

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Comunicación Audiovisual

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Creación de efectos visuales mediante  
la generación de gráficos procedurales,  
partículas y fluidos con Houdini de  
SideFx”**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autor/a:

**Tania Navarro Villena**

Tutor/a:

**David Pardo Gimilio**

**Nàdia Alonso López**

**GANDIA, 2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A ti, Fernando, por todo tu apoyo incondicional y ser mi fuente de inspiración en la vida, a mis tutores, por su acompañamiento, energía y por haber sido mi guía durante la redacción de mi TFG, a mis amigos por todo su ánimo y estar siempre a mi lado, a mis padres y a toda mi familia, por creer en mí durante toda mi etapa académica que hoy culmina y hacer posible que alcanzar mis sueños sea más sencillo, gracias a todos vosotros soy quien soy.*

## RESUMEN

En el mundo del cine, series, videojuegos e incluso publicidad, los efectos visuales (VFX) adquieren cada vez más relevancia en la narrativa y realismo de las historias.

Para lograr entender la importancia de los efectos visuales actualmente, será necesario adentrarse en el epicentro de sus inicios con Méliès, viajando por aquellas películas que marcaron un antes y un después en la historia de los VFX hasta llegar a la actualidad, donde predominan las imágenes generadas por ordenador o *CGI*.

Para la creación de estos efectos visuales, son muchos los programas utilizados, pero es Houdini de SideFx el que se ha convertido en el líder por excelencia en cuanto a la producción de gráficos procedurales, partículas y fluidos, siendo utilizado en cualquier sector audiovisual. Por ello, este TFG estudiará el gran potencial de dicho software a través de una comparativa entre distintos programas y la realización de dos proyectos representativos desarrollados con el propio Houdini mediante técnicas de generación de partículas procedurales y fluidos. De este modo, se demostrará de forma empírica las posibilidades que ofrece, además de la aplicación a ejemplos reales de las técnicas en VFX estudiadas, siguiendo una metodología para afrontar este tipo de trabajos de manera profesional.

**PALABRAS CLAVE:** Efectos visuales VFX; CGI; cine series videojuegos y publicidad; Houdini; partículas procedurales y fluidos.

## ABSTRACT

In the world of cinema, series, video games and advertising, visual effects (VFX) have an important role in the storytelling and realism of the stories.

Nowadays, to understand the importance of visual effects, it will be necessary to talk about the beginnings with Méliès, traveling through those films that marked a before and after in the history of the VFX until reaching the present day, where computer generated or CGI images predominate.

For the creation of these visual effects, there are many programs used, but Houdini by SideFx is absolutely the best in terms of the production of procedural graphics, particles and fluids, being used any audiovisual sector. So, this TFG will study the great potential of this software through a comparison between different programs and the practical perform of two representative projects developed with Houdini through techniques for generating procedural and fluid particles. In this way, the possibilities offered by this software will be proved, in addition to the application to real examples of the VFX techniques studied, following a methodology to generate this type of projects in a professional manner.

**KEYWORDS:** Visual effects VFX; CGI; cinema series video games advertising; Houdini; procedural particles and fluids.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN .....	5
1.2. OBJETIVOS .....	5
1.3. METODOLOGÍA .....	6
1.4. ESTRUCTURA .....	7
<b>2. LOS EFECTOS VISUALES: CONCEPTO Y EVOLUCIÓN</b> .....	<b>9</b>
2.1. EFECTOS VISUALES: DEFINICIÓN Y DIFERENCIAS RESPECTO A EFECTOS ESPECIALES.....	9
2.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS EFECTOS VISUALES.....	11
<b>3. PIPELINE O FLUJO DE TRABAJO EN LOS EFECTOS VISUALES</b> .....	<b>16</b>
3.1. VFX EN LA PREPRODUCCIÓN.....	17
3.2. VFX EN LA PRODUCCIÓN .....	17
3.3. VFX EN LA POSTPRODUCCIÓN .....	18
<b>4. SOFTWARE PARA LA GENERACIÓN DE EFECTOS VISUALES</b> .....	<b>20</b>
4.1. EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES SOFTWARES.....	21
4.2. JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN DE HOUDINI .....	28
<b>5. DESARROLLO DE DOS PROYECTOS REPRESENTATIVOS DE EFECTOS VISUALES CON HOUDINI</b> .....	<b>29</b>
5.1. PROYECTO 1: ESCENA 3D DE UN OCEANO PROCEDURAL.....	30
5.1.1. OBJETIVOS.....	30
5.1.2. METODOLOGÍA.....	30
5.1.3. DESARROLLO .....	31
5.1.4. RENDER FINAL .....	35
5.2. PROYECTO 2: ESCENA 3D DE UN FLUIDO PROCEDURAL PARA PUBLICIDAD.....	36
5.2.1. OBJETIVOS.....	36
5.2.2. METODOLOGÍA.....	36
5.2.3. DESARROLLO .....	37
5.2.4. RENDER FINAL .....	41
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>42</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>44</b>
FILMOGRAFÍA.....	48
TABLAS Y FIGURAS.....	50
ANEXOS.....	50

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. JUSTIFICACIÓN

La generación de efectos especiales y visuales en el mundo audiovisual actual cada vez está más presente. Por ello, los artistas que se encargan de su creación tienen que estar en continuo aprendizaje, conocer nuevas metodologías, saber interaccionar con otros profesionales o estar pendientes de las últimas actualizaciones y mejoras de los distintos programas requeridos por las productoras a nivel mundial, ya que éstas buscan acercarse cada vez más al realismo y la espectacularidad en los efectos.

Por esta razón, como futura artista de efectos visuales, es una gran oportunidad conocer y comparar los distintos programas que existen en la industria de los efectos y estudiar por qué Houdini de SideFx es el software por excelencia en la producción de VFX procedurales. La realización de dos proyectos que ejemplifican la labor de un artista de efectos visuales me permitirá recoger este conocimiento de forma empírica y aumentar mis capacidades técnicas en estas herramientas para conseguir los tan buscados resultados realistas, además de involucrarme en un entorno profesional donde consultar y establecer contactos en este campo.

Además, analizar primeramente los inicios de los VFX me ayudará a entender los conceptos básicos sobre los efectos digitales y su evolución como complemento fundamental para incrementar mi formación académica en el medio audiovisual y asentar unas bases sólidas sobre las que realizar mis proyectos de VFX.

## 1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo del trabajo es desarrollar dos proyectos con los que demostrar de forma empírica el potencial del software Houdini de SideFx, así como su versatilidad a la hora de crear efectos visuales procedurales para cine, series, videojuegos y publicidad. Además, seguir un flujo de trabajo que permita llevarlos a cabo de la forma más profesional y eficiente posible y con un acabado realista, es otro de los propósitos más importantes de este trabajo.

Partiendo de estas dos ideas fundamentales, se persiguen varios objetivos secundarios. Por una parte, un primer objetivo secundario sería realizar un análisis de la evolución de los efectos visuales, desde sus orígenes hasta la actualidad, con el fin de comprender las bases y técnicas de la industria. A su vez, como un segundo objetivo secundario, entender y conceptualizar la diferencia entre efectos especiales y visuales, que tanta confusión genera a día de hoy. Por otra parte, como otro objetivo secundario, se busca identificar los procesos y departamentos de VFX que intervienen en las tres fases principales de una producción audiovisual, en la preproducción, producción y principalmente en la postproducción, y tener así una visión más precisa del flujo de trabajo profesional de un proyecto de estas características. Además, se quiere estudiar

y clasificar el software utilizado en el mercado para elaboración de efectos visuales y compararlo con Houdini, lo que permitirá recalcar todo aquello por lo que este programa ha significado una revolución para la industria de los VFX. Otro objetivo secundario es entender la lógica de Houdini, su interfaz, elementos, forma de trabajo y potencial que me permitan adquirir unas habilidades y competencias para mi futuro profesional y desarrollar con éxito los proyectos de este trabajo. Por último, conocer y aprender de otros profesionales del ámbito de los VFX con los que en el futuro compartir una red de conocimientos será también un objetivo a perseguir.

### **1.3. METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo este trabajo se han seguido varias metodologías. Se ha consultado material de distinto carácter, siguiendo una metodología analítico-descriptiva, y abarcando desde libros y documentales hasta revistas, artículos, manuales de usuario y opiniones de profesionales del sector. Primeramente, se ha recopilado información de otros proyectos de investigación, así como otros trabajos académicos sobre la materia, acerca de la evolución de los efectos especiales. Dichos trabajos han permitido determinar los orígenes de los efectos especiales y visuales hasta la llegada de las imágenes generadas por ordenador o CGI, y que junto a webs, foros y cursos especializados se ha recogido la información del flujo de trabajo general de la realización de los VFX en las fases de una producción audiovisual. Una vez seleccionada la información necesaria, se ha ampliado mediante el análisis de diversos libros, revistas especializadas acerca de los efectos visuales, así como el visionado de películas y documentales al respecto.

Respecto a la elección del software Houdini de SideFx frente a otros programas de similares características, se ha realizado un estudio minucioso de los diversos softwares a través de páginas web, manuales de usuario, foros y revistas. Paralelamente, siguiendo una metodología cuantitativa, se ha elaborado un breve cuestionario que permite valorar de forma objetiva la importancia y el predominio de distintos programas en la industria audiovisual para determinar cuál es la herramienta más adecuada para desarrollar los dos proyectos más adelante. Con esta finalidad, el cuestionario se ha enviado a varios profesionales del sector, permitiendo a su vez, tejer una red de contactos con dichos profesionales. El cuestionario presenta principalmente dos preguntas con sus posibles respuestas, tal y como se expone en la Tabla 1.

Tabla 1: Preguntas y posibles respuestas del cuestionario realizado. Fuente y elaboración propias.

PREGUNTAS	POSIBLES RESPUESTAS
¿QUÉ SOFTWARE CONOCES PARA LA GENERACIÓN DE VFX?	Maya
	Cinema 4D
	Blender
	Houdini
	After Effects
	Otros
SI SOLO PUDIESES USAR UN PROGRAMA PARA GENERAR EFECTOS VISUALES DE PARTÍCULAS (FUEGO, AGUA, ETC.), ¿CUÁL USARÍAS?	Blender
	Houdini
	Maya
	Cinema 4D
	After Effects

Finalmente, se han llevado a cabo metódicamente los dos proyectos de distinto tipo. El primero de ellos, una simulación oceánica y de fluidos que podría emplearse en cualquier obra audiovisual cinematográfica y, por otra parte, el segundo proyecto, un render de producto para el ámbito publicitario de un fluido lácteo interactuando con unos cereales. La realización se ha seguido mediante el software elegido, teniendo en cuenta el flujo de trabajo de los efectos visuales en las etapas de preproducción, producción y postproducción y desarrollando las tareas necesarias y correspondientes de los departamentos de VFX que intervendrían en cada proyecto, buscando en todo momento un resultado realista y profesional.

#### 1.4. ESTRUCTURA

El presente Trabajo Final de Grado se ha dividido en un total de siete capítulos, siendo el primero donde se plantean todos aquellos objetivos principales y secundarios que se quieren alcanzar y la metodología empleada.

Tras el capítulo introductorio, se abre el apartado “Los efectos visuales: concepto y evolución”. En él se dan los primeros pasos hacia una investigación teórica que sentará las bases y conocimientos acerca de los efectos especiales y visuales. Esto permitirá entender la principal diferencia entre estos dos términos, cuál ha sido su recorrido y cómo han cambiado a lo largo de la historia.

Conociendo ya su origen, el capítulo “*Pipeline* o flujo de trabajo en los efectos visuales” expone cómo se trabaja actualmente en la industria de los VFX, abarcando cada una de las tres fases de una producción por separado y definiendo claramente la función de cada uno de los departamentos existentes.

El cuarto epígrafe de este trabajo, “Software para la generación de efectos visuales”, evalúa los principales programas utilizados a día de hoy para la creación de los efectos, por medio de una búsqueda de información y las opiniones de primera mano

de profesionales del sector. Esto permitirá justificar la elección de Houdini para realizar los proyectos expuestos en el capítulo siguiente.

Tal y como se ha mencionado, el quinto apartado “Desarrollo de dos proyectos representativos de efectos visuales con Houdini”, recoge una memoria detallada de ambos proyectos, como bien indica su título. Cada uno de ellos cuenta con su propio apartado y un objetivo y enfoque distinto, mostrando el potencial y la versatilidad de Houdini siendo capaz de obtener grandes resultados, independientemente del ámbito en el que se desenvuelva.

Por último, antes del capítulo reservado a la bibliografía, en el capítulo “Conclusiones” se evalúa la consecución de los objetivos, así como las dificultades encontradas y qué medidas se han tomado para solventarlas.

Tras la bibliografía, se incluye una filmografía con todas las películas y series mencionadas a lo largo de la redacción de los distintos capítulos.

## 2. LOS EFECTOS VISUALES: CONCEPTO Y EVOLUCIÓN

Desde los orígenes del cine, los cineastas han invertido en recursos y han inventado técnicas que les permitieran engañar al espectador y trasladarlo a un mundo creado por ellos mismos, traspasando incluso las barreras de la realidad. Actualmente, la mayoría de producciones audiovisuales recurren a los efectos visuales, pero hubo una época en la que simular algo inexistente requería de una fabricación física o una recreación mediante trucos o técnicas. Por ello, para hablar de los efectos visuales, antes es conveniente explicar qué se sabe sobre ellos, sus diferencias en relación a los efectos especiales, y realizar una visión en retrospectiva desde los primeros pasos que estos efectos dieron en la gran pantalla, de la mano de grandes cineastas y pioneros como George Méliès, hasta llegar a los actuales VFX, que imperan a día de hoy en la industria.

### 2.1. EFECTOS VISUALES: DEFINICIÓN Y DIFERENCIAS RESPECTO A EFECTOS ESPECIALES

Los efectos especiales son, como apunta Hamilton (1999, citado por Armenteros [et al.], 2015), «el arte de convertir lo imposible en una fantástica realidad», y desde el inicio del cine han creado un mundo imaginario a través de decorados o cambios de perspectiva. Éstos han ido evolucionando a lo largo de la historia hasta llegar a lo que conocemos hoy en día como efectos visuales o digitales.

Actualmente, es habitual confundir ambos términos, tanto dentro como fuera del ámbito audiovisual. Tanto en revistas como en programas de radio, televisión y reportajes, puede encontrarse cómo se utilizan ambos términos de forma ambigua. Por ello, es necesario plantear qué es exactamente lo que se conoce como efectos especiales y, a su vez, por efectos digitales o visuales.

Por un lado, se encuentran los efectos especiales (FX) o también conocidos como efectos prácticos o físicos. Son aquellos que se caracterizan por ser efectos mecánicos que se realizan y son grabados en el mismo set de rodaje. Sin embargo, pueden ser retocados posteriormente con programas informáticos.

Los efectos especiales que pueden encontrarse tanto en cine como en televisión son aquellos como el maquillaje tradicional y caracterización, a través de materiales como el látex, la silicona, espuma u otros materiales que permiten dar vida a criaturas, monstruos o, incluso, modificar los rasgos faciales de una persona (nariz, orejas, cuernos, colmillos, cicatrices, etc.).

