



GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS AUDIOVISUALES Y MULTIMEDIA

Curso Académico 2021/2022

Trabajo Fin de Grado

UTILIZACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL PARA EXPLICAR DISEÑOS COMPLEJOS

Autora: Julia Ortiz Naharro

Tutor: Dr. Jesús María González Barahona

Trabajo Fin de Grado

UTILIZACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL PARA EXPLICAR DISEÑOS COMPLEJOS

Autora: Julia Ortiz Naharro

Tutor: Dr. Jesús María González Barahona

La defensa del presente Proyecto Fin de Carrera se realizó el día _____ de julio
de 2022, siendo calificada por el siguiente tribunal:

Presidente:

Secretario:

Vocal:

y habiendo obtenido la siguiente calificación:

Calificación:

Fuenlabrada, a de Julio de 2022

Dedicatoria

Esto se lo dedico en primer lugar a mis padres y mis hermanos, que han hecho de mí una mujer sin límites ninguno. He corrido como mis hermanos, he gritado he llorado me he caído me he manchado, he hecho todo y eso me ha hecho ver que se puede hacer todo lo que quieras si saber buscar la manera.

Me han enseñado a pelear por lo que es mío cuando algo me parecía injusto, y cuando no me lo parecía y los 4 me han acercado siempre al deporte que me parece un pilar fundamental en mi vida, tanto como base de respeto, responsabilidad, compromiso, salud.

También agradezco haber tenido a mi lado a mis mejores amigos, Bea, José Miguel, Francisco José y en último lugar a María Mayoral, que ha llegado a mi vida justo cuando tenía menos fuerzas que nunca cuando me tocaba rematar este trabajo y me ha dejado claro que en la vida no hay que pensar en nadie cuando tienes los objetivos claros, hay que conseguir cerrar tus ciclos y ver como adaptar tu vida y tu gente a ello, pero cuando hay una prioridad hay que saber asumirlo y ponerse a ello.

Además, a mi hermano Alex tengo que darle la mención especial de haber compartido este año tan difícil y de haberme apoyado y animado a terminar este proyecto para seguir avanzando.

A Carlos, mi pareja, que además de aguantarme también durante todo este proceso, me ha recordado cada día cual era mi objetivo y me ha apoyado siempre.

A mis profesores de realidad virtual de Málaga por enseñarme esta rama tan bonita de mi carrera y darme herramientas. A mi profesor Jesús María González Barahona por amoldarse a mí en un momento tan frágil, por animarme, ayudarme y hacérmelo tan fácil.

Y, por último, a la ONG con la que contacté y por la que nace este proyecto, y en particular a Ángel, el director de la parte de ingeniería que me ha ayudado en todo me ha entendido durante las malas rachas y me ha dado este proyecto tan especial.

Y a mí misma por no caer cuando no tenía fuerzas, por entender que hasta pensando que eres una persona fuerte se puede caer y aprendiendo a levantarme.

Dedicado a
mi familia y mis amigos,
por estar siempre.

©2022 Autora Julia Ortiz Naharro
Algunos derechos reservados
Este documento se distribuye bajo la licencia
“Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional” de Creative Commons,
disponible en
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

Índice

1.	Introducción	1
1.1	Objetivo general.....	1
1.2	Objetivos específicos	1
1.3	Estructura de la memoria	2
2.	Estado del arte.....	4
2.1	A-FRAME.....	4
2.2	BRACKETS.....	6
2.3	BLENDER	7
2.4	Otras tecnologías relacionadas.....	10
3.	Desarrollo del proyecto.....	16
3.1	Sprint 0	17
3.2	Sprint 1	20
3.3	Sprint 2	22
3.4	Sprint 3	32
3.5	Sprint 4	36
4.	Resultado final	44
4.1	Metodología.....	44
4.2	Prueba de la metodología con el ejemplo.....	47
5.	Conclusiones.....	61
5.1	Trabajo futuro	61
5.2	Lecciones aprendidas	61
5.3	Esfuerzo dedicado	62
	Bibliografía.....	64

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Framework web A-Frame.....	21
Ilustración 2 Escena A-Painter de A-Frame.....	22
Ilustración 3 Index.html del ejemplo de A-Frame en Github.....	23
Ilustración 4 Editor de texto Brackets.....	23
Ilustración 5 Software de modelado y animación 3D, Blender.....	25
Ilustración 6 Ejemplo editor de nodos.....	26
Ilustración 7 Tecnologías relacionadas con HTML.....	27
Ilustración 8 Ejemplo básico JavaScript.....	28
Ilustración 9 Github de Three.js.....	29
Ilustración 10 Inicio de la web de WEBGL.....	30
Ilustración 11 Gafas de Realidad Virtual Oculus Quest 2.....	31
Ilustración 12 Modelo y animación de un objeto para probar que Blender es una buena tecnología para el proyecto.....	34
Ilustración 13 Ejemplo de A-Frame escena básica.....	35
Ilustración 14 Visualizar escena básica A-frame.....	36
Ilustración 15 Fichero A-Frame de la escena.....	36
Ilustración 16 Simulación escena de prueba.....	37
Ilustración 17 Planos del proyecto BiciBomba otorgado por la ONG.....	38
Ilustración 18 Plano de una bomba de agua otorgados por la ONG.....	39
Ilustración 19 Escena inicial de Blender al arrancar el programa.....	40
Ilustración 20 Menú para añadir elementos en la escena de Blender.....	41
Ilustración 21 Menú de opciones al añadir un cilindro en Blender.....	42
Ilustración 22 Modo edición de Blender.....	43
Ilustración 23 Plano de la pieza que ancla la bomba al rodillo.....	44
Ilustración 24 Pieza Cylindrical Connector en Blender.....	44
Ilustración 25 Modelo 3D de cada una de las piezas del motor	45
Ilustración 26 Preferencias del sistema de Blender. Add-on tornillos y tuercas.....	46
Ilustración 27 Menú de opciones que aparece al añadir un tornillo o turca en Blender.....	47
Ilustración 28 Modelo 3D de una tuerca/palomilla.....	48
Ilustración 29 Motor y rodillo modelados.....	48
Ilustración 30 Animación de una tuerca.....	49
Ilustración 31 Web para descargar modelos gratuitos en 3 dimensiones.....	50
Ilustración 32 Web de descarga gratuita de mundos para entornos 360º.....	51
Ilustración 33 Fondo incorporado a la escena.....	51
Ilustración 34 Ficheros de texturas descargados de una web gratuita.....	52
Ilustración 35 Modo Shader dentro del objeto, diagrama de nodos para texturas.....	52
Ilustración 36 Fluidos en Blender.....	53
Ilustración 37 Escena y línea temporal de la animación de la cámara.....	54
Ilustración 38 Segundo 3 del render desde Blender de la animación montaje bomba.....	54
Ilustración 39 Segundo 10 del render desde Blender de la animación montaje bomba.....	55
Ilustración 40 Exportar modelo de Blender.....	55
Ilustración 41 Escena A-Frame funcionamiento BiciBomba.....	57
Ilustración 42 Primer frame del renderizado del funcionamiento desde Blender.....	57
Ilustración 43 Escena A-Frame del montaje de la bomba.....	58
Ilustración 44 Diferente ángulo de la escena montaje bomba A-Frame.....	58
Ilustración 45. Inicio de Blender.....	64

