence*) y otro de arrastre lineal (*Linear drag*). En el *Output context* se determina el modo de mezcla *Additive*, se determina la orientación de la cara de la partícula a la posición de la cámara y se añade un aumento de la transparencia de las partículas en función del tiempo.

La parte superior está generada de forma similar, pero con la posición de inicialización de las partículas en forma de *torus*.

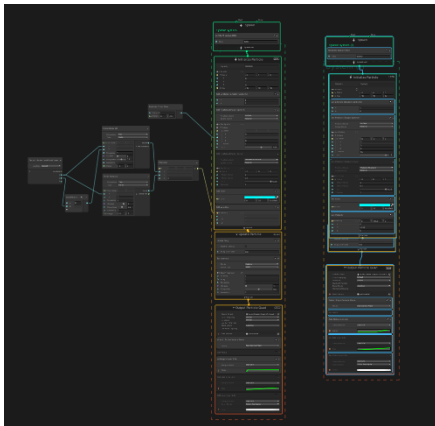


Figura 31 Interfaz de VFX Graph



Figura 32 Fotograma del videoclip mostrando uno de los vfx creados

#### 4.2.2.3. Postprocesado

Tras determinar el tipo de iluminación en el capítulo 4.1.5. *Pruebas de iluminación*, se hizo uso de técnicas de postprocesado para modificar la renderización de la luz 3D. Para conseguir una iluminación con una atmosfera pesada, se hizo uso de propiedad “Volumetrics” que contribuye a recrear una neblina tridimensional en la escena. Los parámetros de propiedad influyen en la dispersión atmosférica. Este efecto se crea con una niebla exponencial que incorpora el HDRP y que simula el efecto de partículas suspendidas en el aire.

Para configurar el postprocesado, cada escena lleva un mismo objeto que contiene un componente “Volume”. Las propiedades de postprocesado que configuran el volumen son el “Visual Environment”, el cual determina el tipo de cielo (“Sky Type”) que en el caso del proyecto fue un cielo de gradiente, la niebla o “fog” que aplica un efecto densidad en el aire y que varía la intensidad exponencialmente según la distancia de la cámara, y la propiedad de “Sombras, Mediotonos y Luces” (Shadows, Midtones, Highlights) que permite retocar la intensidad y el tinte de cada franja de valores de la escena.

#### 4.2.3. Secuencias

Los elementos animados del videoclip son las luces y los VFX. Dentro de la animación de estos elementos hay que destacar que el movimiento de las partículas de los VFX se hace utilizados cálculos procedurales. Los fotogramas clave se graban se graba en una franja de tiempo y la propiedad de intensidad de las luces está animada mediante el panel de animación en Unity.

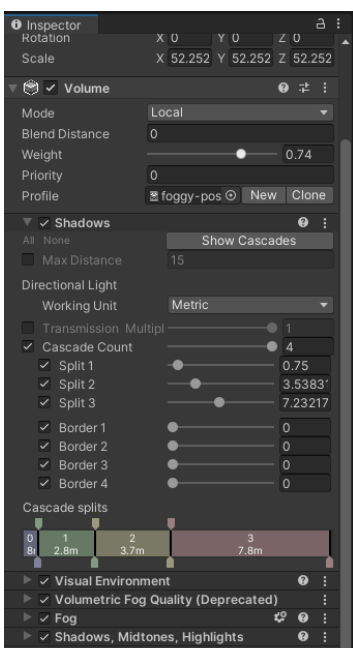


Figura 33 propiedades del componente Volume en el inspector de Unity.

Una vez la escena está preparada para realizar la grabación de la secuencia se crean cámaras en cada una de las escenas, que posteriormente se anima la posición y rotación trazando un camino de la misma forma que las luces.