También se considera FX el uso de *animatronics*, creaciones a escala muy realista de personajes que se mueven mediante sistemas mecánicos o electrónicos. Este tipo de efecto ha sido utilizado en producciones tales como *Tiburón* (Spielberg, 1975) o *Parque Jurásico* (Spielberg, 1993), entre otras. A pesar de que actualmente los efectos de

pirotecnia, destrucción, agua, fuego, construcción de decorados o *props*<sup>1</sup> como naves, trenes o aviones se estén realizando cada vez más de forma digital, se siguen encontrando películas en las que se prefiere el uso de estos efectos en escena que generarlos digitalmente. Estos últimos efectos físicos pueden encontrarse en *films* como *Origen* (Nolan, 2010), en el tren que se construyó especialmente para la cinta; *Lo imposible* (Bayona, 2012), película en la que se crearon olas reales para originar un tsunami; o *Mad Max: Furia en la carretera* (Miller, 2015), donde se destruyó un gran número de vehículos durante el rodaje.

Por otro lado, los efectos que en la actualidad están más presentes, tanto en películas como en series y en gran parte del contenido audiovisual son conocidos como efectos visuales o digitales (VFX). Estos efectos son los que manipulan, componen o crean las imágenes mediante técnicas digitales, con el principal objetivo de construir decorados y ambientes que resultarían peligrosos, costosos o meramente imposibles de filmar. Con el paso del tiempo y el avance de la tecnología cada vez se tienen más recursos, por lo que se exige en las producciones un mayor grado de realismo que permita introducir al espectador de lleno en la película. Y es que, como afirma el artista de VFX Gallego (2020) «que el espectador se olvide de que está viendo una escena de *visual effects* suele ser sinónimo de un trabajo bien ejecutado».

Del mismo modo que ocurre con los efectos especiales, en los efectos digitales también existen diversas técnicas que se han ido desarrollando y mejorando a lo largo de los años y a su vez, se siguen estudiando nuevas. Entre las distintas técnicas existentes, se destaca como principales características de los VFX, la acción de transformar una persona u objeto real en otra persona u objeto. Este proceso se conoce como *morphing*, y puede verse en cintas como *Un hombre lobo americano en Londres* (Landis, 1981), *Willow* (Howard, 1988), o en la saga *Crepúsculo* (Hardwicke, 2008-2011), donde los hombres se transforman en lobos. Otra de las técnicas que caracterizan este tipo de efectos es la captura de movimiento o *motion capture* que consiste en realizar un calco de la expresión y movimiento de las acciones de los actores humanos, quienes visten un traje especial que permite que su movimiento se traslade a un ordenador para así animar modelos digitales de personajes 3D. En opinión de Starkey (2007, citado por Vegas, 2008), productor de *Beowulf*, «una de las ventajas que proporciona la captación del movimiento es que se presta menos atención a la tecnología y más atención a los actores» (p. 55). Este método puede verse en multitud de películas, algunas de ellas son *Polar Express* (Zemeckis, 2004), *El señor de los anillos* (Jackson, 2001-2003), *Avatar* (Cameron, 2009), entre muchas más. Y, por último, la técnica *Full CG*, que consiste en generar imágenes íntegramente a través de un ordenador (CGI), y son el caso de producciones audiovisuales hechas completamente en 3D o la combinación entre el 3D y escenarios creados en 2D, también conocidos como *matte paintings*. Películas como *Toy Story* (Lasseter, 1995), *Beowulf* (Zemeckis, 2007), *Avatar* (2009), o incluso series

---

<sup>1</sup> Cualquier elemento u objeto que forma parte del escenario en producciones cinematográficas, teatrales o incluso en videojuegos.

como *Juego de Tronos* (Benioff, Weiss, Strauss, Doelger, Caulfield, Martin, 2011-2019), *The Witcher* (Daniel, Brown, Bagiński, Sawko, Schmidt, Sakharov, 2019-presente), y *The Mandalorian* (Favreau, Filoni, Kennedy, Wilson, 2019-presente) entre otros ejemplos audiovisuales, hacen uso de esta técnica, junto a las mencionadas anteriormente.

Por lo tanto, a pesar de que tanto los efectos especiales como los visuales comparten una misma naturaleza, se denota claramente la identidad propia de cada uno de estos conceptos, haciendo que sean áreas de trabajo muy distintas. Es necesario entender bien esta diferencia, pues a medida que se avance en la lectura de este trabajo, serán los VFX los principales objetos de estudio del mismo.

## 2.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS EFECTOS VISUALES

Los efectos especiales comenzaron tan pronto como comenzó el cine, pues ¿qué sería del cine actual de no ser por las personas que antaño fueron valiosos pilares en esta industria?

A finales del siglo XIX, los Hermanos Lumière inventaron la primera máquina capaz de filmar y proyectar imágenes en movimiento, conocida como “cinematógrafo”. Todas las pequeñas producciones que se habían llevado a cabo hasta la fecha, como *La salida de la fábrica Lumière en Lyon* (Lumière, 1895) o *La llegada de un tren a la estación de La Ciotat* (Lumière, 1895), habían sido de carácter documental. Sin embargo, fue con Alice Guy haciendo uso de esta nueva herramienta, cuando se exploraron por primera vez producciones de ficción con un hilo narrativo. Por esta razón y la utilización de las diferentes técnicas como la doble exposición del negativo<sup>2</sup>, ha llegado a ser considerada una de las pioneras de los efectos especiales, pero por la sociedad de la época, no ha sido reconocida en el cine hasta hoy en día.

Pero para hablar de pioneros es necesario hablar del padre de los efectos especiales, pues «a comienzos del siglo XX, mucho antes de *La guerra de las galaxias*, Méliès fue el primero en enviar hombres al espacio. Dio la espalda a la realidad e inventó un mundo artificial, un reino de fantasía.» (Mény, 1997, min. 01:19)

George Méliès empieza a filmar sus primeras películas de paisajes y números de magia y, como otros cineastas del momento, buscaba impresionar al público. Por esta razón, se dedicó a rodar películas fantásticas. Pero sería el azar el que lo llevaría a introducirse de lleno en la creación de los efectos especiales, cuando un día de 1897, descubrió por casualidad el truco que sería la base de su técnica. El cineasta se encontraba en la Plaza de la Ópera de París filmando con su cámara cuando ésta se quedó bloqueada. Estuvo un minuto intentando desatascarla y luego continuó la grabación. Al revelar la cinta y proyectarla, observó que al llegar al punto donde se había atascado, un carro con caballos se había convertido en un carruaje fúnebre y que los

---

<sup>2</sup> Proceso por el cual se hace pasar varias veces la misma película por la cámara para superponer las tomas, es decir, la película ya expuesta se rebobina antes de realizar la toma siguiente.

hombres se habían convertido en mujeres. Había encontrado el truco de sustitución, el truco de la parada, el *stop-trick*. A partir de este descubrimiento, Méliès realizó toda clase de efectos de desaparición y transformación. El primer *film* en el que se puede observar esto fue en *Escamoteo de una dama* (Méliès, 1896), considerada la primera película de efectos especiales.

Méliès cortaba las películas y las empalmaba en el momento exacto donde había detenido y reanudado la filmación. Para que el truco pasase desapercibido y fuese creíble, debía ser lo más preciso posible. Este proceso sería el origen de lo que hoy en día recibe el nombre de trucaje.

Otra de las técnicas en las que indaga Méliès, fue la ya mencionada doble exposición, mediante la que creaba fundidos para cambiar así el decorado y hacer aparecer o desaparecer poco a poco a los personajes. Además, hizo uso de métodos como la sobreimpresión<sup>3</sup>, técnica antecedente del *chroma key*, y de ésta proviene uno de sus mayores éxitos, *El hombre orquesta* (Méliès, 1900). En esta producción, Méliès mostraba cómo un mismo personaje aparece progresivamente sobre un mismo escenario siete veces de forma simultánea. Aunque con *El melómano* (Méliès, 1903), efectuó más de 30 paradas de cámara con el fin de conseguir que su propia cabeza se separase de su cuerpo y se colocase sobre un pentagrama.

Muchas fueron las películas que George Méliès filmó, pero realmente la que marcó un hito en la historia del cine y en los efectos especiales, considerada un modelo a seguir para todos los cineastas, fue *El viaje a la luna* (Méliès, 1902). Se trata de una cinta fantástica repleta de escenas con extraordinarios efectos especiales para su época, pues «históricamente se trata de la primera narración de un viaje fantástico contado de forma coherente para el público de la época.» (Mény, 1997, min. 95:09)

A partir de esta obra, tanto cineastas del momento como sus descendientes se animaron a investigar nuevas técnicas.

El español Segundo de Chomón también fue considerado pionero de los efectos especiales, ya que profundizó en un novedoso método que puede verse en sus películas *El hotel eléctrico* (Segundo de Chomón, 1905) y *La casa encantada* (Segundo de Chomón, 1908), y con el que se han producido muchísimos *filmes* a día de hoy, el *stop-motion*. Dicha técnica, que consiste en la animación de objetos fijos mediante una rápida sucesión de imágenes, sería perfeccionada años más tarde con la llegada de películas como *King-Kong* (Cooper y Schoedsack, 1933) de la mano de Willis O'Brien o con *Jasón y los argonautas* (Chaffey, 1963) de Ray Harryhausen.

Antes de la llegada de los primeros ordenadores y de los avances tecnológicos, *Metrópolis* (Lang, 1927), logró mostrar una gigantesca ciudad futurista ambientada en

---

<sup>3</sup> Esta técnica consistía en grabar una primera toma dónde se observaba un fondo negro y, del mismo modo que se hacía en la doble exposición, se rebobinaba la cinta, para esta vez grabar sobre ella a un nuevo personaje sobre este fondo negro. De este modo el negro de la tela queda sustituido por el personaje.

el año 2026. Para enfatizar todavía más el increíble tamaño de la ciudad, se modificó el tamaño de los actores mediante el uso de espejos y se usaron maquetas a escala.

Años más tarde, se haría uso por primera vez del *chroma key* con *El ladrón de Bagdad* (Berger, Korda, Powell, Whelan, Menzies, 1940), situando al protagonista sobre un fondo azul que se sustituirá posteriormente. La era digital comenzaba a dar sus primeros pasos.

Con los títulos iniciales creados por Saul Bass para la película *Vértigo* (Hitchcock, 1958) se consiguió la primera animación hecha por ordenador, método que se siguió explorando y variando en producciones como *Catalog* (Whitney, 1961), *Computer bullet* (1965), *Stickman* (1967) o *Kitty* (1968), siendo esta última considerada la primera animación de un personaje realista, en este caso, un gato. A partir de estas breves e importantes obras visuales, directores de cine como Kubrick con *2001: Una odisea en el espacio* (Kubrick, 1968) consiguieron revolucionar la historia de los efectos especiales y visuales. Nunca antes se habían contemplado tales efectos: naves únicas, sets capaces de rotar y cámaras creadas únicamente para filmar determinadas secuencias. Años más tarde, Ed Catmull, ingeniero informático y co-fundador de Pixar, generaría en 1972, mediante computadora, la primera mano en 3D de la historia, partiendo de la filmación de su mano, dibujada con todos los polígonos necesarios para posteriormente digitalizarlos. A su vez, aplicó técnicas que actualmente siguen siendo utilizadas: el antialias<sup>4</sup> y el suavizado de superficies<sup>5</sup>. Pero no sería hasta 1973 con *Almas de metal* (Crichton, 1973) cuando se introduciría por primera vez el uso de CGI en un largometraje. Su objetivo era mostrar la visión del robot a través de imágenes pixeladas.

Ante estos avances tecnológicos, George Lucas vio una magnífica oportunidad para integrar estos efectos con los tradicionales (*matte painting*, maquetas a escala, etc.) en su película *La guerra de las galaxias* (Lucas, 1977). Lucas, quiso combinarlos de tal forma que pasaran desapercibidos, pero llegando a poseer un gran peso narrativo. Ed Catmull, aplicando los mismos procesos que utilizó para su mano tridimensional, produjo maquetas 3D para este *film* que simulaban la estrategia que seguirían los rebeldes para atacar la Estrella de la Muerte. *La guerra de las galaxias* llevó la integración del CGI un paso más allá, demostrando que a través de los VFX pueden narrarse historias, consolidándose como todo un hito en la historia de los efectos especiales y visuales.

A pesar de las experimentaciones que se estaban realizando con los efectos digitales, no sería hasta los años 80 cuando realmente se produciría una revolución. En 1982 se presenta *Tron* (Lisberger, 1982) la primera película en contener secuencias enteras donde se integraban las imágenes generadas por ordenador, sumando un total de 15 minutos. Tal y como apunta del Moral (2007) «se puede decir que es el inicio de la entrada de la informática tridimensional en el mundo del celuloide» (p. 39). Esta cinta

---

<sup>4</sup> Filtro desarrollado por Ed Catmull que suaviza los bordes de un modelo 3D.

<sup>5</sup> Similar al antialias, pero este suavizado se aplicaba a las superficies, también desarrollado por Ed Catmull.

motivaría al resto de cineastas a llevar a cabo producciones que jamás se hubiesen imaginado. Tan solo unos años después, con *El secreto de la pirámide* (Levinson, 1985), se consigue la primera película con un personaje fotorrealista completamente digital, concretamente, el caballero que salta de la vidriera hacia el párroco. Un año más tarde llegaría el primer cortometraje en 3D de la mano de Catmull y Lasseter *Las aventuras de André y Wally B.* (Smith, 1984), que fue el primero en hacer uso de formas más orgánicas, el efecto *blur* y en introducir un esqueleto animable. En 1989 ya se empieza a ensayar con la simulación de fluidos, en *Abyss* (Cameron, 1989) y, posteriormente, con el personaje T-1000 en *Terminator 2: El juicio final* (Cameron, 1991).

El cineasta Steven Spielberg también quiso participar y hacer uso tanto de los efectos especiales como de los visuales. Con *Parque Jurásico* (Spielberg, 1993) creó dinosaurios realistas mediante computadora y con el uso de *animatronics*, como es el caso del T-Rex. Asimismo, en este *film* se introdujeron las texturas fotorrealistas y se desplegaron las mallas de los modelos 3D para aplicárselas. Actualmente, películas como ésta siguen impresionando al público y, como apuntan muchos expertos de este sector audiovisual, que a día de hoy se siga consiguiendo impactar de tal forma «es una demostración de un trabajo bien realizado» (Xatakstv, 2016, min. 3:22). Esto puede verse también en *Toy Story* (Lasseter, 1995), el primer largometraje de la historia del cine creado íntegramente por ordenador.

Cerrando el siglo XX, *Matrix* (hermanas Wachowski, 1999) fue la primera película en incorporar la técnica *bullet time*<sup>6</sup> o *freeze time*, métodos que permiten hacer escenas más rápidas o lentas a lo originalmente filmado, o simplemente congelarlas.

Con la llegada de los 2000, nuevos e importantes descubrimientos tecnológicos harían que las siguientes películas fuesen las pioneras de la mayoría de *films* actuales. La trilogía de *El señor de los Anillos* (Jackson, 2001-2003) sería la primera en introducir la técnica conocida como *massive*, simulación gráfica de multitudes, y el *motion capture*. Además, es en *El señor de los anillos* cuando se empieza a utilizar el *HDRI*<sup>7</sup>, que permite integrar de mejor forma la iluminación del elemento 3D con el escenario real. Casi una década después, el cineasta James Cameron, perfeccionaría las técnicas anteriores en *Avatar* (Cameron, 2009), consiguiendo que tanto los movimientos como las expresiones de los actores llegasen a ser más reales. Cabe destacar que esta película llegó a convertirse en la más taquillera de todos los tiempos debido a la espectacularidad y complejidad de sus efectos visuales, creando todo un mundo nuevo completamente digital que predominaría durante más de la mitad del *film*.

Con todas las técnicas desarrolladas y las continuas mejoras en la tecnología de digitalización, los grandes estudios han conseguido generar réplicas exactas en 3D de algunos actores. Gracias a ello, los dobles que llevan a cabo las escenas de riesgo pueden

---

<sup>6</sup> Consiste en fijar una batería de cámaras situadas en diferentes perspectivas y sincronizadas, generando un entorno en 3D para dar la sensación de ralentización.