Ilustración 46 Modelado de una pieza en Blender.....	65
Ilustración 47 Notas tomadas en los planos originales.	66
Ilustración 48 Diseño de la animación del montaje.	67
Ilustración 49 Bicicleta descargada para importar en la escena del funcionamiento de la bomba.....	68
Ilustración 50 Cubo descargado para incluir en la escena del funcionamiento de la bomba. ...	69
Ilustración 51 Animación de la segunda escena en Blender.....	70
Ilustración 52 Menú de propiedades de materiales en Blender.....	71
Ilustración 53 Menú mundo Blender.....	71
Ilustración 54 iluminación para renderizar Blender.....	72
Ilustración 55 Vista de la escena desde la cámara.	72
Ilustración 56 Menú renderizar la escena.	73
Ilustración 57 Salida video Blender.	74
Ilustración 58 Formatos exportados de Blender.....	75
Ilustración 59 Fondo de la escena A-Frame.....	76

Resumen

Con este proyecto la intención es crear una metodología para alcanzar un entorno de realidad virtual que facilite procesos de formación y que ayude a comprender mejor los sistemas que con las vías tradicionales, es decir, sin incorporar ninguna tecnología, son más difíciles de interpretar.

Por lo tanto, se pretende crear un método por el cual se pueda llegar a una escena en 3 dimensiones a partir de planos o documentos en 2 dimensiones. Gracias a la tecnología de modelado en 3D y las aplicaciones de simulación de entornos virtuales, los procesos que tradicionalmente requerían de cierta formación previa o altos niveles de alfabetización, ahora se pueden entender y aprender sin ninguna de estas cualidades, ya que es más sencillo interpretar un video del montaje de un objeto que interpretar el plano con las piezas del mismo objeto, o entender el funcionamiento de un aparato cualquiera al adentrarse en una escena que simula la realidad que si tienes que leer un texto que lo describe, que además, ni siquiera tiene por qué estar escrito en un idioma que entienda el usuario.

Esta manera de hacerlo, es decir, esta metodología será propia y será testada a la par que se pone en uso, es decir, el ejemplo probará y creará simultáneamente el método. De esta manera, con la tecnología adecuada, es de seguro que siguiendo los pasos que en esta memoria se explican en detalle se logrará alcanzar el objetivo.

Por todo lo citado anteriormente en este punto, se ha llegado a la conclusión de que es importante desarrollar un modelo para crear entornos virtuales, sencillos de comprender, que recreen procedimientos que son complejos por su propia naturaleza. Ya que, además, a día de hoy, la tecnología que se emplea en este tipo de proyectos tiene la suficiente potencia para que las escenas sean cada vez más realistas y logren adentrar a los usuarios en experiencias inmersivas que facilitan el aprendizaje de los sistemas simulados.

Summary

This project's intention is to create a methodology to achieve a virtual reality environment that facilitates training processes and helps to better understand systems that are more difficult to interpret in traditional ways, i.e. without incorporating any technology.

Therefore, the aim is to create a method by which a 3D scene can be arrived at from 2D documents. Thanks to 3D modelling technology and virtual environment simulation applications, processes that traditionally required some prior training or high levels of literacy can now be understood and learned without any of these qualities, since it is easier to interpret a video of the assembly of an object than to interpret the plan with the parts of the same object, or to understand the operation of any device when entering a scene that simulates reality than if you have to read a text that describes it, which, moreover, does not even have to be written in a language that the user understands.

This way of doing it, that is to say, this methodology will be our own and will be tested at the same time as it is put into use, that is to say, the example will simultaneously test and create the method. In this way, with the appropriate technology, it is certain that by following the steps explained in detail in this report, the objective will be achieved.

For all the above reasons, it has been concluded that it is important to develop a model to create virtual environments, simple to understand, that recreate procedures that are complex by their very nature. Moreover, nowadays, the technology used in this type of projects is powerful enough to make the scenes more and more realistic, and to provide users with immersive experiences that facilitate the learning of the simulated systems.

1. Introducción

Este proyecto nace de la necesidad de mejorar procesos de formación o informativos en los cuales no se encuentra el experto presencialmente, tras apreciar que con los mecanismos tradicionales es más difícil de explicar el funcionamiento de cualquier sistema. Además, se añade la dificultad en ciertos momentos de no compartir la misma lengua y de que podemos encontrarnos con usuarios que tengan un nivel bajo de comprensión lectora. Por tanto, y gracias a las nuevas tecnologías de modelado en 3 Dimensiones, se decide hacer una escena de realidad virtual en la que se vea perfectamente cómo funciona dicho sistema y cómo se construye.