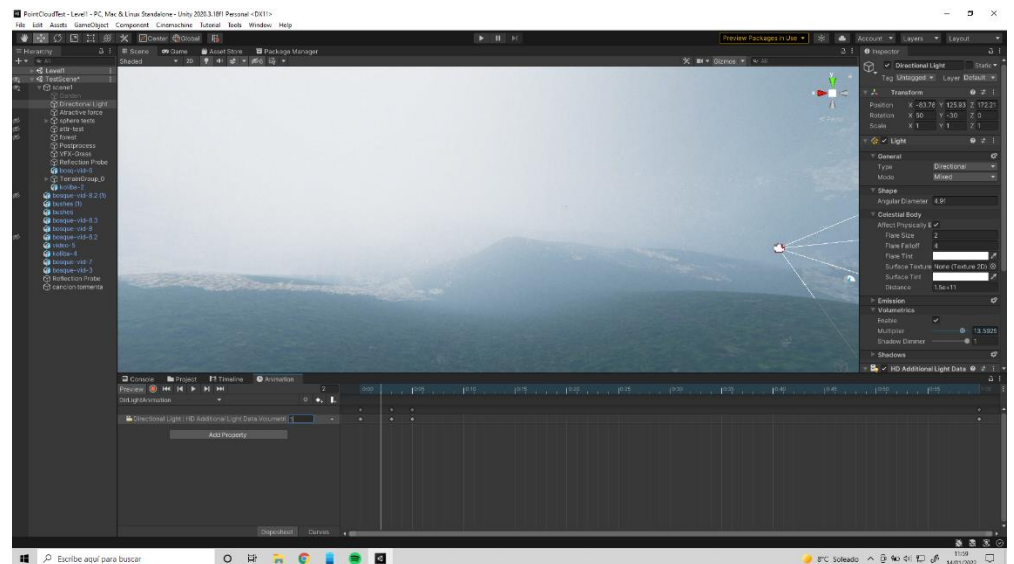


Figura 34 Captura de la interfaz con el panel de Animation.

Tras ajustar las cámaras finalmente se exporta el resultado con los paquetes de Cinemachine y Unity Recorder. Los parámetros de exportación y la ruta de guardado se configuran en el componente UnityRecorder.track, en el cual se eligió la calidad de exportación alta y se hicieron pruebas con el formato de archivo de la exportación, tanto en vídeo en .H264 como en secuencia de imágenes en formato .png.

Comprobando la calidad de las exportaciones presentaban menos calidad en el formato en video. Por este motivo, se decidió exportar en secuencia de imágenes .PNG a una resolución de 1920x1080 píxeles. (ver ANEXO II)

### 4.3. POSTPRODUCCIÓN

Durante la postproducción, todo el material exportado del motor gráfico de Unity se importa al software de edición y postproducción de Adobe After Effects. En el software se revisan los clips, comprobando fallos de grabación y la calidad de la exportación para asegurar que el contenido es el adecuado.

El montaje en Adobe After Effects se ha realizado en base al discurso visual y el storyboard. De esta forma, se ha generado una composición individual para cada acto y se ha agrupado en la composición principal. Dentro de esta composición principal se encuentra además de las imágenes, el archivo de audio del clip musical y la composición que contiene los créditos. También se



ha procurado sincronizar el ritmo musical del tema con los cambios de escena en el montaje del video musical.

El metraje original se ha editado el color de todas las escenas en una gama similar para unificar en tonos verdoso y azulados y se ha retocado el contraste para aportar más interés visual a la escena.

Esta edición se ha realizado utilizando el efecto de *Lumetri*, que permite retocar luces, sombras, medios tonos en base a una rueda cromática, así como la exposición, los niveles y los canales RGB.



Figura 35 Comparación del mismo fotograma con edición de color a la izquierda y a la derecha sin la edición de color

Los créditos están colocados al final del vídeo, referenciando a la autora del tema musical, la autora de los visuales y una sección de agradecimiento.

La edición de los créditos se ha realizado utilizando dos capas de texto y dos clips de video que corresponden al clip del inicio del video musical que tienen asignado cada uno un mapa de seguimiento de Alpha de las capas de texto, de forma que, en el relleno del texto se visualiza el clip y el fondo queda de un color sólido.