<sup>7</sup> Imagen panorámica que abarca todos los ángulos para iluminar una escena 3D.

obtener el rostro del actor original, e incluso se ha conseguido rejuvenecer a actores, como es el caso de Johnny Depp en *Piratas del Caribe: La venganza de Salazar* (Rønning y Sandberg, 2017) o Samuel L. Jackson en *Capitana Marvel* (Boden y Fleck, 2019). Del mismo modo, se ha conseguido que actores como Paul Walker o Peter Cushing, tras haber fallecido, volvieran a la gran pantalla en *Fast & Furious 7* (Wan, 2015) y *Rogue One: Una historia de Star Wars* (Edwards, 2016), respectivamente. En estos casos, la actuación de los modelos 3D no llegó convencer a los espectadores, esto se debía a que los actores no habían sido escaneados previamente. Por esta razón, las grandes productoras de Hollywood pretenden escanear en 3D a todos los actores principales de las sagas, por si ocurriese un desenlace adverso. Lo que propone Hendler, director en Digital Domain, es escanear a los actores, para que una vez fallecidos, pudieran continuar actuando si fuese necesario, y «seguir ganando dinero para sus descendientes, o mantener su legado» (Pascual, 2018). Por lo tanto, puede que dentro de unos años no se distinga entre el actor real y su réplica 3D, debido a las grandes posibilidades que ofrece la digitalización.

Actualmente, la era digital se ha instaurado completamente en nuestras vidas. La gran mayoría de películas contiene algún tipo de efecto visual, pero absolutamente todas las producciones actuales se editan digitalmente en el proceso de postproducción. Sin duda, el mundo de los efectos visuales es apasionante y cada vez más necesario. El cine se ha convertido en el arte que avanza de la mano de la tecnología. Pero el ingenio ha estado ahí siempre, desde sus inicios, desde Méliès, buscando siempre nuevas formas de sorprendernos con efectos cada vez más novedosos y realistas. Los efectos digitales ya forman parte de nuestro día a día. Los vemos en películas, series, videojuegos e incluso publicidad. Se aplican en cualquier tipo de producto audiovisual, algo razonable ya que permiten crear cosas que serían totalmente imposibles de llevar a cabo en la realidad, de transportarte a mundos inimaginables. Y ahí no terminan sus ventajas, pues permiten abaratar presupuestos y evitan traslados a localizaciones extremas, por no hablar de las infinitas posibilidades de creación que ofrecen las novedosas técnicas procedurales que se encuentran actualmente en auge, aunque esto será explicado más adelante. Con todo lo anterior, todavía falta saber cómo se trabajan estos efectos en la industria audiovisual actual, lo que procede a explicarse en el siguiente capítulo.

### 3. PIPELINE O FLUJO DE TRABAJO EN LOS EFECTOS VISUALES

La elaboración de cualquier obra audiovisual requiere una coordinación entre los diferentes departamentos, desde que nace la idea hasta que es plasmada a los espectadores a través de las pantallas de cine o televisión. Es por esta razón que, para la generación de efectos visuales de una producción, tanto en películas como en series, es fundamental que exista esa sintonía y cohesión entre todos los departamentos implicados en ello, para conseguir agilizar el trabajo. A pesar de que cada estudio o productora presente un *pipeline* o flujo de trabajo sutilmente diferente, las bases de todos ellos son comunes.

El *pipeline* o flujo de trabajo es, por lo tanto, el conjunto de procesos que se deben realizar desde el inicio hasta la finalización de un proyecto. Concretamente, para los efectos visuales de una película, los artistas de VFX están presentes en las tres etapas del desarrollo de la cinta: preproducción, producción y postproducción. Aunque el trabajo de éstos posea un peso mayor en la etapa de postproducción, no significa que las dos fases anteriores sean de menor importancia, puesto que existen diversos componentes que son comunes en varias de ellas. En la Figura 1 se muestra un ejemplo del flujo de trabajo de los VFX que se lleva normalmente a cabo durante la producción de una película.

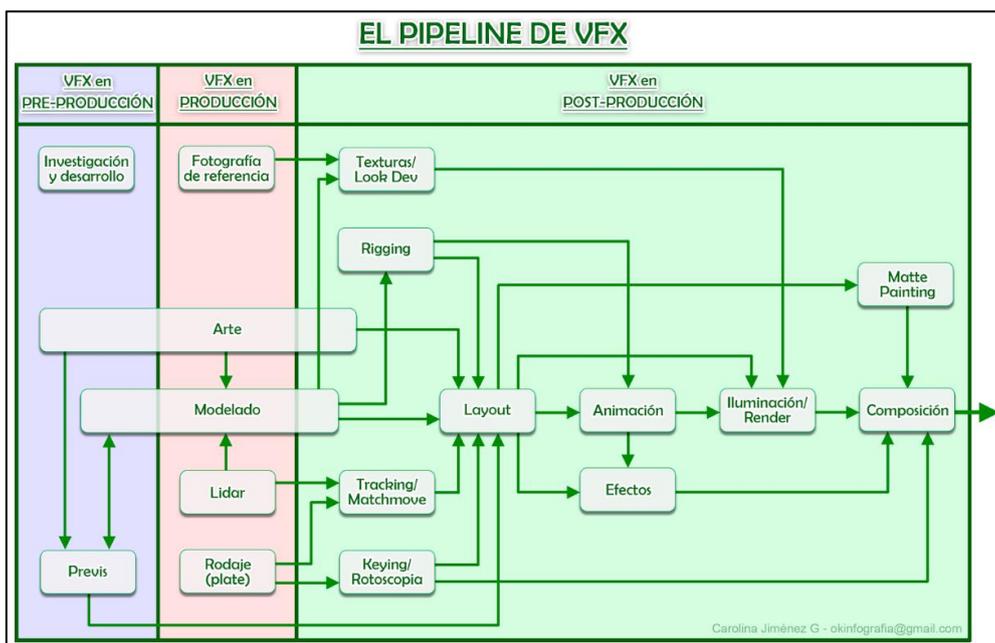


Figura 1: El pipeline de VFX. Fuente: Jiménez, 2018

### 3.1. VFX EN LA PREPRODUCCIÓN

La fase de preproducción es una fase esencial y necesaria para que los demás artistas de VFX puedan realizar su trabajo de la forma más eficiente. Es importante supervisar tanto los preparativos como el rodaje en sí mismo para así poder ahorrarse mucho trabajo, errores y problemas en el futuro. De esta forma, los departamentos de la preproducción que más influyen en las siguientes fases son los siguientes.

El departamento de *storyboard* es aquel se encarga de traducir las ideas expresadas por el director de la película en material gráfico o visual, mediante viñetas estáticas. Estos dibujos permiten dar una idea base a los artistas de efectos visuales de los primeros encuadres, de la cantidad de escenas necesarias, de los elementos esenciales en el set y de la duración, ritmo y *timing* de las diferentes escenas que conforman el *film*.

La puesta en común de toda la información sobre la película y la recopilación de toda la tecnología necesaria está en manos del departamento de investigación y desarrollo. En el caso de que no exista dicha tecnología, ésta suele crearse desde cero. Por esta razón, son los responsables de que los espectadores vean secuencias únicas.

El departamento de arte está formado por artistas gráficos que se encargan de diseñar tanto personajes como armas, escenarios, edificios e incluso la paleta de luces y colores para la película. Por lo tanto, son artistas que otorgan, en muchos casos, el aspecto final de la cinta y el resto de artistas trabajan en base a ese criterio, con el fin de mantener la misma línea visual y hacer que la película funcione como un conjunto.

Por último, se realiza una versión animada en 3D del *storyboard* en el departamento de previsualización o *previs*, que está formado por artistas 3D generalistas. Esta primera previsualización es de baja calidad, con una iluminación y texturas simples, con el fin de que sea muy rápido y fácil de producir y de consultar con los demás artistas. Esto permite saber cuánto podría durar el *film* y sus etapas. Se trata de una base realmente útil sobre la que trabajar y, junto al *storyboard*, es la principal fuente de referencia visual.

### 3.2. VFX EN LA PRODUCCIÓN

Como se ha comentado anteriormente, a la hora de elaborar efectos visuales no es solamente esencial la fase de postproducción, sino también las dos etapas anteriores. Durante la fase de producción es muy importante que el supervisor de VFX esté presente en el set de rodaje para cerciorarse de que los *chroma key* estén bien iluminados, que las marcas de *tracking*<sup>8</sup> estén en la posición correcta, que la fotografía de referencia esté bien capturada, etc. La fotografía de referencia es esencial en cualquier rodaje, ya que,

---

<sup>8</sup> Marcas generadas en el escenario de grabación que facilitarán la detección del movimiento de la cámara y que serán eliminadas posteriormente en la fase de postproducción.

una vez finalizada la grabación, los sets son destruidos. Por lo tanto, los departamentos posteriores únicamente poseen las imágenes que se grabaron y, si tienen cualquier duda, esa será su única herramienta de consulta. Por lo tanto, esto permitirá que el resto de departamentos y el personal de VFX realice de forma eficiente su trabajo y haya el mínimo número de inconvenientes.

Durante el proceso de producción, el departamento de modelado comienza a trabajar desarrollando modelos 3D, tanto orgánicos (personajes, monstruos, animales, etc.) como inorgánicos (armas, vehículos, edificios, etc.). Estos artistas también son los encargados de crear lo que se conoce como *digital double* o doble digital. Como su nombre indica, es un doble digital de un actor.

### 3.3. VFX EN LA POSTPRODUCCIÓN

Una vez finalizado el rodaje de la película, empieza el proceso de postproducción, fase en la que el *pipeline* de los VFX tiene más peso. Durante esta etapa se encuentran diversos departamentos que trabajan conjuntamente.

Estando ya todos los modelos terminados, hay un departamento que entra en juego antes de que los animadores puedan hacer su trabajo: el departamento de *rig*. Estos artistas son conocidos como *riggers* y son los encargados de proporcionar a la malla de los personajes 3D un esqueleto articulado. Este esqueleto es el responsable de que los animadores puedan dar vida a los personajes digitales. Aunque en algunos casos, también realizan un *rig* a modelos inorgánicos. Por lo tanto, una vez generados los *rigs* necesarios, el departamento de animación ya puede ponerse en marcha.

Por otra parte, para dotar de mayor realismo a los personajes, monstruos, objetos, armas, etc., el departamento de texturizado se encarga de crear las texturas y materiales de los modelos 3D, teniendo en cuenta las fotografías de referencia. Trabajan conjuntamente con los profesionales de iluminación. Esta agrupación se debe a que muchos materiales dependen de la luz debido a la reflexión, la refracción o el brillo, entre otras propiedades. Por lo tanto, el departamento de iluminación es fundamental, ya que depende de ellos proveer con la luz el suficiente realismo, coherencia y cohesión ya no solo a una escena, sino a toda la película.

Durante el rodaje de una película, se obtiene uno de los elementos más importantes, el *plate*, que es la imagen filmada por la cámara del set. Aquí no solo aparece el actor, sino también los fondos verde o azul croma. Estas tomas son las que los departamentos de *keying* y rotoscopia se encargarán de editar. El *keying* es el proceso de sustituir los fondos croma por lo que aparecerá posteriormente en la película, mientras que la rotoscopia se encarga de eliminar a mano todos aquellos elementos que no se desean ver en el plano.

Existen dos departamentos que, en numerosas ocasiones, son uno solo, los departamentos de *tracking* y *matchmove*. Su principal función es captar el movimiento de aquello que se mueve durante el rodaje y va a ser esencial para el resto de departamentos de VFX. Por ejemplo, el departamento de *tracking* es aquel que, mediante la información de movimiento proporcionada por la cámara del *plate*, realiza por medio de triangulación y cálculos matemáticos una captura del movimiento de la cámara. A su vez, el departamento de *matchmove* capta los movimientos de los actores. El trabajo de ambos será clave para el personal de *layout*.

La tarea más importante del *layout* es montar el plano recogiendo todos los elementos ya proporcionados por la cámara de *tracking*. En muchas ocasiones, estas cámaras son las finales y sobre las que trabajarán todos los demás artistas de efectos visuales. Cuando los planos son *Full CG*, la responsabilidad del ángulo de cámara, encuadre, composición, velocidad de la cámara, etc., depende de este departamento.

El departamento de efectos está compuesto por los artistas de VFX que trabajan principalmente con partículas. Son los encargados de generar fuego, explosiones, humo y fluidos, entre otros efectos visuales. Es necesario que éstos conozcan muy bien los diferentes comportamientos físicos para dotar del mayor realismo posible al efecto a través de softwares especializados para ello.

Los artistas del departamento de *matte painting* elaboran escenarios bidimensionales. Gracias a que actualmente su creación es digital, es mucho más rápida y ahorra mucho trabajo, llegando a poder juntar varios *matte paintings* en una misma escena.

Por último, la función de combinar todas las capas que se han ido elaborando en la fase de postproducción recae en el departamento de composición, donde los artistas buscan el resultado más homogéneo posible. Para ello, trabajan con las distancias, las transparencias y el color. El hecho de que no se note dónde se encuentra el inicio y final de una capa es debido a que todos trabajan con la misma cámara, la proporcionada por el departamento de *layout*.

En base a todo lo dicho, destaca notoriamente la importancia que posee que todos los artistas de efectos visuales conozcan qué se espera de ellos, independientemente de la fase en la que se encuentren. El trabajo realizado en cada departamento depende y afecta directamente a los demás. Solo la debida comprensión de las tareas a ejercer garantiza un trabajo eficiente y, por supuesto, mejor.

Expuesto ya el cómo, se abre ahora una nueva cuestión, y es acerca de los programas utilizados actualmente para la generación de VFX.

## 4. SOFTWARE PARA LA GENERACIÓN DE EFECTOS VISUALES

La mayoría de efectos visuales que aparecen en las películas actuales no serían posibles de no ser por los programas que se utilizan. Por esa razón, antes de analizar los principales softwares especializados para la generación actual de los VFX en la industria audiovisual, con el fin de identificarlos y valorar su uso profesional de forma objetiva, se ha realizado un cuestionario. Dicho cuestionario se compone de varias preguntas que han sido respondidas por más de 40 profesionales del sector por vía de redes sociales, tales como Instagram o Facebook. En la primera de ellas, se pretende averiguar cuáles son las herramientas más conocidas para la creación de los efectos visuales. Las respuestas a esta pregunta se observan en la Figura 2.

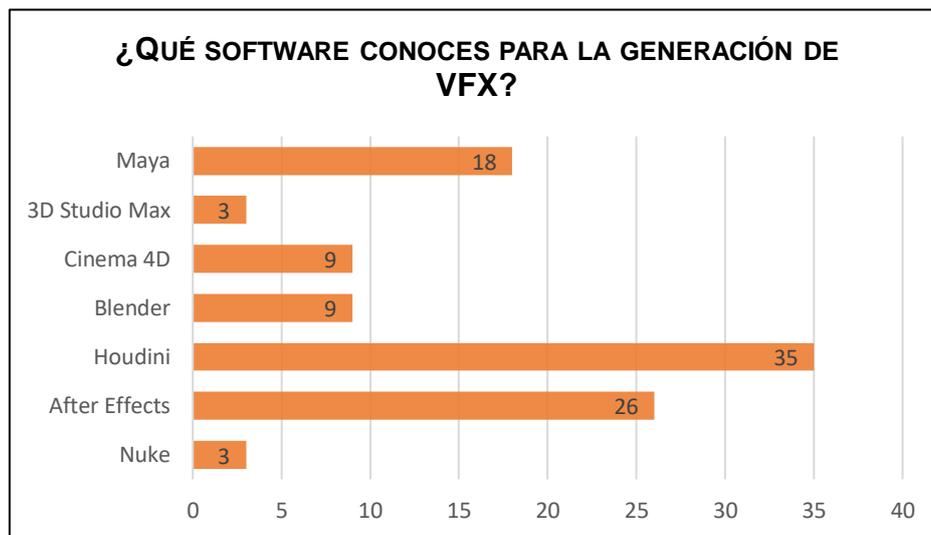


Figura 2: Resultado de la primera pregunta. Fuente y elaboración propias.