Además, es fruto del deseo de colaborar con una ONG, quiere decir con eso que se necesita llevar a cabo un proyecto de calidad con el mínimo presupuesto. A raíz de ahí, se decide utilizar únicamente softwares libres y comprobar que son viables para este proyecto.

Gracias a la creación de entornos de realidad virtual se consigue que el usuario pueda interactuar con el modelo, se trata de introducir herramientas innovadoras que hagan sencillo lo que hoy en día, sin aplicar dicha tecnología, resulta de compleja comprensión.

Cabe decir que la tecnología que se necesita para adentrarse en un entorno virtual, un dispositivo como pueden ser unas gafas de VR, con el paso del tiempo se está abaratando su coste, siendo incluso más barato que ciertos dispositivos móviles que están al alcance de muchos de nosotros.

Por tanto, y para concluir este punto, se destaca que el primer objetivo que se asume con este proyecto es probar que el resultado de aplicar tecnología a lo común es lograr un sistema mucho más sencillo y fácil de comprender, sin que ello requiera ni de avanzados conocimientos previos, ni grandes cantidades de dinero.

1.1 Objetivo general

El objetivo de este trabajo es explorar el modo de explicar sistemas complejos de manera sencilla. Esto se llevará a cabo mediante un proceso que consiste en pasar de lo tradicional a lo innovador, se trata de simplificar dichos sistemas aplicando la tecnología encargada de crear entornos de realidad virtual.

Este proceso será demostrado y probado con un ejemplo que a su vez contribuirá en la creación del método.

1.2 Objetivos específicos

Para la consecución del objetivo general citado en el punto anterior, y cumplir con todas las necesidades y limitaciones del proyecto se han fijado los siguientes objetivos específicos:

- Explorar la metodología.

- Experimentar el modo de diseñar el método.
- Elegir la tecnología necesaria para el proyecto.
- Definir los procesos que se han de llevar a cabo.
- Elaborar el método en sí mismo de manera que sea sencillo de seguir sin perder calidad.
- Construir el ejemplo que valida la metodología.
- Para alcanzar el objetivo anterior se ha de desplegar el modelo a un entorno de realidad virtual.
- Lograr que la validación y la construcción del método se desarrolle en paralelo, de manera iterativa.

1.3 Estructura de la memoria

La memoria se compone de una primera parte en la que se pone se sitúa al lector dentro del proyecto, de donde parte y cuál es el alcance del mismo. Posteriormente se explicarán las tecnologías, el desarrollo del proyecto y la metodología con la que concluye esta memoria. Esta memoria queda dividida en los siguientes apartados:

- 1- Introducción y objetivos: es el punto en el que nos encontramos y tiene como objeto contextualizar el proyecto y exponer los objetivos que se han marcado para su posterior desarrollo.
- 2- Estado del arte: En este apartado se desarrollan las descripciones de alto nivel de las tecnologías utilizadas durante la realización del proyecto y se añade una recomendación de las consideradas en esta metodología como herramientas a utilizar.
- 3- Desarrollo del proyecto: es el capítulo de la memoria en el que se describe de manera detallada cómo ha sido el desarrollo completo del proyecto.
- 4- Resultados: En este punto de la memoria se expone en detalle la metodología creada y se siguen todos los pasos de esta con un ejemplo.
- 5- Conclusiones: Para terminar la memoria se añade este capítulo de conclusiones en el que se añaden las lecciones aprendidas durante todo el proceso, las posibles mejoras que se pueden incluir al proyecto y la dedicación empleada en el mismo.

2. Estado del arte

Para llevar a cabo el proyecto se necesitan distintas tecnologías que sean capaces de llevar a cabo una o varias partes del proceso de creación de este.

En este punto de la memoria vamos a llevar a cabo el proceso contrario al del desarrollo y lo primero que es necesario saber para la creación de este proyecto es qué es un entorno de realidad virtual puesto que es el objetivo final que se trata de alcanzar.

La realidad virtual consiste en la creación de un escenario ficticio o simulado con apariencia semejante a la realidad.

Los entornos de realidad virtual envuelven al usuario en un ambiente 3D e intentan crear sensaciones a través de nuestros sentidos mediante una simulación generada mediante tecnología informática. Para lo cual se necesita un generador de contenido y un aparato de interacción, que usualmente podrían ser unas gafas de Realidad Virtual, en muchos casos, estos dispositivos tecnológicos permiten además la interacción con el entorno.

2.1 A-FRAME

Se ha decidido utilizar un framework gratuito, A-Frame, es una herramienta definida como un marco de trabajo que sirve como punto de partida para la organización y desarrollo de software, permite agilizar los procesos de desarrollo ya que evita tener que escribir código de forma repetitiva. Para el desarrollo de esta metodología se ha decidido utilizar A-Frame.

A-Frame es un marco web para crear experiencias de realidad virtual (VR) que se basa en la parte superior de HTML, por lo que es fácil comenzar. Pero no es solo un gráfico de escena 3D o un lenguaje de marcado; el núcleo es un poderoso marco de entidad-componente que proporciona una estructura declarativa, extensible y componible para three.js.