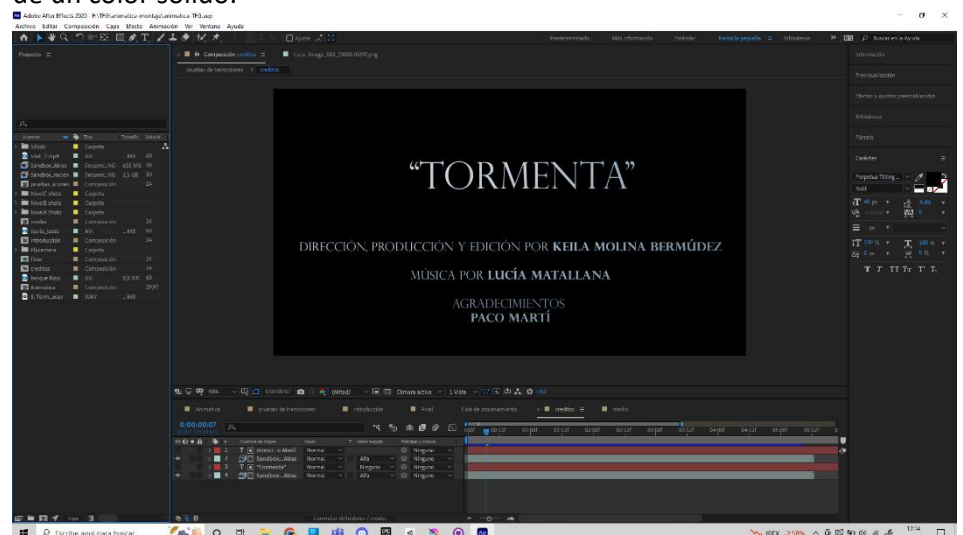


Figura 36 Composición de los créditos en After Effects

Finalmente, tras acabar la postproducción del vídeo en el software de Adobe After Effects se lleva a la cola de renderizado donde el proyecto se pasa a un formato de video sin compresión .avi, este formato es de gran peso de memoria ya que no comprime de ningún modo la información. Para facilitar la divulgación del vídeo se subió a la plataforma online Youtube.

Cabe destacar que durante la postproducción se realizaron varias pruebas de exportación, rectificando y mejorando la calidad final del vídeo, de forma que, se hicieron diversas versiones hasta conseguir la definitiva.

## 5. CONCLUSIONES

Tras finalizar el proyecto y considerando el resultado final del videoclip considero que se han cumplido los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto se han conseguido digitalizar apropiadamente los objetos deseados con la técnica de la fotogrametría y se ha conseguido aplicar un flujo de trabajo adecuado que ha permitido la combinación de técnicas de efectos visuales utilizando las nubes de puntos dentro un entorno 3D. La búsqueda de técnicas, herramientas y referentes ha dotado de cohesión del trabajo ha facilitado la dirección artística del proyecto y desarrollar un discurso visual en los términos pretendidos.

Este trabajo ha supuesto un reto tanto a nivel técnico como a nivel artístico, resultando muy positiva la incorporación de los conocimientos de las asignaturas cursadas en el grado de Bellas Artes de Postproducción digital y VFX, Modelado 3D para videojuegos, Taller de Interacción y Videojuegos y los conocimientos adquiridos durante mi estancia Erasmus en la *Film and TV Faculty* de la Academia de Artes Performativas de Bratislava.

Las nociones aprendidas de los *softwares* utilizados, el análisis del género del video musical y el desarrollo de la producción de un videoclip han ampliado mi comprensión del contexto en el que se enmarca este trabajo.

Tras lo expresado anteriormente, considero que este trabajo final de grado me ha aportado conocimientos relevantes para cursar un máster, además de, la posibilidad de incorporación del trabajo a mi porfolio, abriéndose una posible vía profesional en este ámbito.