Cabe puntualizar que 3D Studio Max y Nuke han sido añadidos por los encuestados. De ello se deduce que 3ds Max sigue conservando usuarios en la industria de los efectos visuales, aunque como se puede observar en el gráfico, su presencia actualmente es minoritaria. Probablemente se deba a sus pobres actualizaciones o a que es un programa más orientado a otros campos, como más adelante se concretará.

En cuanto a Nuke, programa con un *workflow*<sup>9</sup> basado en nodos<sup>10</sup>, se está empezando a abrir paso, al igual que hizo Houdini en su día. Sin duda, un programa que ha sido señalado por varios especialistas a tener en cuenta en el futuro.

Antes de seguir comentando las respuestas obtenidas en la anterior cuestión, se muestra, en la Figura 3, las respuestas a la segunda pregunta realizada a los distintos artistas del sector, para más tarde señalar las correspondientes conclusiones extraídas del cuestionario en su conjunto.

<sup>9</sup> Flujo de trabajo que se sigue dentro de un software para realizar determinadas tareas.

<sup>10</sup> Herramienta o función que genera o modifica geometría 2D o 3D, y que cuenta con una o varias entradas y salidas de información que pueden conectarse con otras funciones para generar nuevas modificaciones.

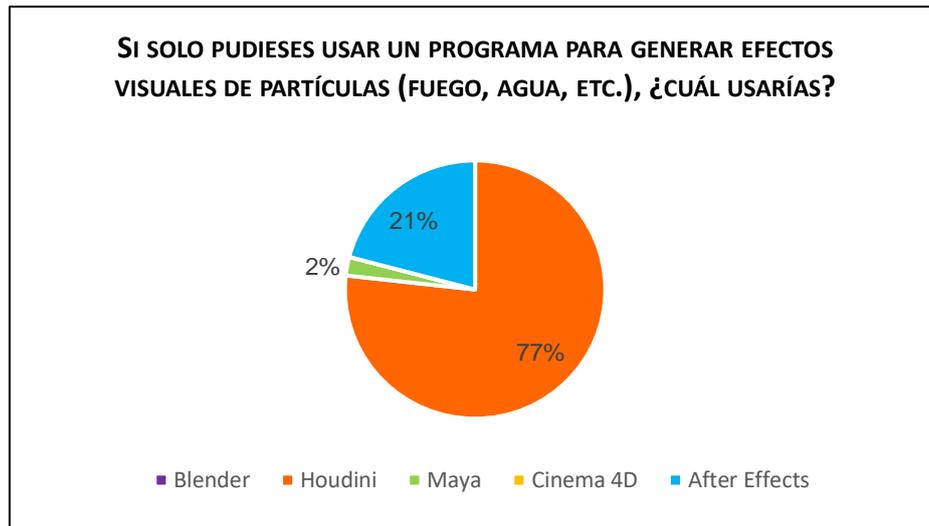


Figura 3: Resultado de la segunda pregunta. Fuente y elaboración propias.

Las respuestas de los especialistas en VFX, tal y como se reflejan en el gráfico anterior, revelan que Houdini no solo es el software más conocido, sino también el más utilizado con diferencia para la generación de partículas como fuego o agua dentro de la industria. Como se comentará más adelante, posiblemente las ventajas que supone el flujo de trabajo basado en sistemas de nodos y sus increíbles resultados en cuanto las simulaciones de los efectos digitales, son algunos de los muchos motivos de este resultado. Asimismo, el programa de Adobe, After Effects, permanece en segunda posición en ambas cuestiones, aunque siendo más conocido que utilizado. Este segundo puesto puede deberse a la gran comercialización de Adobe, pero también al hecho de que el cuestionario se haya realizado a artistas independientes, donde Adobe After Effects tiene mayor presencia. Por último, Maya se hace con el tercer puesto, dejando patente que Autodesk sigue siendo la líder de los programas tradicionales de 3D utilizados en la industria de los VFX.

#### 4.1. EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES SOFTWARES

Los efectos digitales son un campo amplio y no se limitan a un solo software. Existen múltiples programas para generarlos. En base a toda la información recabada del anterior cuestionario, se lleva a cabo, a continuación, un análisis de cada uno de los programas votados por los artistas encuestados, para conocer las virtudes y limitaciones de cada software y en qué parte del proceso de la elaboración de los VFX se especializan. Asimismo, justificar por qué se encuentran entre los favoritos de los especialistas y, de este modo, seleccionar el programa más apropiado para realizar los proyectos de este trabajo.

## **MAYA**

El software Maya fue lanzado por la empresa canadiense Alias System a finales de la década de los 90, pero realmente no fue considerado como Maya hasta 2005, cuando fue adquirido por la californiana Autodesk, dueña del programa 3D Studio Max. Está disponible para los sistemas operativos Windows, Mac y Linux. Es un software de pago, aunque cuenta con una versión gratuita para estudiantes y uso no comercial.

Maya ofrece un amplio y poderoso abanico de herramientas para todo tipo de especialidades, pero donde realmente destaca es en el modelado y la animación, por tener la capacidad de modelar y animar modelos tridimensionales realmente complejos. También tiene una presencia muy fuerte en los VFX. Por ello, los estudios de efectos visuales hacen uso de Maya para su generación. Para realizarlos, es necesario *plugins*<sup>11</sup> externos como Bifrost, Krakatoa, FumeFX, Phoenix FD, Realflow, entre otros. De todos modos, debido a la presencia de otros softwares, cada vez se utiliza menos para esta especialidad.

El motor de render predeterminado de Maya, recibe el nombre de Arnold. Este motor es rápido y eficiente, permitiendo conseguir renders fotorrealistas realmente espectaculares. Cada año sus características van variando, debido a que la competencia es mayor y los resultados que se buscan son más exigentes.

Maya es un programa con capacidades ilimitadas que requieren de un tiempo para que el usuario pueda asimilarlas y dominarlas, por lo que es necesario un aprendizaje continuo.

Casi todos los grandes estudios han utilizado versiones de este software para lograr distintos objetivos, consiguiendo de esta forma que se convierta en la herramienta favorita y predominante en la industria cinematográfica de los efectos digitales y del 3D.

## **3D STUDIO MAX**

3ds Max es un software de pago, aunque también cuenta con una versión gratuita para estudiantes y uso no comercial. Fue creado y desarrollado por el Grupo Yost para Autodesk Media and Entertainment y fue lanzado a principios de los años 90 únicamente para el sistema operativo Windows.

Debido a la integración del programa AutoCad, es mayoritariamente utilizado para el diseño de productos basados en arquitectura, diseño de automóviles o cualquier objeto estático. Por lo tanto, es destacado por sus herramientas de modelado con disponibilidad de aplicar diversos modificadores que permiten que el modelado sea más sencillo y rápido. Además de una gran cantidad de estos modificadores, existen *plugins*

---

<sup>11</sup> Aplicación que añade una función adicional o una nueva característica al software. También se le conoce como complemento.

que el usuario puede descargar e instalar, consiguiendo de esta forma, ciertas características que el software no presenta desde un principio. 3D Studio Max cuenta, además, con el mismo motor de render que Maya, Arnold, ya que ambos pertenecen a Autodesk.

Otra de las herramientas para las que es utilizado 3ds Max, es la animación y generación de efectos visuales, aunque con la llegada de nuevos softwares que no requieren *plugins* externos, poco a poco se está dejando de utilizar. No obstante, sigue siendo líder en la industria arquitectónica, diseño de productos, diseño industrial y también es muy usado en la industria de los videojuegos, televisión y cine.

Es probablemente el programa más antiguo de los analizados. Por esta razón, los estudios ya están familiarizados con él y no llega a ser tan complicado de aprender como el resto, ya que existen muchos medios y recursos para ello. 3ds Max ha sido una opción popular para artistas 3D durante décadas, ya que es utilizado por estudios de videojuegos y de televisión. Después de más de 20 años, este software sigue actualizando e incorporando nuevas, aunque debido a la pobreza de las mismas, su uso se ha visto mermado.

## **CINEMA 4D**

Cinema 4D es un programa de pago, desarrollado por la empresa alemana Maxon Computer, lanzado al mercado en 1990, para los sistemas operativos Windows y Mac.

Es utilizado para la creación de *motion graphics*<sup>12</sup>, arte abstracto y animación, gracias al elevado número de *plugins* existentes. Entre ellos, se destaca *MoGraph*, que contiene un conjunto de herramientas que facilitan la elaboración de animaciones abstractas y *motion graphics*. Por lo tanto, es el software ideal para la creación de animaciones para títulos, cabeceras y gráficos en movimiento. Por ejemplo, es muy demandado en producciones 3D de ritmo rápido, las cuales se encuentran en sectores como la publicidad, pero también para series, cine, e incluso arquitectura y diseño. Todo ello es gracias a sus *rigs* controlables que permiten animar personajes de forma rápida y flexible.

Respecto al modelado, proporciona a los usuarios objetos, escenas y materiales predeterminados y gratuitos con los que los usuarios pueden partir para generar otros modelos, pero si se busca algo más complejo es recomendable hacer uso de otros programas. Además de estas herramientas, Cinema 4D proporciona a sus artistas la opción de renderizar o texturizar, llegando a poder pintar directamente en las *UVW*<sup>13</sup> como en Photoshop.

---

<sup>12</sup> Vídeo o animación digital que crea la ilusión de movimiento mediante imágenes, fotografías, títulos, colores y diseños.

<sup>13</sup> Superficie desplegada de un objeto 3D preparada para ser texturizada.

Es considerado el programa más sencillo de aprender, pues es intuitivo. Este software permite, con el uso de *plugins*, simular fracturas, pelo, humo, fuego, etc., y destaca también por la posibilidad de realizar rastreos de movimiento. Además, los renders que se obtienen con este programa son renders agradables y limpios. Normalmente, se hace uso del motor de render predeterminado, aunque al igual que pasa con el resto de softwares, existen motores externos como Corona Renderer, Cycles, Thea Render, V-ray, etc., que ofrecen resultados mejores.

Por último, otra de sus particularidades, reside en que Cinema 4D es capaz de exportar directamente a Adobe After Effects, lo que le convierte en un programa recomendado entre los usuarios de este último.

## **BLENDER**

Blender fue creado por Ton Roosendaal y desarrollado por la empresa holandesa Fundación Blender a principios de 1998. Es el único software de los analizados que es íntegramente gratuito. Además, está disponible para los sistemas operativos Windows, Mac y Linux.

Este software es utilizado tanto para modelado como para simulaciones de fluidos (efectos visuales), animación, *rig*, entre otros. Con Blender se pueden modelar tanto cosas simples como otras más complejas, a diferencia de otros programas como Cinema 4D. En cuanto a la animación, este software permite llevar a cabo animaciones, *riggear* personajes, manipular fotogramas claves, etc. Y en referencia a los efectos visuales, se destaca la cámara de *tracking*, la simulación de fluidos y partículas, humo, *motion graphics*, etc., gracias a los diferentes *plugins* disponibles. Cabe mencionar también algunos de los motores de render integrados en este software, como son Cycles o Eevee.

A pesar de que posee todo lo que se requiere de otros programas en la industria cinematográfica, existen dos razones principales por las que este programa no es idóneo para este sector. La primera causa radica en que Autodesk se ha hecho con el monopolio de los programas 3D utilizados en la industria cinematográfica, y es que cuando los estudios empezaron a hacer uso softwares informáticos para la creación de CGI o VFX, eran 3d Studio Max y Maya, entre otros, los que más se empezaron a utilizar, y formaron a sus artistas en base a estas herramientas. Esto hace que, a día de hoy, introducir un nuevo programa con las mismas características supondría volver a generar el *pipeline* e instruir a los artistas nuevamente. De todos modos, a pesar de que la mayoría de los grandes estudios hace uso de las herramientas tradicionales, muchos estudios jóvenes están empezando a introducir Blender.

El segundo motivo hace referencia al soporte técnico. Los grandes estudios necesitan grandes equipos técnicos que les ayuden en el caso que haya algún problema, y tengan contratos establecidos para ejecutar dichas tareas. Al tratarse de un software

libre, lo más probable sea que el soporte técnico de Blender no esté disponible para solucionar en el momento cualquier error que pueda surgir.

## HOUDINI

Houdini es un software de pago, que cuenta con una versión gratuita y no comercial conocida como Houdini Apprentice. Esta versión es muy similar al resto de licencias, pero algunas de las diferencias consisten en que solo renderiza hasta 720p y añade una marca de agua. Fue desarrollado por la empresa canadiense Side Effects Software Inc. en 1996 y, actualmente sigue siendo uno de los programas más potentes para los artistas 3D y de efectos visuales. Del mismo modo que Maya y Blender, Houdini está disponible para los sistemas operativos Windows, Mac y Linux.

Como se ha constatado en el cuestionario dirigido a los especialistas de este sector, Houdini es el programa más popular y poderoso para la generación de efectos visuales procedurales y de partículas, como destrucciones, fluidos, llamas, humo, desintegración, simulaciones, etc., pudiendo crear imágenes de alta calidad, mediante nodos. Una de sus particularidades, es que Houdini no necesita de *plugins* externos para la realización de estos efectos.

El flujo de trabajo de Houdini se basa en un sistema de nodos, pero a diferencia de otros softwares de la industria que también utilizan sistemas nodales, Houdini permite parametrizar todo el sistema de nodos, dando a los artistas flexibilidad total a la hora de trabajar y modificar cualquier parámetro en cualquier momento del proceso. Explicado de forma práctica, en Houdini es posible modelar un edificio mediante el sistema de nodos, pero, además, se puede modificar cualquier aspecto de ese mismo edificio en cualquier momento. Es decir, a partir de este primer edificio se podría generar una infinidad de edificios diferentes y todo ello sin necesidad de remodelar nada, simplemente variando parámetros que nos permitan controlar el número de ventanas, pisos, puertas, etc. Esto es lo que se conoce como proceduralidad, y requiere mucha computación y, por lo tanto, se necesitan ordenadores muy potentes.

Por otra parte, en Houdini también es posible manipular los fotogramas claves. Asimismo, ofrece una solución completa para objetos, personajes y criaturas animadas, teniendo la posibilidad de deformar mallas, telas, pelo, entre otras opciones.

Este programa es requerido principalmente en la industria cinematográfica de los efectos visuales, además de en *spots* publicitarios, series y cinemáticas de videojuegos. Es considerado el software más complicado de aprender, pues, como ya se ha mencionado, presenta un *workflow* muy diferente al resto de programas y posee un gran número de datos e información, y por ello, se necesita mucho tiempo para entenderlo. A parte de tener una base de 3D en cuanto a los principios de modelado y animación, es imprescindible tener conocimientos de trigonometría, álgebra vectorial y física, ya que, para la generación de océanos, explosiones, destrucciones, etc., es necesario entender cómo se comportan estos fenómenos en la vida real. También se

requieren habilidades de programación y codificación, ya que Houdini posee su propio lenguaje de programación, llamado *VEX*.

Por último, cabe añadir que el motor de render existente en Houdini es Mantra, independientemente de la licencia que se adquiera. Mantra es considerado un buen motor de render, pero los tiempos de procesado del render suelen ser muy largos, por lo que en ocasiones se prefiere otros motores más rápidos, como Redshift, Renderman, Octane Render u otros.