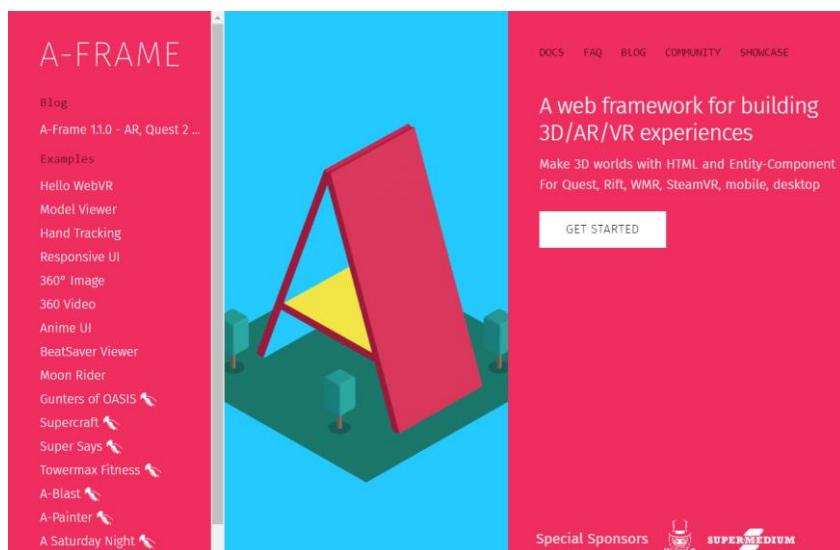


Ilustración 1 Framework web A-Frame.

Originalmente concebido dentro de Mozilla y ahora mantenido por los co-creadores de A-Frame dentro de Supermedium, A-Frame fue desarrollado para ser una forma fácil pero poderosa de desarrollar contenido de realidad virtual. Como proyecto independiente de código abierto, ha crecido hasta convertirse en una de las comunidades de realidad virtual más grandes.

En la web ¹incluye ejemplos de algunas escenas de realidad virtual de alto nivel que permite visualizarlos e interactuar con ellos, y además incluye la documentación ²necesaria para llevar a cabo el ejemplo, con explicaciones y fragmentos del fichero que explican cada paso:



Ilustración 2 Escena A-Painter de A-Frame.

Este framework es compatible con la mayoría de los auriculares VR como Vive, Rift, Windows Mixed Reality, Daydream, GearVR, Cardboard, Oculus Go e incluso se puede usar para realidad aumentada. Aunque A-Frame es compatible con todo el espectro, tiene como objetivo definir experiencias de realidad virtual interactivas totalmente inmersivas que van más allá del contenido básico de 360°, haciendo un uso completo del seguimiento posicional y los controladores.

A-Frame se puede desarrollar a partir de un archivo HTML simple sin tener que instalar nada, es decir, es necesario utilizar un editor de texto, pero requiere ninguna característica específica. En la siguiente ilustración se muestra un fragmento del fichero que se ha desarrollado para elaborar la escena de la ilustración 2:

¹ <https://aframe.io/>

² <https://github.com/aframevr/a-painter>

235 líneas (232 turnos) | 18,1 KB

Crudo Culpas

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <cabeza>
4     <juego de caracteres meta name="utf-8">
5     <título>A-Pintor </título>
6     <enlace rel="icon" href="img/icono-256.png">
7     <meta name="description" content="Pintar en realidad virtual en su navegador. Desarrollado por A-Frame.">
8     <script src="https://aframe.io/releases/v1.3.0/aframe.min.js"></script>
9     <script src="proevedor/aframe-input-mapping-component.js"></script>
10    <script src="build.js"></script>
11    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/clipboard@1.5.12/dist/clipboard.min.js"></script>
12    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/aframe-gltf-exporter-component@0.1.0/dist/aframe-gltf-exporter-component.min.js"></script>
13    <guion src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/aframe-blink-controls@0.3.0/src/index.min.js"></guion>
14    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/aframe-tooltip-component@0.1.2/dist/aframe-tooltip-component.min.js"></script>
15    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/aframe-orbit-controls@1.3.0/dist/aframe-orbit-controls.min.js"></script>
16    <enlace rel="hoja de estilo" href="css/main.css">
17    <enlace rel="icon" tipo="imagen/png" href="favicon-32x32.png" tamaños="32x32">
18    <enlace rel="icon" tipo="imagen/png" href="favicon-16x16.png" tamaños="16x16">
19    <enlace rel="manifesto" href="manifesto.webmanifest">
20  </cabeza>
21  <cuero>
22    <a-scene vr-analytics renderer="colorManagement: true">
23      <a-activos>
24        
25        
26        
27        <a-asset-item id="logobj" src="assets/models/logo.obj"></a-asset-item>
28        <a-asset-item id="logomtl" src="activos/modelos/logo.mtl"></a-asset-item>
29        <a-asset-item id="uiobj" src="assets/models/ui.obj"></a-asset-item>
30        <a-asset-item id="hitEntityObj" src="activos/modelos/teleportHitEntity.obj"></a-asset-item>
31        <a-asset-item id="tipObj" src="assets/models/controller-tip.gltf"></a-asset-item>
32        <id de audio="ui_click0" src="https://cdn.aframe.io/a-painter/sounds/ui_click0.ogg">
33        <id de audio="ui_click1" src="https://cdn.aframe.io/a-painter/sounds/ui_click1.ogg">
```

Ilustración 3 Index.html del ejemplo de A-Frame en Github.

2.2 BRACKETS

Brackets es un editor de código fuente con un enfoque principal en el desarrollo web. Creado por Adobe Inc., es un software gratuito y de código abierto con licencia MIT License, y actualmente los desarrolladores de código abierto lo mantienen en GitHub. Está escrito en JavaScript, HTML y CSS.

Este editor de texto moderno es ligero pero potente y contiene herramientas visuales en el editor para aportar la ayuda adecuada y necesaria sin interponerse en el proceso creativo o de desarrollo. Además, permite la vista previa en vivo, una conexión en tiempo real con cualquier navegador de manera que se pueden realizar y visualizar los cambios instantáneamente.

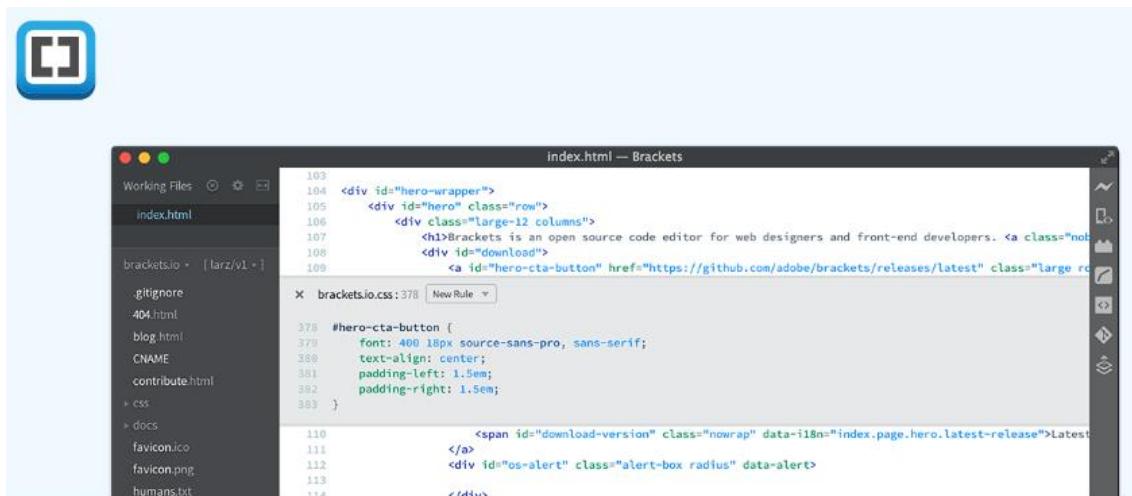


Ilustración 4 Editor de texto Brackets.

2.3 BLENDER

El modelado 3D es el proceso que permite elaborar una representación matemática de un elemento tridimensional utilizando un programa o software especializado. Al producto de ese proceso de creación se le llama modelo 3D.

El software de modelado 3D es un tipo de software de gráficos 3D utilizado para producir modelos tridimensionales. Para este proyecto se ha seleccionado como aplicación de modelado un software que sea gratuito para que pueda ser utilizado por cualquier persona, independientemente de su poder adquisitivo.

Tras realizar una comparativa de softwares de modelado 3D gratuitos se ha decidido utilizar blender y discriminar las siguientes aplicaciones:

Competidores	Descripción	Limitaciones para el proyecto