## 6. REFERENCIAS

- Agisoft Metashape (2021) Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7. [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_7\\_en.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_en.pdf)
- Angoh, S. (2013). Turner (English Edition). Parkstone International.
- ThatHairyCanadian (29 noviembre de 2013) *An Optical Poem - produced by Oskar Fischinger 1938*. [Archivo de Vídeo]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=6Xc4g00FFLk&ab\\_channel=ThatHairyCanadian](https://www.youtube.com/watch?v=6Xc4g00FFLk&ab_channel=ThatHairyCanadian)
- ARAUJO DUEÑAS, A. (2018) *El videoclip y los nuevos formatos audiovisuales de promoción musical*. Proyecto Final de Carrera. Universidad de Sevilla.
- Association for computing machinery. (s/f). Acm.Org. Recuperado el 29 de mayo de 2022, de <https://www.acm.org/>
- Bethke, E. (2003). Game Development and Production. Wordware Pub.
- Careaga, A. (2019, 26 septiembre). *Fotogrametría, la conversión de una imagen 2D al plano tridimensional*. PIT. <https://innovacion.uas.edu.mx/fotogrametria-la-conversion-de-una-imagen-2d-al-plano-tridimensional/>
- Erfani, A. (2022, 24 febrero). *Point cloud rendering with Unity - Bootcamp*. Medium. <https://bootcamp.uxdesign.cc/point-cloud-rendering-with-unity-1a07345eb27a>
- IEEE - *The world's largest technical professional organization dedicated to advancing technology for the benefit of humanity*. (s/f). Ieee.Org. Recuperado el 29 de mayo de 2022, de <https://www.ieee.org/>
- Frankfurter Kunstverein (2022). Marshmallow Laser Feast. Frankfurter Kunstverein. <https://www.fkv.de/en/marshmallow-laser-feast/>
- Ivsic, L., Rajcic, N., McCormack, J., & Dziekan, V. (2021). The Art of Point Clouds. 10th International Conference on Digital and Interactive Arts. <https://doi.org/10.1145/3483529.3483702>
- Jensen, T. K. (2020, 5 mayo). *The History of Computer-Animated Music Videos*. PCMAG. <https://www.pcmag.com/news/the-history-of-computer-animated-music-videos>
- Garrido, D., Rodrigues, R., Augusto Sousa, A., Jacob, J., & Castro Silva, D. (2021). *Point cloud interaction and manipulation in virtual reality*. 2021 5th International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR).
- Game Dev Guide (31 de diciembre 2020). *Getting Started with Compute Shaders in Unity* [Archivo de Vídeo]. YouTube.

[https://www.youtube.com/watch?v=BrZ4pWwkpto&ab\\_channel=GameDevGuide](https://www.youtube.com/watch?v=BrZ4pWwkpto&ab_channel=GameDevGuide)

- Greg Turk (1994) *The PLY Polygon File Format*.  
<http://gamma.cs.unc.edu/POWERPLANT/papers/ply.pdf>
- Gómez, I. S. (2012, febrero). Conexiones entre el videoclip y el videoarte (2) .Venusplutón!. <https://venuspluton.com/conexiones-entre-el-videoclip-y-el,694>
- Hofer, H. (2018). Real-time visualization pipeline for dynamic point cloud data [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. repositoryUm. <https://doi.org/10.34726/hss.2018.50383>
- Hutcheon, H. (2020, 7 octubre). *Introduction to the Visual Effect Graph*. Raywenderlich.Com. <https://www.raywenderlich.com/9261156-introduction-to-the-visual-effect-graph>
- Jensen, T. K. (2020, 5 mayo). The History of Computer-Animated Music Videos. PCMAG. <https://www.pcmag.com/news/the-history-of-computer-animated-music-videos>
- La Casa del Cine, & Grifeu, A. (2009). Seminario historia del videoclip. [http://www.agifreu.com/docencia/seminario\\_videoclip.pdf](http://www.agifreu.com/docencia/seminario_videoclip.pdf)
- Laura Lee Coles & Philippe Pasquier (2015) Digital eco-art: transformative possibilities, *Digital Creativity*, 26:1, 3-15, DOI: 10.1080/14626268.2015.998683
- M. Bailey, "Using GPU Shaders for Visualization, Part 3," in *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 33, no. 3, pp. 5-11, May-June 2013, doi: 10.1109/MCG.2013.49.
- MitzuTa (17 mayo de 2020) HOUDINI + POINT CLOUD SCAN #3 Particle Simulation PART 1. [Archivo de Vídeo]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=\\_FyX61fhXyU&ab\\_channel=MitzuTaHOU](https://www.youtube.com/watch?v=_FyX61fhXyU&ab_channel=MitzuTaHOU)
- Medley, C. (2020, 11 noviembre). *How We Turned This Music Video into a Full-On Tech Dream Using LiDAR, Point Clouds, and Unreal Engine*. No Film School. <https://nofilmschool.com/music-video-lidar-point-clouds-unreal-engine>
- Pastor, S., & Moyano, G. (2017). El uso de fotogrametría digital como registro complementario en arqueología. Alcances de la técnica y casos de aplicación. *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 21(2), 333–350. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v20.n2.18041>
- PÉREZ ORNIA, J.R.: El arte del vídeo. Ediciones Serbal/RTVE. Madrid: 1993.
- Pipilotti Rist (2001, 6 octubre). [Comentario en la página web «Mi obra intenta provocar experiencias físicas»]. El País. [https://elpais.com/diario/2001/10/06/babelia/1002323173\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2001/10/06/babelia/1002323173_850215.html)