## **AFTER EFFECTS**

Adobe After Effects es un software de pago desarrollado por la empresa estadounidense Adobe Inc. y lanzado a principios de 1993, para los sistemas operativos Windows y Mac. Para poder conseguirlo, es necesario registrarse en Adobe y comprarlo a través de Creative Cloud.

Es utilizado para poder aplicar todo tipo de efectos a imágenes ya editadas, eliminar el *chroma key* de una escena filmada o rastrear los movimientos de objetos o personajes, mediante la herramienta de rotoscopia. Asimismo, permite agregar y producir efectos visuales de manera sencilla y rápida, gracias a la gran variedad de complementos disponibles en la red. También es muy utilizado para la creación de *motion graphics*, títulos, introducciones, transiciones, etc.

Este software, a diferencia del resto de programas analizados, no tiene como base principal el 3D y, aunque existen herramientas y *plugins* externos que permiten generar ciertos objetos o cámaras tridimensionales, esto supone una limitación, pues las posibilidades y resultados no alcanzan a los de otros programas especializados exclusivamente en 3D. En muchos casos, se depende de cómo esté rodada la escena para poder trabajar y, si se busca algo más específico, debe saltarse a un programa de 3D. Aun así, es muy utilizado para tareas de composición, tanto en televisión y publicidad, como en algunas producciones cinematográficas, pues es considerada una de las herramientas fundamentales y más asequibles para el cine independiente.

Además, la forma de trabajar con Adobe After Effects consiste en la superposición de capas. Este tipo de *workflow* facilita la labor de aprendizaje y adaptación de sus usuarios al software, debido a que la industria lleva muchos años acomodada a este tipo de métodos. El punto negativo de este tipo de flujo de trabajo es que no es tan flexible como los sistemas basados en nodos.

## NUKE

Nuke pertenece a la compañía británica The Foundry y fue lanzado en 1993, para los sistemas operativos Windows, Mac y Linux. Es el programa por excelencia en la industria cinematográfica para componer planos tanto 2D como 3D. Es un software de pago que cuenta con diversas licencias, con la opción de descargar una versión gratuita y no comercial para aprender el programa.

Las características de Nuke para la composición de planos en 2D consisten en un conjunto de herramientas basadas en nodos, composición de imágenes, rotoscopia o efectos de deformación, mientras que las opciones de composición 3D ofrecen la posibilidad de trabajar en un entorno 3D, hacer uso de un rastreador de cámara 3D o nube de puntos y herramientas de generación de profundidad.

Es utilizado principalmente en cine, series y *spots* publicitarios. Grandes estudios como Blizzard Entertainment, DreamWorks Animation o Walt Disney Animation Studios son algunos de los usuarios de Nuke, lo que demuestra claramente que este software de composición digital es capaz de enfrentarse incluso a los retos más exigentes de la industria.

En un principio, Nuke puede resultar algo más complicado de aprender que otros programas de composición digital debido a su flujo de trabajo nodal, pero al igual que sucede con Houdini, las ventajas que ofrece este método de trabajo mucho más flexible, hacen que se consolide como herramientas indispensables en la industria.

En conclusión, tras haber analizado cada uno de los softwares más utilizados y conocidos de la industria, se observa que existen diversas herramientas con las que crear efectos visuales. Cada una de ellas, posee unas fortalezas y unas debilidades y dependiendo del proyecto que se quiera realizar se debe optar por la más adecuada. Para empezar en la industria cinematográfica y los VFX, es recomendable aprender Maya. Si por el contrario se prefiere centrarse en *motion graphics* o animación de títulos, Cinema 4D es el programa perfecto para ello. En caso de buscar una especialización en diseño, arquitectura y videojuegos, 3ds Max es la solución, aunque si se es parte de un pequeño estudio que no puede permitirse grandes licencias, Blender es ideal. Cuando se trata de composición, After Effects y Nuke son las opciones idóneas para ello. Sin embargo, si se pretende la especialización en explosiones, simulación de fluidos, humo, fuego, destrucciones o partículas, Houdini debe ser, sin duda, la elección debido a su enorme potencial y sin la necesidad de hacer uso de *plugins* externos. En la Tabla 1 se presenta a modo de resumen, la especialización de cada uno de los anteriores softwares.

Tabla 2: Especialización softwares analizados. Fuente y elaboración propias.

SOFTWARE	ESPECIALIZACIÓN
Maya	Modelado 3D, animación y VFX
3D Studio Max	Diseño 3D, arquitectura y videojuegos
Cinema 4D	<i>Motion Graphics</i> y modelado 3D
Blender	Modelado 3D, animación y VFX
Houdini	VFX (fluidos, humo, fuego, destrucciones o partículas)
After Effects	<i>Motion Graphics</i> y composición
Nuke	Composición

Dicho esto, y después de afirmarse Houdini como el programa de uso predilecto en los estudios de efectos visuales y ser también como el más reconocido por los artistas, se procede a justificar la elección de dicho software para la realización de dos proyectos representativos de los VFX.

## 4.2. JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN DE HOUDINI

La elección de este software para el desarrollo de los proyectos de este Trabajo Final de Grado se debe a diversas razones que se exponen a continuación.

Esta herramienta, como se ha observado, se situó en primer lugar en las dos preguntas realizadas a los artistas encuestados, consagrándose como el programa más utilizado y el más conocido a la hora de la generación de efectos visuales. Los resultados de dicho cuestionario no fueron casuales, Houdini cuenta con muchas características que lo hacen ser lo que es, siendo demandado por todas y cada una de las grandes compañías cinematográficas en la actualidad.

Su ya mencionado *workflow* basado en sistemas de nodos supone una gran revolución para el sector de los VFX. Tal es su potencial que, a pesar de lo costoso que puede resultar aprender este software, vale la pena el esfuerzo. Houdini ofrece unos resultados nunca vistos en una producción. El grado de realismo y el amplio abanico de posibilidades de creación sin necesidad de instalar ningún plugin externo no tiene límite. Depende del artista llegar o no a conseguir el resultado deseado de manera efectiva. Por todo ello, mostrar la capacidad que posee este software será uno de los objetivos de los dos proyectos que se realizarán en este trabajo.

## 5. DESARROLLO DE DOS PROYECTOS REPRESENTATIVOS DE EFECTOS VISUALES CON HOUDINI

Houdini es uno de los programas más demandados en la industria de los efectos visuales, por esta razón y todas las características comentadas anteriormente, se ha decidido llevar a cabo dos proyectos que permitan mostrar el potencial de éste y el grado de realismo que es posible alcanzar.

En cualquier departamento de la industria cinematográfica existen especialidades dentro de un mismo departamento, como se ha podido observar en el capítulo del *pipeline* o flujo de trabajo. Del mismo modo, en el departamento de VFX también existen subdepartamentos especializados en realizar unos determinados efectos. Pueden dividirse en efectos volumétricos (fuego, explosiones, humo, etc.), fluidos (agua, océanos, ríos, etc.), destrucciones, magia, abstractos (figuras complejas y abstractas, generadas mediante fórmulas matemáticas), etc.

Entre estas especialidades, los fluidos son de los efectos más complejos que existen, ya que se deben tener en cuenta muchos parámetros para crearlos, y conocimientos de sus comportamientos físicos en la realidad. Por esta razón, es muy importante entenderlos y servirse de referencias antes de elaborarlos.

Por lo tanto, para alcanzar el objetivo principal del TFG, se desarrollarán dos proyectos que contengan como efecto visual principal un fluido, pero con propiedades y enfoques distintos. El primero de ellos se tratará de un océano tormentoso con un acabado cinematográfico, mientras que en el segundo se generará un fluido lácteo, cuyo resultado tratará de asemejarse al de una producción publicitaria. De este modo, no solo se demostrará el potencial del software, sino también su versatilidad, pudiendo utilizar Houdini en distintos sectores de la industria audiovisual.

## **5.1. PROYECTO 1: ESCENA 3D DE UN OCÉANO PROCEDURAL**

Las simulaciones oceánicas y de fluidos, especialmente a gran escala, requieren muchos pasos en las diferentes fases de la producción para obtener un resultado realista. Es por esto que la creación de océanos realistas es una de las tareas más desafiantes para un artista de efectos visuales e incluso para los cálculos de los más potentes ordenadores, ya que requieren mucha computación por la necesidad de hacer uso de millones de partículas para simular los fluidos tal y como se verían en la realidad.

### **5.1.1. OBJETIVOS**

Este primer proyecto se basa en la generación de un océano procedural con una simulación de fluidos de aguas bravas por las que navega un bote. Este proyecto, podría formar parte de cualquier producto audiovisual, especialmente cinematográfico, y persigue unos objetivos específicos como la simulación de espuma, agua, agua blanca y niebla, a las cuales se les aplican unas fuerzas determinadas que permitirán alcanzar el objetivo principal, la creación de un océano realista, adquiriendo una metodología y experiencia imprescindible para un profesional de los efectos visuales.

### **5.1.2. METODOLOGÍA**

Antes del desarrollo del proyecto, como se vio en el capítulo del flujo de trabajo, se realiza la investigación, en este caso, la búsqueda de referencias y documentación de los elementos que interactúan entre sí para entender el movimiento físico del agua y su comportamiento al golpearse con otros objetos.

Tras ello, se importa la geometría del modelo 3D del bote que interacciona con el agua del océano y se le aplican sus respectivas texturas. A continuación, se genera un mar en calma y se ajustan parámetros como el viento, que permitan crear grandes olas para dotar al mar de un aspecto tormentoso.

A continuación, se anima el bote para hacer ver que navega sobre la superficie creada y para dotar de mayor dinamismo al bote se tiene en cuenta su centro de masa. Una vez listos ambos elementos se configuran la espuma o las salpicaduras que se producen cuando las olas golpean la embarcación. Para un mejor resultado, se ajusta la densidad de la espuma o su vaporización una vez ha sido golpeada por el bote. Además, para proporcionar a la escena un toque más realista se añade niebla, haciendo que se disipe pasados unos segundos, tal y como ocurriría en la vida real.

De cara al render final, se extiende el área a simular, se ilumina correctamente la escena y se anima la cámara. Se renderizan independientemente los elementos creados y se unen posteriormente en el programa de composición, donde se ajustan valores como la profundidad de campo y corrección de color. Finalmente se exporta el resultado final y se le añaden efectos de sonido para lograr un mayor realismo.

### 5.1.3. DESARROLLO

En la realización de cualquier proyecto es esencial el uso de referencias, por esta razón, el primer paso que se lleva a cabo es la búsqueda de las mismas. En este caso, se utilizan principalmente dos referencias que pueden encontrarse en la bibliografía y en la Figura 4. Por un lado, poseen el estilo de bote que se desea utilizar y, por otro, presentan un océano tormentoso que es lo que se busca generar. Asimismo, permiten comprender el movimiento y el comportamiento de un bote tras una tormenta. Cuando es golpeado por una gran ola, el pequeño barco se eleva y vuelve a bajar lentamente, produciendo una gran salpicadura de agua blanca o espuma. Esta salpicadura recibe el nombre de *whitewater* en Houdini, y es realmente importante, ya que es de donde provienen la mayoría de detalles. Otro aspecto esencial es el agua en sí, conocida en el programa como *flip*, ya que define el momento del impacto y la dinámica de las salpicaduras.

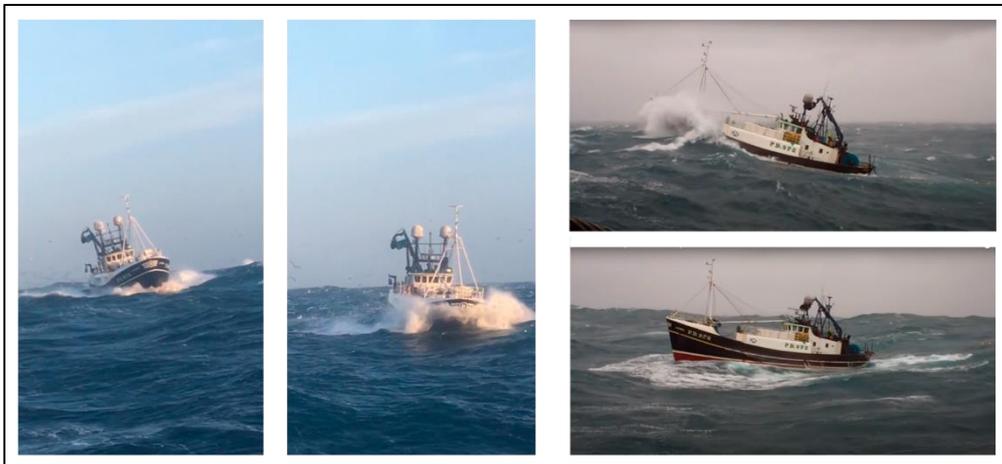


Figura 4: Referencias seguidas para el proyecto 1. Fuente Budd418 (2011) (izquierda) y Budd418 (2017) (derecha).

Una vez entendido el comportamiento de los elementos que forman parte del océano y del bote ante una situación de tormenta, el primer paso es la creación de la geometría. Para ello, se importa un modelo 3D de un bote modelado previamente, al que se le aplican sus respectivas texturas.

Antes de dotar al bote de movimiento, es necesario que se configure la superficie del océano. Para ello, se hace uso de la herramienta denominada *guided ocean layer*, una red de nodos automática que permite crear la simulación del agua con una fina capa de partículas en la parte superior del océano. Estas partículas poseen inicialmente una velocidad equivalente a la que posee el movimiento de las olas de un mar en calma, por lo que mediante sus distintos parámetros y nodos se realizan cambios respecto a las dimensiones del océano, resolución de las olas y su velocidad, etc., para conseguir el resultado de un océano tormentoso. En la Figura 5 se muestra la simulación predeterminada del océano junto al bote que se obtiene tras aplicar dicha herramienta.

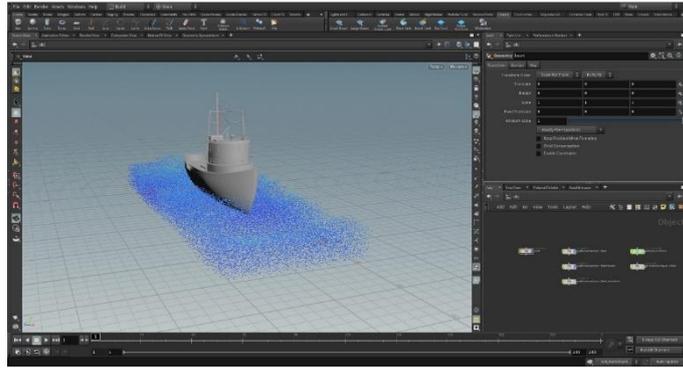


Figura 5: Estado del bote y del océano inicialmente. Fuente y elaboración propias.

El viento es un factor importante para el movimiento de las olas, por esta razón, para que parezca que están chocando contra el bote es necesario modificar la dirección del viento, de tal forma, que estén en la dirección opuesta a él.

La creación de olas grandes que golpean el bote es otro de los elementos clave para alcanzar el resultado deseado. Para ello, dentro de la herramienta ya mencionada, *guided ocean layer*, se ajustan ciertos parámetros para incrementar el tamaño de las olas, la distancia entre ellas y su rotación para conseguir olas más altas y de baja frecuencia. Del mismo modo, se modifican otros valores para que las olas no se vean uniformes y, de esta forma, el océano adquiere un aspecto más natural. Además, se pretende situar al final la gran ola que golpea el bote, siendo acompañada de una gran salpicadura de agua blanca o *whitewater*, que se producirá posteriormente.