3D Builder	3D Builder es una aplicación gratuita de modelado 3D que permite ver, crear y personalizar objetos 3D. Solo está disponible para Windows. Es adecuado para cualquier usuario con o sin experiencia en modelado 3D.	No es multiplataforma, es solamente para Windows, por tanto, en una guía generalista en la que hay softwares más potentes multiplataforma no tiene lugar a la hora de ser recomendado.
OpenCAD	Es un programa CAD de código abierto que crea modelos 3D a partir de scripts. Las modificaciones pueden crear modelos 3D complejos a partir de cuerpos básicos geométricos simples. Para hacer esto, el usuario solo tiene que familiarizarse con el lenguaje de programación.	Es un software para el cual, sí que se deben tener nociones previas de programación, entonces estaríamos limitando el número de personas que pueden seguir la guía, mientras que hay una solución que abre de manera muy amplia ese abanico de personas que pueden llevar a cabo el mismo proceso sin tantos conocimientos previos.
Sketchup	Es completamente gratuito y, gracias a su fácil manejo, también es adecuado para principiantes. Si fuera necesario, el software también ofrece la opción de acceder a una biblioteca de modelos 3D gratuitos y listos	Tiene la desventaja que es una versión de un programa de pago, lo que quiere decir que, si deseas trabajar con extensiones, debes usar el software pago SketchUp Pro y los modelos no se pueden exportar en muchos

	<p>para usar. Alternativamente, también se puede crear un propio modelo. Se puede exportar los modelos generados como un archivo STL o en Cloud Trimble Connect.</p>	<p>formatos lo cual dificulta el introducirlo en la escena de realidad virtual.</p>
--	--	---

Tabla 1 Softwares gratuitos de modelado 3D.

Para todos estos softwares competidores de Blender se necesitaría otro software para animar los objetos y montar la animación que es la parte más importante del proyecto. Mientras que Blender es capaz de realizar esa función con calidad, es multiplataforma, completamente gratuito y de código abierto lo que permite una mejora constante en su interfaz y su potencial, así como en la accesibilidad.

En todo caso, un potencial competidor de Blender, a pesar de tener como limitación que no se puede animar y eso habría que llevarlo a cabo mediante otro software, FreeCAD es uno de los softwares de modelado 3D más conocidos por tener funcionalidades avanzadas, cuenta con una interfaz es sencilla de utilizar. Al igual que Blender es gratuito, de código abierto y compatible con Windows, Linux y Mac, admite una gran cantidad de formatos como STEP, IGES, STL, SVG, DEX, OBJ, IFC y DAE. Para la creación de modelos 3D, se debe comenzar con un boceto en 2D que luego cogerá la forma posterior de la idea tridimensional. Lo cual, para el tipo de proyectos que pretende abarcar nuestra guía, puede ser una ventaja.

Blender es una suite de creación de contenido 3D gratuita y de código abierto, totalmente integrada que ofrece una amplia gama de herramientas esenciales, que incluyen modelado, renderizado, animación & rigging, edición de video, vfx, composición, texturizado y muchos tipos de simulaciones.

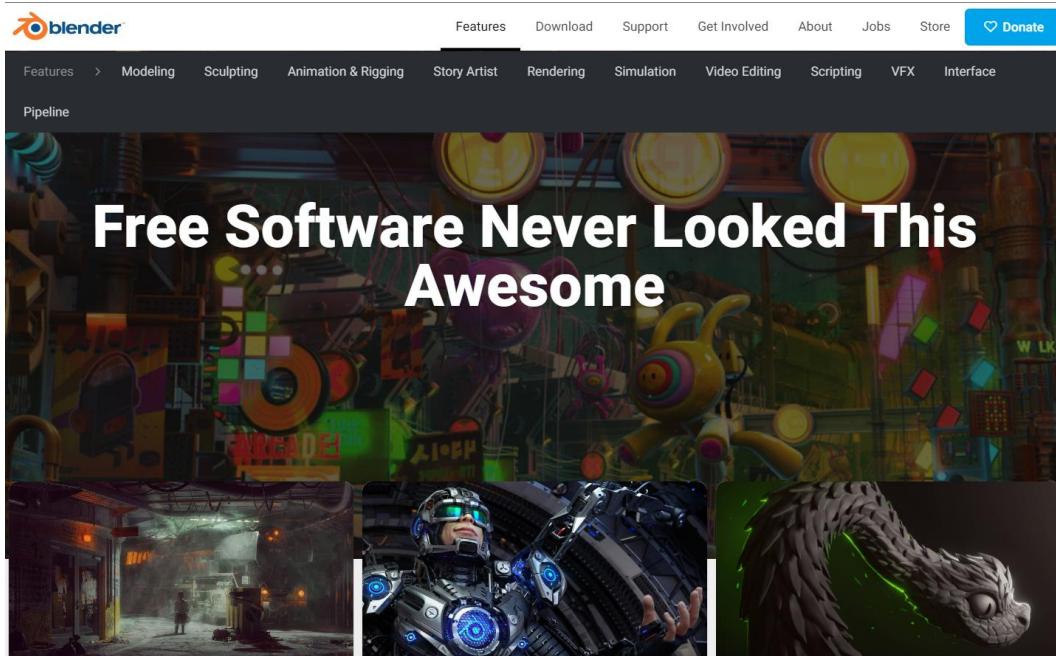


Ilustración 5 Software de modelado y animación 3D, Blender.

Ton Roosendaal, en 1988, co-fundó el que después sería uno de los estudios más grandes de animación 3D y una de las casas de animación más destacadas de Europa. En 1995 decidió reescribir la herramienta 3D que utilizada el estudio y lo convirtió en el software de creación 3D que ahora se conoce como Blender. En 2002, Ton fundó la organización no lucrativa Blender Foundation (Fundación Blender), la cual tenía como primer objetivo continuar el desarrollo y lograr una herramienta de código abierto basado en la comunidad de usuarios, y fue a finales de ese mismo año cuando se liberó y continua hasta día de hoy siendo desarrollado por un equipo de voluntarios y liderado por el creador de Blender, Ton Roosendaal.