- Ruben Fro. (2022). *RubenFro - About*. Ruben Fro.  
<https://rubenfro.com/about>
- Sedeño, A.M. (2002): «Música e imagen: aproximación a la historia del vídeo musical». *Área Abierta*, 3; 5.  
(<http://revistas.ucm.es/index.php/ARAB/article/view/5111>).
- Unity (2020) *High Definition Render Pipeline overview | High Definition RP | 10.3.2*. Unity-Manual.  
<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/index.html>
- Unreal Engine. *LiDAR Point Cloud Plugin Quick Start Guide*. (2020). Unreal Engine Documentation.  
<https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/WorkingWithContent/LidarPointCloudPlugin/LidarPointCloudPluginQuickstartGuide/>
- Wagner, C. (2007). *Refubium - Der Künstler Karl Wilhelm Diefenbach (1851 - 1913)*. REFUBIUM. <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/9350>
- YumaYanagisawa (2020, 12 noviembre). *Workshop on Unity VFX Graph - Point Cloud + 2D Texture Sampling* [Archivo de Vídeo]. YouTube.  
[https://www.youtube.com/watch?v=iqntF9NPqLw&ab\\_channel=YumaYanagisawa](https://www.youtube.com/watch?v=iqntF9NPqLw&ab_channel=YumaYanagisawa)
- Youngblood, G., & Fuller, R. B. (1970). *Expanded Cinema*. Dutton.