Hasta el momento, el bote es un objeto estático y para conseguir llevar a cabo la simulación se convierte a éste en un objeto activo, es decir, ya puede ser animado. Una vez preparado el bote, se define cómo de profundo es el océano. Asimismo, se modifica la cantidad de partículas del agua del océano o *flip*. Un detalle muy importante respecto a esto, es que cuanto menor es el tamaño de la separación de partículas, más partículas hay y, por lo tanto, más detalle se observa. Cuando se modifican estos valores, el bote ya parece ser empujado por las olas y no se sumerge en el océano.

Otro aspecto relevante para obtener un movimiento realista del bote es ajustar sus propiedades físicas. Normalmente, el centro de masa de un objeto de cuerpo rígido se calcula automáticamente, pero en este caso, como se busca un resultado específico, se establece manualmente. Otro valor que también influye mucho sobre el bote es la densidad pues, cuanto mayor es el valor, más pesa el bote y, por lo tanto, más se hunde. Con todo esto, se obtiene más dinamismo, haciendo que el bote se alinee con las olas, que su proa se eleve cuando choque con una de ellas y descienda tras ello.

A pesar de todas las modificaciones hechas hasta el momento, el bote solo flota, no se desplaza. Para que el bote se mueva correctamente, se le debe aplicar una fuerza e indicar que solo afecte al bote.

Una vez realizado todo esto, se debe conseguir que el barco colisione con el agua. Las partículas del *flip* deben interactuar con el bote, chocar físicamente contra él, no

atravesarlo. Para ello se genera un volumen de colisión. Una vez efectuada esta operación, se modifica también el valor de la separación de las partículas de la colisión. Al igual que ocurría con la separación de partículas del agua del océano, cuanto menor es el número de separación, más detalle hay, pero más tarda la simulación. En la Figura 6 se observa lo obtenido tras todos los cambios aplicados tanto al *flip* como al bote.

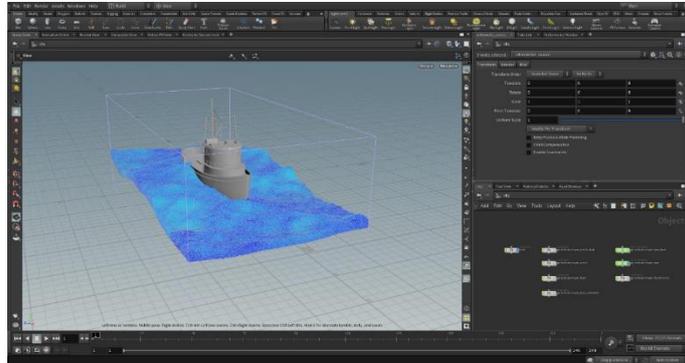


Figura 6: Bote y océano modificados. Fuente y elaboración propias.

A partir de este punto, se procede a la creación la espuma o salpicaduras generadas por la colisión. Para su elaboración, se debe crear el nodo predeterminado *whitewater*, y se deben de ir ajustando cada uno de sus nodos y parámetros. Primeramente, se reduce bastante el número de partículas debajo de la superficie del agua, dado que en la realidad existe una muy baja emisión en esta zona, que son las pequeñas burbujas que se forman bajo el agua.

Si se desea conseguir un acabado realista y creíble, debe observarse constantemente y con detenimiento la referencia. Así pues, se modifican ciertos valores para plasmar detalles como otorgar ruido o turbulencias a las partículas, dotar de mayor grosor a la espuma y que se mantenga flotando en la superficie por más tiempo en aquellas zonas donde es más densa o que se vaporice segundos después de la colisión, siendo arrastrada por el viento.

Una vez realizado esto, tal vez sobre el bote haya agua pulverizada y espuma, y es algo que no se desea tener. Por lo tanto, para evitar esto, bastará con que, dentro del nodo de geometría del bote, se dupliquen y modifiquen varios de sus parámetros para eludir satisfactoriamente el problema anterior.

En este punto, ya está creado el *whitewater*, comportándose como una espuma densa que golpea el bote, expandiéndose tras la colisión y pulverizándose mientras es arrastrada por el viento. A continuación, se comienza a trabajar en la niebla o *mist*.

Del mismo modo que se creó el *whitewater*, se añade el nodo predeterminado *mist*. Muchos de los parámetros y nodos que se encuentran dentro de él, son muy similares a los creados previamente, por esta razón, se realizan cambios respecto a los atributos. Asimismo, se ejecuta un código de programación *VEX* que permite indicar que cuando la velocidad de las partículas de niebla sea baja, ésta sea poco densa, y viceversa.

Del mismo modo, se genera otro código que comunica al programa que no emita densidad en aquellas partículas de niebla que se posicionan por debajo de la superficie del océano.

Una vez simulado lo anterior, se ajustan todos aquellos parámetros esenciales para lograr la similitud con la referencia. Por ejemplo, la tasa de disipación es la que se encarga de eliminar la niebla pasados unos segundos, por ello, se aumenta su valor. En cambio, otros valores como la turbulencia son eliminados, ya que se va a introducir un viento específico para la niebla.

Para la creación del viento para la niebla, se duplica el viento utilizado previamente y se hacen cambios respecto a valores como el tamaño del ruido o velocidad. En la Figura 7 queda expuesto el fruto de todo lo acometido en lo referente al *whitewater* y la niebla.

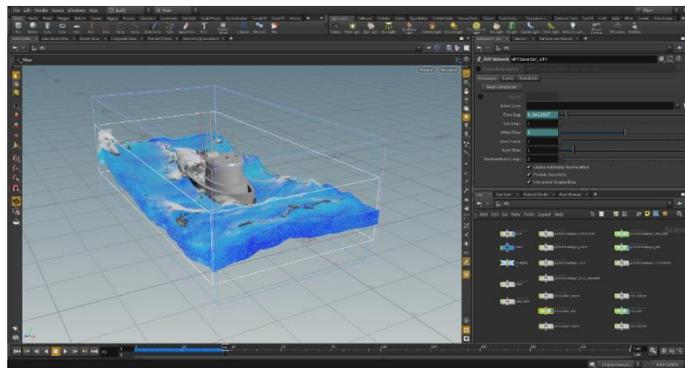


Figura 7: Creación de las salpicaduras y la niebla. Fuente y elaboración propias.

Llegados a este punto, se han generado todos los elementos necesarios: la simulación del bote, del océano, de la espuma o salpicaduras y de la niebla. Pero hasta ahora, únicamente se ha simulado una parte del océano para trabajar con un mayor rendimiento, pero dado que el principal objetivo es conseguir una gran superficie oceánica, se ejecutan ciertos ajustes para que el área a simular se extienda mucho más allá de los alrededores del bote y sin un patrón de repetición visible.

Para finalizar el proyecto es necesario preparar todo para el render final con su respectiva iluminación, mediante una luz ambiental proveniente de un HDRI. A su vez, en el apartado de materiales, se realizan los cambios oportunos a todos los elementos, en cuanto a color, definición, refracción, etc., de tal forma que la unión de todos ellos sea coherente y cohesionada, pero, sobre todo, realista. Incluso para dar más sensación de realismo se anima la cámara.

Como se comentó en el apartado sobre el *pipeline* de los efectos visuales, las últimas etapas son el render y la composición. Se hace uso del motor de render que viene integrado en Houdini, Mantra, y se renderiza en HD (1280x720). Los elementos simulados (bote, océano, salpicaduras, niebla) se renderizan independientemente con la cámara ya creada para trabajarlos posteriormente en Nuke.

Una vez renderizados cada uno de los elementos como secuencia de imágenes en Houdini, se importan a Nuke, donde se juntan y se llevan a cabo diversos cambios. Algunos de esos cambios son la creación de máscaras para ocultar ciertas partes no deseadas, o la generación de un nodo que habilita la profundidad de campo, es decir, desenfoca gradualmente todo aquello que se encuentra más allá del bote. Por último, se le ha añadido el cielo y se ha retocado la iluminación y el contraste de la escena.

Finalmente se ha exportado lo realizado en Nuke a Adobe Premiere, donde se le ha añadido sonido y como último toque para la posterior exportación del vídeo que muestra el resultado final.

#### **5.1.4. RENDER FINAL**

Tras todo lo expuesto anteriormente, se añaden la Figura 8 y la Figura 9 para mostrar el resultado final de esta generación digital de un océano procedural con simulación de fluidos de aguas bravas y un acabado realista. En ellas, se contempla cómo el pequeño bote navega a través de un océano tormentoso, siendo golpeado por las grandes olas y produciendo espuma y salpicaduras a su paso.



*Figura 8: Fotograma 70 extraído del proyecto. Fuente y elaboración propias.*



*Figura 9: Fotograma 120 extraído del proyecto. Fuente y elaboración propias.*

## 5.2. PROYECTO 2: ESCENA 3D DE UN FLUIDO PROCEDURAL PARA PUBLICIDAD

Houdini es una herramienta muy versátil que no solo se centra en la industria cinematográfica, como se ha comentado anteriormente. Sus posibilidades van mucho más allá, llegando a abarcar sectores como el de los videojuegos o incluso el de la publicidad. En este último, el programa está siendo cada vez más demandado debido a los resultados increíblemente realistas que se obtienen, la infinidad de posibilidades que ofrece y los costes que consigue abaratar.

Para un artista de efectos visuales es importante tener la experiencia suficiente para poder desenvolverse en cualquier tipo de proyecto, ya sea para cine, videojuegos o publicidad. En este último ámbito, el publicitario, los renders de producto son uno de los objetivos más comunes para los que se utiliza Houdini. Consisten en simulaciones o imágenes fotorrealistas generadas por ordenador para destacar de una forma impecable, limpia y llamativa un producto que quiere ser vendido, por medio de técnicas de iluminación digital, texturizado, y composición.

### 5.2.1. OBJETIVOS

El segundo y último proyecto a llevar a cabo tendrá como objetivo principal simular un render de producto, demostrando así la versatilidad de Houdini al poder enfocarse también al sector publicitario. Concretamente, se pretende generar una interacción entre un fluido lácteo y unos clásicos cereales y recrear el estilo de un *spot* de una forma realista.

### 5.2.2. METODOLOGÍA

Para desarrollar este proyecto, el primer paso es la búsqueda de referencias y documentación, del mismo modo que en el anterior proyecto. En este caso, se realiza un estudio sobre *spots* publicitarios que anuncien productos alimenticios sobre leche, café, granos de café, galletas, cereales, etc. De esta forma se entenderá cómo son lanzados al mercado y la estética que persiguen para llamar la atención del público objetivo.

Una vez claras las referencias, se crea la geometría 3D de los cereales mediante un nodo básico que añade una figura geométrica con forma de aro, similar a los clásicos cereales americanos, y se le aplican sus correspondientes texturas. El siguiente paso es la creación de las partículas para la generación del fluido, es decir, la leche. El fluido parte de una figura geométrica que, mediante la adición de ciertos nodos, pasa a ser partículas, a las cuales se les varía su cantidad, viscosidad, aspecto e incluso su gravedad. Para que ambas geometrías colisionen, se llevan a cabo una serie de modificaciones en sus nodos y del mismo modo se producen las colisiones del resto de planos.

Antes de renderizar el proyecto, se crea la iluminación y se aplican cambios en sus parámetros para conseguir el aspecto deseado. Asimismo, se sitúan y animan las diferentes cámaras, teniendo en cuenta en todo momento las referencias escogidas.

Por último, se ajustan los parámetros del motor de render y se renderizan todos los elementos y posteriormente, en el programa de composición, se realizan distintas correcciones. Finalmente, se exporta y con el programa de edición y montaje se efectúan los últimos detalles, antes de pasar al render final.

### 5.2.3. DESARROLLO

Para llevar a cabo este proyecto, se han buscado las referencias en base a distintos *spots* de estas características. Aunque se publiciten productos distintos a los que se van a generar, se han tomado como referencia por su forma tan profesional, limpia y sofisticada de presentarlos. Dichas referencias se muestran en la Figura 10 y pueden encontrarse en la bibliografía. Además, en una de ellas se observa el comportamiento de un fluido y su interacción entre los distintos granos de café, lo que es equiparable a los cereales mezclados con la leche que se pretenden elaborar.

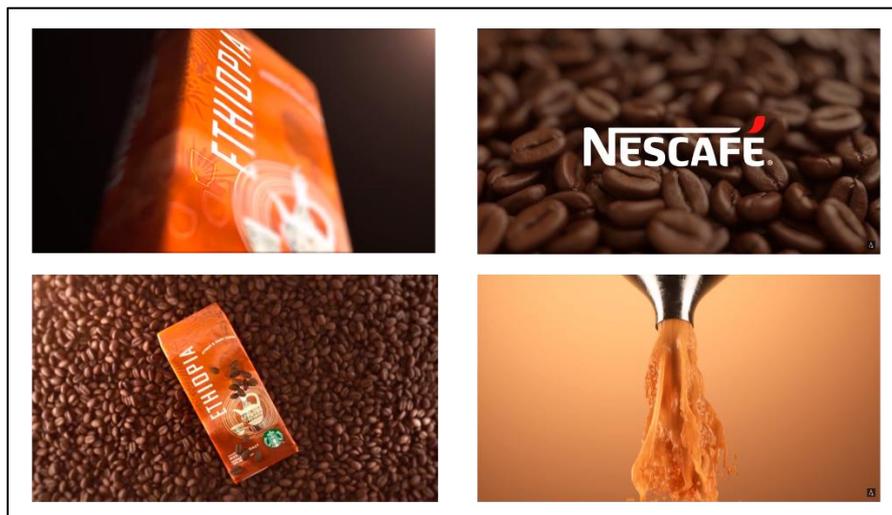


Figura 10: Referencias seguidas para el proyecto 2. Fuente PrasannaJPaul (2020) (izquierda) y Arthur Whitehead (2019) (derecha).

Cuando ambas referencias son entendidas, se procede a la creación de la geometría, en este caso los cereales. Se añade el nodo *torus*, que crea una figura geométrica similar a un donut o rosquilla, al cual se le realizan ciertas modificaciones para conseguir el aspecto de un auténtico cereal americano.

Debido a la naturaleza procedural de Houdini, para la elaboración del resto de cereales se utilizan una serie de nodos que permiten elegir la cantidad que se desee, pudiendo modificarla en cualquier momento del proceso, debido a su naturaleza procedural. Además, se añade otro nodo, que será en el que se aplican fuerzas tales como la de la gravedad, entre otras, para hacer que los cereales se desplacen y se muevan de una forma determinada, simulando la caída de éstos al verterlos desde la caja. Todo esto queda reflejado en la Figura 11.

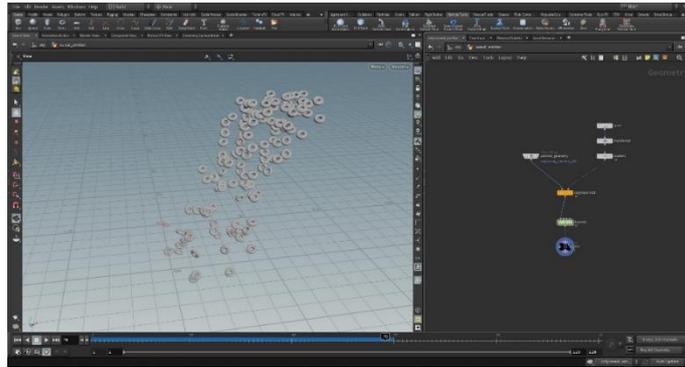


Figura 11: Creación de los cereales. Fuente y elaboración propias.