Actualmente es conocido como un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, la animación y creación de gráficos tridimensionales. También de composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, edición de vídeo, escultura y pintura digital.

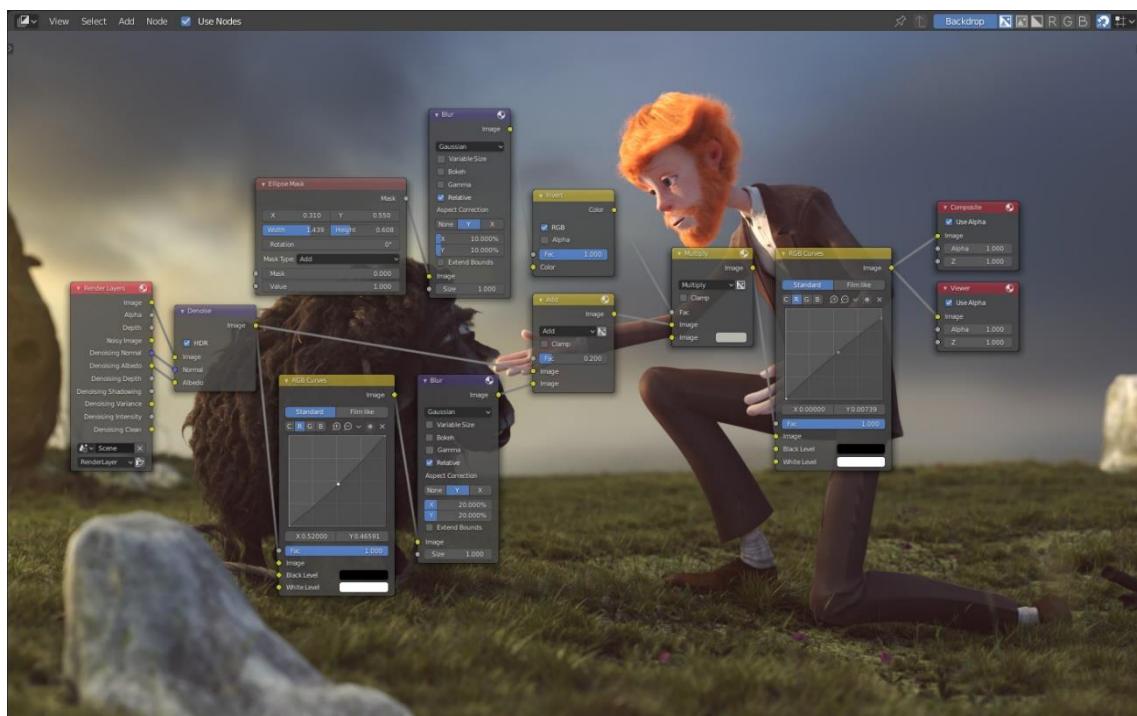


Ilustración 6 Ejemplo³ editor de nodos.

Al ser una aplicación multiplataforma, Blender se ejecuta en sistemas Linux, macOS así como en Windows. También tiene requisitos de memoria y unidad relativamente pequeños en comparación con otras suites de creación 3D. Su interfaz emplea OpenGL para proporcionar una experiencia consistente en todo el hardware y plataformas compatibles.

Es una herramienta muy actual pero aceptada por la industria, sobre todo en pequeños estudios que colaboran en la creación de anuncios de televisión, que a pesar de no haber sido usado aún en etapas finales de alguna superproducción sí que ha intervenido en etapas intermedias de importantes proyectos como la película Spider-Man 2.

³ <https://docs.blender.org/manual/es/dev/interface/controls/nodes/introduction.html>

2.4 Otras tecnologías relacionadas.

2.4.1 HTML

HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés HyperText Markup Language) es el componente más básico de la Web. Define el significado y la estructura del contenido web. Es un lenguaje muy sencillo compuesto de elementos, que se pueden aplicar a piezas de texto para darles un significado diferente en un documento, estructura un documento en secciones lógicas, e incrusta contenido como imágenes y vídeos en una página.

"Hipertexto" hace referencia a los enlaces que conectan páginas web entre sí, ya sea dentro de un único sitio web o entre sitios web. Los enlaces son un aspecto fundamental de la Web. Al subir contenido a Internet y vincularlo a las páginas creadas por otras personas, te conviertes en un participante activo en la «World Wide Web» (Red Informática Mundial).

Un elemento HTML se distingue de otro texto en un documento mediante "etiquetas", que consisten en el nombre del elemento rodeado por "<" y ">". El nombre de un elemento dentro de una etiqueta no distingue entre mayúsculas y minúsculas. Es decir, se puede escribir en mayúsculas, minúsculas o una mezcla. Por ejemplo, la etiqueta <title> se puede escribir como <Title>, <TITLE> o de cualquier otra forma.

Además de HTML, generalmente se utilizan otras tecnologías para describir la apariencia/presentación de una página web (CSS) o la funcionalidad/comportamiento (JavaScript).

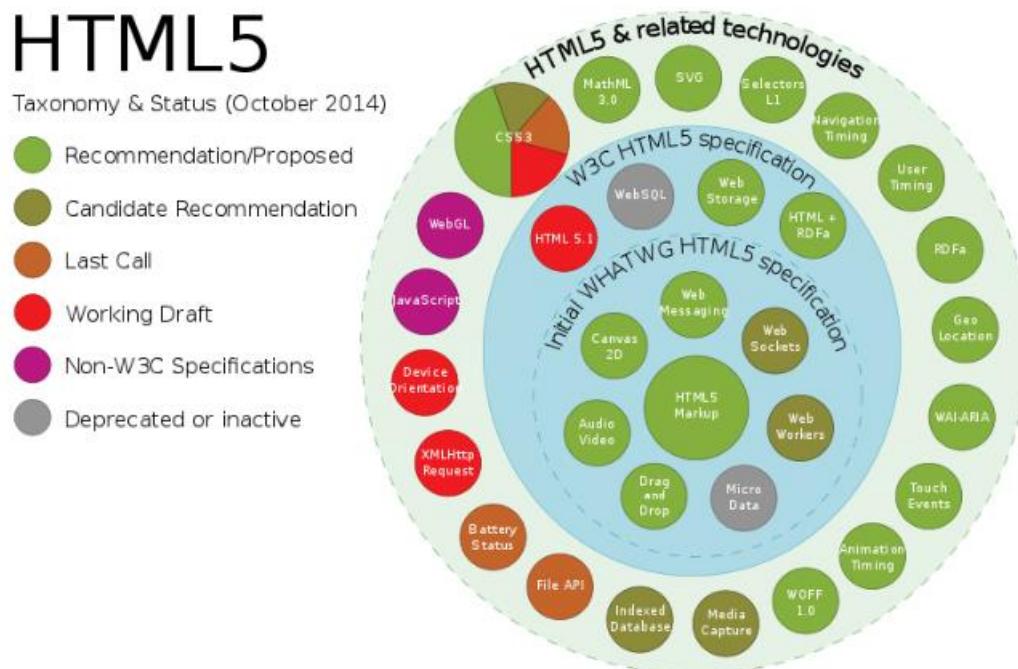


Ilustración 7 Tecnologías relacionadas con HTML.

2.4.2 JAVASCRIPT

JavaScript (JS) es un lenguaje de programación ligero, interpretado, o compilado justo-a-tiempo (just-in-time) con funciones de primera clase. Si bien es más conocido como un lenguaje de scripting (secuencias de comandos) para páginas web, y es usado en muchos entornos fuera del navegador, tal como Node.js, Apache CouchDB y Adobe Acrobat, JS es un lenguaje de programación basada en prototipos, multiparadigma, de un solo hilo, dinámico, con soporte para programación orientada a objetos, imperativa y declarativa (por ejemplo, programación funcional).

Es capaz de mostrar actualizaciones de contenido oportunas, mapas interactivos, gráficos animados 2D/3D, desplazamiento de máquinas reproductoras de video o cualquier implementación para añadir características interactivas a un sitio web.

El estándar para JavaScript es ECMAScript (ECMA-262) y la especificación de la API para la Internacionalización de ECMAScript (ECMA-402). La documentación en MDN está basada enteramente en las últimas versiones preliminares de ECMA-262 y ECMA-402. Y en algunos casos donde algunas propuestas para nuevas funciones para ECMAScript ya hayan sido implementadas en los navegadores, la documentación y algunos artículos de MDN pueden hacer uso de algunas de estas funciones.