## 7. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1 CALENDARIO PROVISIONAL DEL PROYECTO	6
FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO	7
FIGURA 3 CRONOGRAMA DEL PROYECTO	8
FIGURA 4 QUEEN. BOHEMIAN RHAPSODY. VIDEO MUSICAL. (1975)	10
FIGURA 5 W.RUTTMAN. OPUS IV. FILME (1925)	10
FIGURA 6 O.FISCHINGER. AN OPTICAL POEM(1938)	10
FIGURA 7 MÁQUINA SCOPITONE.	11
FIGURA 8 NAM JUNE PAIK. PRIMERA CINTA DEL ARTISTA GRABADA CON UN PORTA-PACK. (1989)	11
FIGURA 9 B.VIOLA. REVERSE TELEVISION: PORTRAITS OF VIEWERS(1983). CINTA DE VIDEO.	11
FIGURA 10 IBM 2250 ESTACIÓN PARA COMPUTADORA (1973)	12
FIGURA 11 J.WITNEY.CATALOG (1961). VIDEO.	12
FIGURA 12 TRIZZ STUDIO. K/DA "VILLAIN" CONCEPT VIDEO.(2020)	13
FIGURA 13 ZAPATA. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN EL CAMPO DE LA TOPOGRAFÍA.	13
FIGURA 14 KARL WILHELM DIEFENBACH. EL BAILE DE LAS HADAS (1895). COLECCIÓN PRIVADA. ÓLEO SOBRE TELA. DIMENSIONES 136 X 96,5 CM	14
FIGURA 15 ABADÍA EN EL ROBLEDAL 1809. C.D. FRIEDRICH. OLEO SOBRE LIENZO. 110,4 X 171 CM. ANTIGUA GALERÍA NACIONAL DE BERLÍN, ALEMANIA.	15
FIGURA 16 LOS TIEMPOS DEL DÍA: LA MAÑANA DE C.D. FRIEDRICH. ÓLEO SOBRE LIENZO.	15
FIGURA 17 TURNER. INCENDIO DEL PARLAMENTO EL 16 DE OCTUBRE DE 1834, 1835. PHILADELPHIA MUSEUM OF ART	15
FIGURA 18 TURNER. ANÍBAL CRUZANDO LOS ALPES(1810-1812). ÓLEO SOBRE LIENZO. 144X 236 CM. TATE DE LONDRES, REINO UNIDO.	15
FIGURA 19 SINIGGAGLIA Y MASHMELLOW LASER FEAST. TREEHUGGER: WAWONA. EXPERIENCIA E INSTALACIÓN VR (2016).	15
FIGURA 20 MARSHMELLOW LASER FEAST, TREE HUGGER: WAWONA (2017)	16
FIGURA 21 R.FROSALI. DISTORTED CITYSCAPES. (2018) FOTOGRAFÍA DIGITAL.	16
FIGURA 22 ELLINGHAM Y FROSALI. MEMORIES OF TSUKIJI.(2018) INSTALACIÓN INTERACTIVA.	16
FIGURA 23 CAPTURA DE LA IMPORTACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS EN .OBJ A BLENDER.	20
FIGURA 24 CAPTURA DE UN EFECTO DE ATRACCIÓN EN LAS PARTÍCULAS A PARTIR DE UNA NUBE DE PUNTOS.	21
FIGURA 25 CAPTURA DE UNA ESCENOGRAFÍA MONTADA EN UNITY CON LAS NUBES DE PUNTOS COMO MALLA POLÍGONAL.	22
FIGURA 26 PRUEBA DE EFECTO VISUAL CON EL BLEND MODE ADDITIVE.	22
FIGURA 27 CAPTURA DE UNA ESCENA CON UNA PRUEBA DE ILUMINACIÓN	23
FIGURA 28 STORYBOARD DEL VIDEO MUSICAL DE TORMENTA	25
FIGURA 29 OPCIONES DEL INSPECTOR DE UNITY DEL PAQUETE PCX DE KEJIRO.	25
FIGURA 30 ESCENA MONTADA VISTA DESDE EL VIEWPORT DE UNITY	26
FIGURA 31 INTERFAZ DE VFX GRAPH	27

FIGURA 32 FOTOGRAMA DEL VIDEOCLIP MOSTRANDO UNO DE LOS VFX CREADOS	27
FIGURA 33 PROPIEDADES DEL COMPONENTE VOLUME EN EL INSPECTOR DE UNITY.	27
FIGURA 34 CAPTURA DE LA INTERFAZ CON EL PANEL DE ANIMATION.	28
FIGURA 35 COMPARACIÓN DEL MISMO FOTOGRAMA CON EDICIÓN DE COLOR A LA IZQUIERDA Y A LA DERECHA SIN LA EDICIÓN DE COLOR	29
FIGURA 36 COMPOSICIÓN DE LOS CRÉDITOS EN AFTER EFFECTS	29

## 8. ANEXOS

### **Anexo I Videoclip:**

Enlace a la plataforma de *Youtube*: <https://youtu.be/277Uj6R7e0g>

### **Anexo II Fotogramas del video**

Documento adjunto: Anexo\_II\_fotogramasVideoclip.pdf

### **Anexo III Pruebas de iluminación**

Documento adjunto Anexo\_III\_pruebas\_de\_iluminacion.pdf