Para la generación del fluido se debe crear previamente un nodo de geometría que recibe el nombre de *fluid emitter*, dentro del cual se añade el nodo llamado *platonic*, un sólido tridimensional con forma de icosaedro. Una vez obtenida dicha geometría, para producir las partículas del fluido se selecciona la herramienta *emit particle fluid*. Esta herramienta es la encargada de formar todas las partículas necesarias para la elaboración del fluido. Para variar su viscosidad, cantidad de partículas emitidas, su gravedad, etc., se deben modificar ciertos parámetros, hasta conseguir el resultado deseado.

Asimismo, el parámetro de posición de la leche se vincula, invirtiendo la coordenada X, al de la geometría de los cereales. Esto consigue situar la leche a la misma altura que los cereales, pero, sobre todo, permite que cualquier cambio realizado a éstos, se aplique también de forma automática a la leche, como si de un espejo se tratase. Para dar la sensación de caída y de movimiento no uniforme se le aplica una fuerza que recibe el nombre de *POP wind* y se modifica todo lo necesario para conseguir el aspecto buscado. Todo este proceso queda expuesto en la Figura 12.

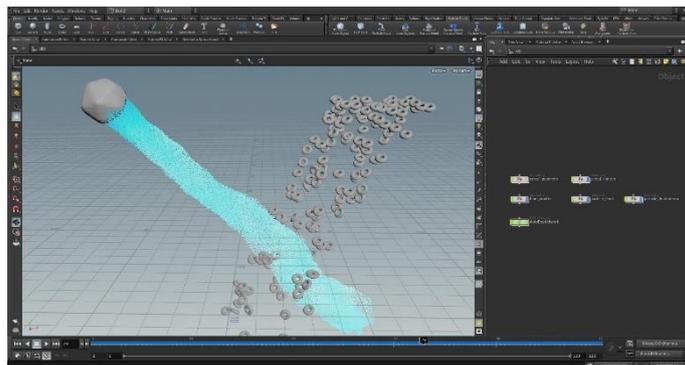


Figura 12: Leche y cereales sin colisionar. Fuente y elaboración propias.

Una vez hecho todo esto, el siguiente paso es hacer que los cereales colisionen con la leche. Hasta el momento, la geometría de los cereales únicamente atravesaba el fluido, pero no interactuaba con él, se trataba de dos objetos independientes. Por esta razón, para hacer que los cereales caigan, atraviesen la leche, se generen salpicaduras y que el fluido de la leche se rompa, es necesario realizar una serie de modificaciones en los nodos existentes.

Tras conseguir que los cereales interactuemos con la leche, tal y como se muestra en la Figura 13, el siguiente y último paso antes de aplicar materiales y texturas, es la conversión de las partículas del fluido a un volumen para alcanzar el aspecto del lácteo. Para lograrlo, se ha hecho uso de distintos nodos conocidos como *VDB* y su resultado puede contemplarse en la Figura 14.

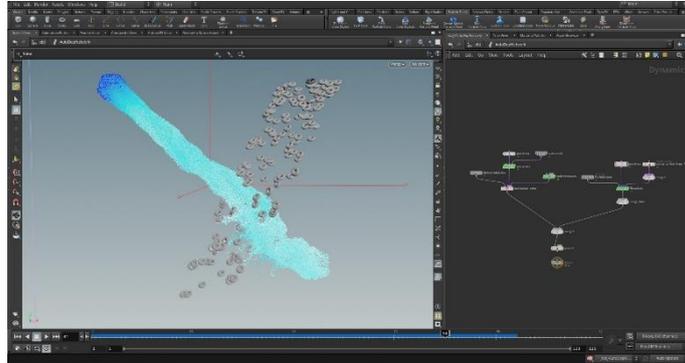


Figura 13: Colisión entre cereales y leche. Fuente y elaboración propias.

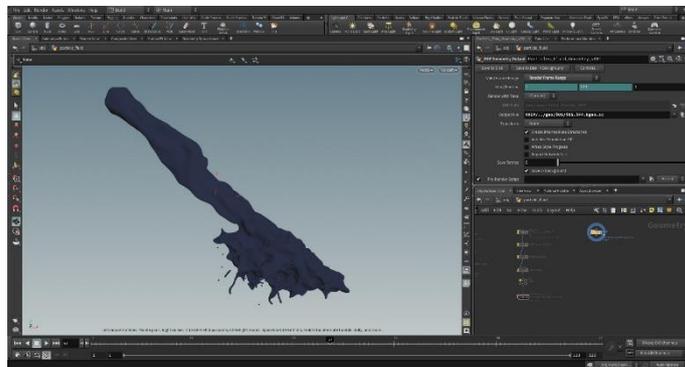


Figura 14: Partículas de la leche convertidas en fluido. Fuente y elaboración propias.

Para poder finalizar el proyecto, antes de llevar a cabo el render se le aplican los materiales y texturas que simulen los que poseen estos dos alimentos en la realidad. Asimismo, la iluminación y la perspectiva que se consigue con la cámara, permite que el acabado de ambos productos sea más realista y profesional.

La realización del resto de planos, como el de los cereales dispersos sobre una superficie y el primer plano de los cereales cayendo dentro del bol, también se generan con el programa en cuestión. El proceso para efectuar ambos planos es el mismo que cuando los cereales colisionan con la leche, la única diferencia es que los cereales esta vez colisionan con la geometría de la superficie, que se trata de un plano horizontal, y un bol. Cuando ambas colisiones se obtienen, el siguiente paso es la creación de una cámara nueva y el desplazamiento de las luces utilizadas previamente para conseguir una iluminación similar al plano de la leche y los cereales. Ambos planos quedan expuestos en la Figura 15 y 16.

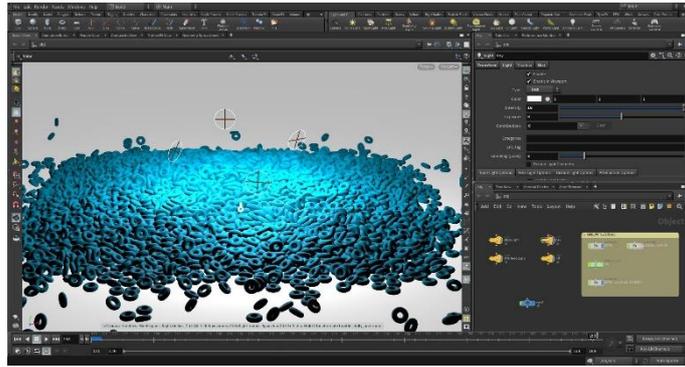


Figura 15: Colisión entre los cereales y la superficie creada. Figura y elaboración propias.

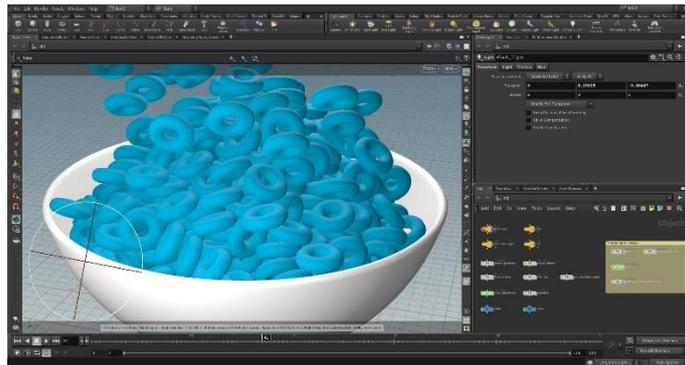


Figura 16: Colisión entre los cereales y el bol creado. Figura y elaboración propias

El último paso durante la fase de producción es la elaboración y composición del último plano. Dicho plano se expone en la Figura 17 y se trata de un bodegón en el que se muestra el bol con los cereales utilizados previamente, junto a una botella de cristal que contiene leche. Además, hay unos pocos cereales esparcidos en la superficie del suelo, creados mediante el mismo mecanismo utilizado anteriormente. A diferencia del resto de planos, se sustituye la iluminación anterior por un HDRI, debido a que el material del cristal reacciona mejor a este tipo de iluminación.

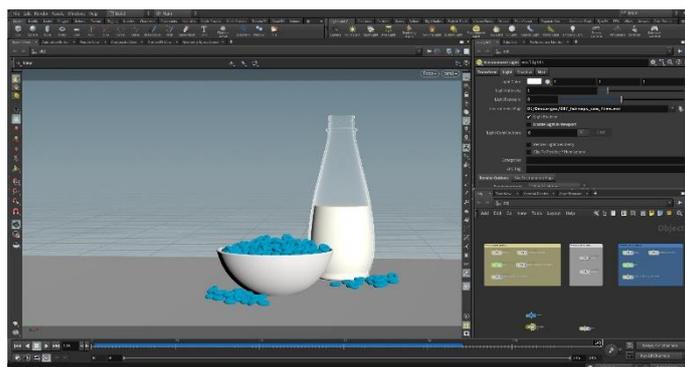


Figura 17: Bodegón plano final de cereales y leche. Fuente y elaboración propias.

Quando todo el proceso de producción finaliza, se procede a renderizar los diferentes planos. Una vez renderizados, en postproducción se realizan todos aquellos retoques necesarios para conseguir el objetivo propuesto. Los cambios que se pretenden hacer se refieren al ruido generado por las luces de la escena, la inclusión de profundidad de campo, la variación del *timing* para conseguir que ciertas partes vayan más lentas que otras, movimientos de cámara adicionales, etc. Además, se le añade una

música que potencie la energía de las imágenes y un fondo llamativo y complementario al color usado en los cereales, que además presenta su punto más claro allá donde se quiere dirigir la mirada del espectador.

#### 5.2.4. RENDER FINAL

Después de llevar a cabo todos los procesos expuestos en el apartado anterior, se procede a presentar la Figura 18. Un *collage* de los cuatro planos renderizados con sus respectivos materiales, texturas y fondos. Asimismo, en planos como en el que aparece la leche o el bol, puede contemplarse la colisión creada previamente, que es la que permite conseguir la interacción y el aspecto buscado, junto a la iluminación y composición del plano.



Figura 18: Fotogramas renderizados del proyecto. Figura y elaboración propias.

## 6. CONCLUSIONES

Desde el principio, este Trabajo Final de Grado, ha tenido como objetivo principal la realización de dos proyectos con el software Houdini de SideFx, los cuales han sido resueltos con un acabado realista y profesional, cumpliendo el objetivo principal. Ambas obras audiovisuales se anexan al final de esta memoria. Además, se ha seguido un flujo de trabajo similar al utilizado en las grandes producciones de la industria actual, empezando por la búsqueda de referencias en la preproducción, siguiendo con el desarrollo de los proyectos en la fase de producción y concluyendo con todos los ajustes necesarios en la fase de postproducción. De este modo, se ha conseguido el aspecto deseado para cada uno de ellos, demostrando así el potencial y la versatilidad de Houdini, otro de los propósitos clave del trabajo.

A modo de reflexión personal y pensando también en posibles aplicaciones prácticas tras los conocimientos adquiridos durante la elaboración de este TFG, me gustaría mencionar algunas conclusiones obtenidas y problemas encontrados a la hora de llevar a cabo este trabajo. Refiriéndome a la parte teórica del mismo, estudiar la diferencia entre efectos especiales y visuales, así como su evolución a lo largo de la historia, me ha permitido entender por qué son lo que son hoy en día. Además, con la llegada de la era digital, las posibilidades de creación y la exigencia de los espectadores se elevan exponencialmente, y los cineastas deben darlo todo para seguir cautivando al público del mismo modo que Méliès lo hacía con su magia e ingenio. Aun así, cuando nos referimos a efectos visuales, tendemos a pensar en postproducción, pero haber estudiado el *pipeline* de los VFX en una producción real, me ha enseñado el gran peso que poseen durante todo el proceso, no sólo en la postproducción, sino también en la producción misma e incluso en la preproducción. Son muchísimas las personas involucradas en cada una de estas fases y, para lograr entrar en el sector es muy útil, o casi necesario, tener una red de contactos con los profesionales de la industria. Gracias al breve cuestionario que se les realizó, actualmente formo parte en distintas redes sociales como Facebook, Instagram y WhatsApp, de diversos chats de grupo con artistas de carácter nacional e internacional acerca de novedades e información práctica sobre todo lo relacionado con los efectos visuales.

En cuanto a la parte práctica del trabajo, haber desarrollado los proyectos con Houdini me ha llevado a comprender su lógica, familiarizarme con su interfaz y su flujo de trabajo basado en nodos, adquiriendo así una serie de habilidades y conocimientos muy útiles para mi futuro profesional. Tanto es así que ya he empezado a realizar otros proyectos en este software, con tal de explorar y aprender otro tipo de efectos como el fuego y las explosiones.

Del mismo modo, además de contar con la información recabada del estudio y comparativa de los distintos softwares del mercado y con los resultados obtenidos de las opiniones de los profesionales encuestados, ahora puedo constatar de primera mano, que Houdini es, a día de hoy, la mejor herramienta para la generación de efectos visuales procedurales y de partículas.

Todas estas conclusiones ha sido posible extraerlas gracias a haber cumplido con éxito todos y cada uno de los objetivos planteados al inicio de este TFG. Pero de la misma forma que he podido obtener conclusiones positivas, también he encontrado diversos obstáculos que resolver. Houdini es un programa muy complejo de comprender y requiere de ciertos conocimientos de matemáticas, física y programación. Además, se dispone de muy poca documentación al respecto y toda la que hay se encuentra en inglés y no muy bien explicada. A su vez, se necesita un ordenador muy potente para almacenar los pesados archivos que genera el programa, pero, sobre todo, para poder obtener un resultado de una calidad aceptable sin tener que esperar horas para renderizar un solo *frame*. También he sufrido algún contratiempo debido a la situación excepcional de confinamiento decretada para luchar contra la pandemia del COVID-19, la cual se ha vivido durante los meses en los que estaba realizando este trabajo, lo que provocó que el desarrollo del mismo se viese ralentizado.

A pesar de estos inconvenientes, Houdini está suponiendo una revolución en la industria, ya que los resultados y ventajas que ofrece frente a otros softwares vencen las adversidades que pueden suponer aprender a manejarlo. Es capaz de hacer frente a las exigencias cada vez mayores de la industria, no solo por su potencia y el grado de realismo, sino porque los efectos visuales están cada vez más presentes en todas y cada una de las producciones, y Houdini ha demostrado ser capaz de adaptarse a cualquier sector audiovisual. Y es que, para seguir sorprendiendo, los VFX deben seguir evolucionando de la mano del espectador. Deben seguir siendo capaces de transportarnos a tierras muy muy lejanas, a lugares realmente mágicos llenos de criaturas maravillosas y efectos increíbles, y al mismo tiempo, haciéndonos apreciar algo nuevo en la belleza de lo cotidiano, y todo ello sin que podamos percibir que todo aquello que vemos no es real.

Definitivamente, con la realización de este trabajo he podido dar los primeros pasos hacia este sector tan apasionante. Los efectos visuales han formado parte del cine desde sus inicios, forman una gran parte de su presente y tendrán mucha más importancia en su futuro, y poder formar parte de él, será mi principal objetivo profesional.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abuín, A., (2010). Zona master 3D: *Avatar*, el James Cameron de siempre. *Render out: Pixeltale magazine*, 13, 29-48. Recuperado de <https://renderout.es/revista/>
- Aresté, J., (2009). Historia del cine y lo VFX: George Méliès: El padre de los efectos especiales en el cine. *Render out: Pixeltale magazine*, 11, 33-38. Recuperado de <https://renderout.es/revista/>
- Armenteros, M., Benítez, A., Fernández, M., García, A., Jiménez, I., López, J., López, A., ... Utray, F. (2015). *Postproducción digital: una perspectiva contemporánea*. Madrid: Dykinson.
- Barper, C. (2017, noviembre 27). Diferencias entre efectos especiales y visuales [Entrada blog]. Recuperado de <http://www.lapausadelrender.com/edicion-y-posproduccion/efectos-especiales-vs-efectos-visuales/>
- Budd418. (2011, febrero 17). *Deadliest catch (North Sea storm)* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/CcbkCUeuWwk>
- Budd418. (2017, febrero 10). *Fishing vessel Lapwing PD972 in a poor day on the North Sea* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/cCkkKvJoeQg>
- Delgado, M., (2008). Historia del Cine y los FX: Stan Winston: “Nada es imposible”. *Render out: Pixeltale magazine*, 5, 49-56. Recuperado de <https://renderout.es/revista/>
- del Moral, P., (2007). Historia del Cine y los FX: *Tron*. *Render out: Pixeltale magazine*, 2, 39-41. Recuperado de <https://renderout.es/revista/>
- Dolara, N. (2018, abril 9). 5 razones por las que *2001: Una odisea en el espacio* es aún una película sin comparación 50 años después de su estreno. *The objective*. Recuperado de <https://theobjective.com/further/razones-2001-una-odisea-en-el-espacio-pelicula-sin-comparacion-50-anos-despues/>
- Educba. (s.f). Maya vs Houdini [Entrada blog]. Recuperado de <https://www.educba.com/maya-vs-houdini/>
- Esperando el render. (2020, febrero 15). *La magia de Houdini en el cine: Efectos y cinematografía* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/PDjV16vpRuQ>
- Espinof. (2019, julio 19). *Las películas que fundaron la animación y los efectos CGI: de Tron a Toy Story* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/gQzp78VOF18>
- Formadisseny. (2018, octubre 10). Los efectos visuales en el cine [Entrada blog] Recuperado de <https://www.formadisseny.com/los-efectos-visuales-en-el-cine/>

- Fxxaoo. (2018, noviembre 13). *What is the best 3d software which should I learn Maya, 3dsMax, Cinema 4D, Houdini, Blender, etc* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/oFPPC4shBtM>
- Gallardo, N. (2014, mayo 9). Diferencia entre Efectos Especiales (FX) y Efectos Visuales (VFX) [Entrada blog]. Recuperado de <https://noelgallardo.wordpress.com/2014/05/09/diferencia-entre-efectos-especiales-fx-y-efectos-visuales-vfx/>
- Gallego, H. (2020, enero 16). Qué son y tipos de VFX en cine [Entrada blog]. Recuperado de <https://www.notodoanimacion.es/que-son-y-tipos-de-vfx/>
- Hamilton, J. (1998). *Efectos visuales en cine y televisión*. Barcelona: Molino.
- Hernández, G. (2015). *Efectos visuales: Desarrollo y evolución a lo largo de la historia del cine*. (Trabajo de Fin de Grado. Universidad Politécnica de Valencia, Comunidad Valenciana). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/57346>
- Herreros, J. (2018). *VFX: ¿qué es y cuál ha sido su evolución?*. Recuperado de <https://www.icemd.com/digital-knowledge/articulos/vfx-que-es/>
- InspirationTuts. (2019, septiembre 17). *Maya vs 3dsMax vs Cinema 4D vs Houdini vs Blender* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/wmnx4-ip0qw>
- Jiménez, C. (2018). *Introducción a VFX para cine*. *Domestika.org*. Recuperado de <https://www.domestika.org/es/courses/297-introduccion-a-vfx-para-cine>
- Jiménez, C. (2019, marzo 22). *La tecnología de los VFX digitales para cine | T3chFest 2019* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/D39he1DwmQg>
- Jiménez, J. (2016, junio 17). *Historia del CGI en el cine | 1973-2009* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/1qkc28lZ-kw>
- Lindblad, M. (2018, abril 3). *Houdini Overview: VFX and 3D modeling software* [Entrada blog]. Recuperado de <https://filtergrade.com/houdini-overview-vfx-3d-modeling-software/>
- Mercado, P. (2018). *Los tipos de motores de render*. Recuperado de <http://www.industriaanimacion.com/2018/03/los-tipos-de-motores-de-render/>
- Naranjo, J. (2018, noviembre 22). ¿Pasa el futuro de Hollywood por los actores digitalizados en 3D?: Las grandes productoras están escaneando a los actores de las sagas más famosas para cubrirse las espaldas en caso de imprevistos graves. *Crónica Global: El español*. Recuperado de [https://cronicaglobal.elespanol.com/creacion/futuro-hollywood-actores-digitalizados-3d\\_201625\\_102.html](https://cronicaglobal.elespanol.com/creacion/futuro-hollywood-actores-digitalizados-3d_201625_102.html)
- Navarro, T., (2020, junio 4). *Escena 3D de un océano procedural* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/u0gIHJNzyjE>

- Navarro, T., (2020, junio 29). *Escena 3D de un fluido procedural para publicidad* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/DtFwtF16rY4>
- OcurrenciaTV. (2018, mayo 14). *Historia de los efectos especiales en 5 minutos* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/8w3OrIXVv6k>
- Pascual, J. (2018). *Cada vez más actores se digitalizan en 3D para seguir actuando cuando mueran.* Recuperado de <https://computerhoy.com/noticias/entretenimiento/cada-vez-mas-actores-digitalizan-3d-seguir-actuando-cuando-mueran-316571>
- PrasannaJPaul [@prasanna\_ar]. (2020, mayo 1). *Check out our vfx work on the recent @starbucks product reveal. We generated more than 20,000 unique coffee beans using tyflow Phyx* [Vídeo]. Instagram. [https://www.instagram.com/p/B\\_peS3JliJN/?igshid=x5qiss6fyw1n](https://www.instagram.com/p/B_peS3JliJN/?igshid=x5qiss6fyw1n)
- Render out, (2009). Entrevista: Daniel P. Ferreira. *Render out: Pixeltale magazine*, 11, 79-84. Recuperado de <https://renderout.es/revista/>
- Rockets Films. (2015, octubre 28). *La historia de los efectos especiales* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/ql3vorKeYK8>
- Sengar, R. (2018, agosto 8). Common softwares used by visual effects or artists to make animation full of life [Entrada blog]. Recuperado de <http://www.postproductioninstitute.com/blogs/common-software-used-visual-effects-or-vfx-artists-make-animation-full-life>
- Surfaced Studio. (2018, junio 17). *What is the best 3D Software? Maya vs 3dsMax vs Cinema 4D vs Houdini vs Blender* [Vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/8BT4YSOjTas>
- The Rookies. (2019a). Free software: to start learning. *The rookies: creative industry magazine*, 1, 25. Recuperado de <https://discover.therookies.co/2019/05/06/beginners-guide-to-becoming-a-visual-effects-vfx-artist/>
- The Rookies. (2019b). Professional software: recommended for VFX artists. *The rookies: creative industry magazine*, 1, 26-27. Recuperado de <https://discover.therookies.co/2019/05/06/beginners-guide-to-becoming-a-visual-effects-vfx-artist/>
- Urrero, G., (2019). George Méliès. *Render out: Pixeltale magazine*, 19, 23-28. Recuperado de <https://renderout.es/numero-19-mayo-2019/>
- Vegas, F., (2008). Historia del Cine y los FX: *Beowulf* y la captura de movimiento. *Render out: Pixeltale magazine*, 6, 55-58. Recuperado de <https://renderout.es/revista/>

Whitehead, A., (2019, diciembre 10). *Nescafe 3D Liquid Animation Motion Graphics 4K Commercial - C4D, Octane and Realflow* [Vídeo]. Recuperado de [https://youtu.be/Ku\\_rl25Fb5w](https://youtu.be/Ku_rl25Fb5w)

Xatakatv. (2016, mayo 5). *La magia del CGI: los mejores gráficos generados por ordenador* [Vídeo]. Recuperado de [https://youtu.be/7TSto\\_crGpc](https://youtu.be/7TSto_crGpc)

Zhou, R. (2018, octubre 18). *Maya vs 3ds Max vs Houdini vs Cinema 4D vs Blender* [Entrada blog]. Recuperado de <https://medium.com/@rylezhou/maya-vs-3ds-max-vs-houdini-vs-cinema-4d-vs-blender-76d173696f2a>

## FILMOGRAFÍA

- Bayona, J. (Director). (2012). *Lo imposible* [Película]. Telecinco Cinema.
- Benioff, D., Weiss, D., Strauss, C., Doelger, F., Caulfield, B., Martin, G. (Eds.). (2011-2019). *Juego de Tronos* [Serie TV]. Television 360; Grok! Television; Generator Entertainment; Startling Television; Bighead Littlehead.
- Berger, L., Korda, Z., Korda, A., Powell, M., Whelan, T., Menzies, W. (Directores). (1940). *El ladrón de Bagdad* [Película]. London Films.
- Cameron, J. (Director). (1991). *Terminator 2: El juicio final* [Película]. Carolco Pictures; Pacific Western; Lightstorm Entertainment; Canal+; T2 Productions.
- Cameron, J. (Director). (2009). *Avatar* [Película]. 20th Century Fox.
- Chaffey, D. (Director). (1963). *Jasón y los argonautas* [Película]. Morningside Productions.
- Cooper, M., Schoedsack, E. (Directores). (1933). *King-Kong* [Película]. RKO Radio Pictures.
- Condon, B., Weitz, C., Slade, D., Hardwicke, C. (Directores). (2008-2012). *Crepúsculo: La saga* [Película]. Paramount Pictures; Summit Entertainment.
- Crichton, M. (Director). (1973). *Almas de metal* [Película]. Metro-Goldwyn-Mayer.
- Daniel, S., Brown, J., Bagiński, T., Sawko, J., Schmidt, L., Sakharov, A. (Eds.). (2019-presente). *The witcher* [Serie TV]. Sean Daniel Company; Stillking Films; Platige Image; One of Us; Cinesite.
- de Chomón, S. (Director). (1908). *El hotel eléctrico* [Película]. Pathé Frères.
- de Chomón, S. (Director). (1907). *La casa encantada* [Película]. Pathé Frères.
- Edwards, G. (Director). (2016). *Rogue One: Una historia de Star Wars* [Película]. Lucasfilm.
- Favreau, J., Filoni, D., Kennedy, K., Wilson, C. (Eds.). (2019-presente). *The Mandalorian* [Serie TV]. Lucasfilm.
- Heffron, R. (Director). (1976). *Mundo Futuro* [Película]. Metro-Goldwyn-Mayer.
- Hitchcock, A. (Director). (1958). *Vértigo* [Película]. Alfred J. Hitchcock Productions.
- Howard, R. (Director). *Willow* [Película]. Lucasfilm; Imagine Entertainment.
- Jackson, P. (Director). (2001-2003). *El señor de los anillos: Trilogía* [Película]. New Line Cinema.
- Kubrick, S. (Director). (1968). *2001: Una odisea en el espacio* [Película]. Metro-Goldwyn-Mayer.
- Landis, J. (Director). (1981). *Un hombre lobo americano en Londres* [Película]. American Werewolf Inc.
- Lang, F. (Director). (1927). *Metrópolis* [Película]. UFA.

Lasseter, J. (Director). (1995). *Toy Story* [Película]. Pixar Animation Studios; Walt Disney Pictures.

Levinson, B. (Director). (1985). *El secreto de la pirámide* [Película]. Amblin Entertainment.

Lisberg, S. (Director). (1982). *Tron* [Película]. Lisberger/Kushner; Walt Disney Productions.

Lucas, G. (Director). (1977). *La guerra de las galaxias* [Película]. Lucasfilm.

Lumière, L. (Director). (1895). *La salida de la fábrica Lumière en Lyon* [Documental].

Lumière, L. (Director). (1895). *La llegada de un tren a la estación de La Ciotat* [Documental].

Méliès, G. (Director). (1895). *Escamoteo de una dama* [Película]. Théâtre Robert-Houdin.

Méliès, G. (Director). (1900). *El hombre orquesta* [Película]. Star Film.

Méliès, G. (Director). (1903). *El melómano* [Película]. Star Film.

Méliès, G. (Director). (1902). *El viaje a la luna* [Película]. Star Film.

Mény, J. (2005). *Méliès, el mago del cine* [Video-DVD]. Madrid: Divisa Home Vídeo.

Miller, G. (Director). (2015). *Mad Max: Furia en la carretera* [Película]. Kennedy Miller Mitchell; Village Roadshow Pictures.

Nolan, C. (Director). (2010). *Origen* [Película]. Legendary Pictures; Syncopy Films; Village Roadshow Pictures.

Rønning, J., Sandberg, E. (Directores). (2017). *Piratas del Caribe: La venganza de Salazar* [Película]. Walt Disney Pictures; Jerry Bruckheimer Films.

Smith, A. (Director). (1984). *Las aventuras de André y Wally B.* [Película]. Pixar; The Graphics Group.

Spielberg, S. (Director). (1975). *Tiburón* [Película]. Universal Studios.

Spielberg, S. (Director). (1993). *Parque Jurásico* [Película]. Amblin Entertainment.

Zemeckis, R. (Director). (2004). *Polar Express* [Película]. Castle Rock Entertainment; ImageMovers; Playtone; ImageMovers.

Zemeckis, R. (Director). (2007). *Beowulf* [Película]. Shangri-La Entertainment; ImageMovers.

Wachowski. (Directores). (1999). *Matrix* [Película]. Warner Bros; Village Roadshow Pictures; Groucho II Film Partnership.

Wan, J. (Director). (2015). *Fast & Furious 7* [Película]. Universal Pictures.

Whitney, J. (Director). (1961). *Catalog* [Cortometraje].

## TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Preguntas y posibles respuestas del cuestionario realizado. Fuente y elaboración propias.....	7
Tabla 2: Especialización softwares analizados. Fuente y elaboración propias. ....	28
Figura 1: El pipeline de VFX. Fuente: Jiménez, 2018 .....	16
Figura 2: Resultado de la primera pregunta. Fuente y elaboración propias. ....	20
Figura 3: Resultado de la segunda pregunta. Fuente y elaboración propias.....	21
Figura 4: Referencias seguidas para el proyecto 1. Fuente Budd418 (2011) (izquierda) y Budd418 (2017) (derecha). ....	31
Figura 5: Estado del bote y del océano inicialmente. Fuente y elaboración propias.....	32
Figura 6: Bote y océano modificados. Fuente y elaboración propias.....	33
Figura 7: Creación de las salpicaduras y la niebla. Fuente y elaboración propias. ....	34
Figura 8: Fotograma 70 extraído del proyecto. Fuente y elaboración propias.....	35
Figura 9: Fotograma 120 extraído del proyecto. Fuente y elaboración propias.....	35
Figura 10: Referencias seguidas para el proyecto 2. Fuente PrasannaJPaul (2020) (izquierda) y Arthur Whitehead (2019) (derecha).....	37
Figura 11: Creación de los cereales. Fuente y elaboración propias. ....	38
Figura 12: Leche y cereales sin colisionar. Fuente y elaboración propias. ....	38
Figura 13: Colisión entre cereales y leche. Fuente y elaboración propias.....	39
Figura 14: Partículas de la leche convertidas en fluido. Fuente y elaboración propias. ....	39
Figura 15: Colisión entre los cereales y la superficie creada. Figura y elaboración propias. ....	40
Figura 16: Colisión entre los cereales y el bol creado. Figura y elaboración propias.....	40
Figura 17: Bodegón plano final de cereales y leche. Fuente y elaboración propias. ....	40
Figura 18: Fotogramas renderizados del proyecto. Figura y elaboración propias.....	41

## ANEXOS

Proyecto 1: Vídeo “Escena 3D de un océano procedural”

Proyecto 2: Vídeo “Escena 3D de un fluido procedural para publicidad”