```
const miTitulo = document.querySelector('h1');
miTitulo.textContent = '¡Hola mundo!';
```

Ilustración 8 Ejemplo básico JavaScript.

2.4.3 THREE.JS

Three.js es el resultado de crear una biblioteca 3D de propósito general, fácil de usar, liviana y compatible con todos los navegadores. Esta biblioteca intenta que sea lo más fácil posible obtener contenido 3D en una página web. Está escrita en JavaScript para crear y mostrar gráficos animados por computadora en 3D en un navegador Web y puede ser utilizada en conjunción con el elemento canvas de HTML5, SVG o WebGL. El código fuente está alojado en un repositorio en GitHub.

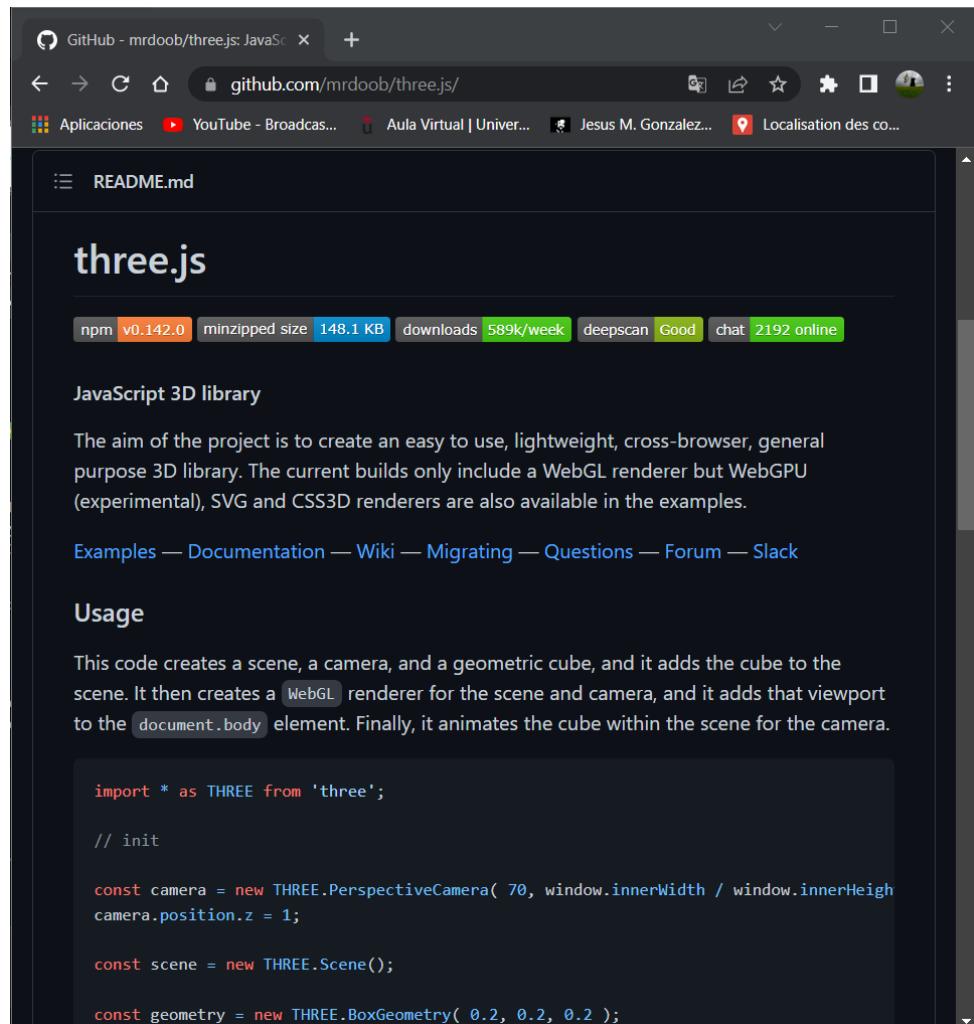


Ilustración 9 Github de Three.js.

2.4.4 WEBGL

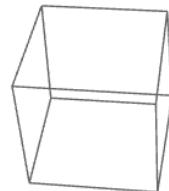
Three.js es una librería creada sobre WebGL. WebGL es una API multiplataforma libre de regalías que se utiliza para crear gráficos 3D en un navegador web. Basado en OpenGL ES 2.0, WebGL utiliza el lenguaje de sombreado de OpenGL, GLSL, y ofrece la familiaridad de la API estándar de OpenGL. Debido a que se ejecuta en el elemento Canvas de HTML5, WebGL tiene una integración completa con todas las interfaces del Modelo de objetos de documento (DOM).

WebGL es una API DOM, lo que significa que se puede usar desde cualquier lenguaje compatible con DOM: JavaScript, Java o, si integra WebKit en una aplicación en una Mac, Object C.

Los principales proveedores de navegadores Google (Chrome), Opera (Opera), Mozilla (Firefox) y Apple (Safari) son miembros del grupo de trabajo WebGL del consorcio Khronos, junto con muchos otros desarrolladores de gráficos 3D.

Su navegador es compatible con WebGL

Deberías ver un cubo giratorio. Si no lo hace, [visite el sitio de soporte para su navegador](#).



Consulte algunos de los siguientes enlaces para obtener más información sobre WebGL y encontrar más aplicaciones web que utilicen WebGL.

[Wiki WebGL](#)

¿Quieres más información sobre WebGL?
khronos.org/webgl

Ilustración 10 Inicio de la web de WEBGL.

2.4.5 GAFAS REALIDAD VIRTUAL – OCULUS QUEST 2

Para poder visualizar los entornos de realidad virtual de manera inmersiva es necesario utilizar el equipamiento adecuado y para ello en este proyecto se van a incluir las gafas realidad virtual OCULUS QUEST 2.

Este tipo de dispositivos permiten reproducir modelos creados en 3 dimensiones por ordenador en una pantalla muy cercana a los ojos del usuario que las lleva puestas, o proyectando la escena directamente sobre la retina de los ojos. El motivo de su proximidad es que de esta manera se logra que el entorno creado virtualmente englobe todo el campo de visión de la persona y se consiga esa sensación de inmersión.

Oculus VR es una compañía de desarrollo de tecnología de realidad virtual que en 2012 expone su primer casco de realidad virtual diseñado para videojuegos. A finales de 2012 lanza la gama Oculus Quest que utiliza controladores de movimiento y que en la versión Meta Quest 2 no se necesita incluir sensores de posición adicionales, lo que hace que la interacción sea mucho más sencilla.



Ilustración 11 Gafas de Realidad Virtual Oculus Quest 2.

Gracias a la tecnología de seis grados de libertad, estas gafas realizan un seguimiento de los movimientos tanto de la cabeza como del cuerpo y los integran en la realidad virtual con una precisión realista, sin necesitar sensores externos.

El audio posicional 3D integrado directamente en las gafas y permite escuchar todo lo que te rodea. Además, se pueden utilizar las gafas con o sin auriculares ya que lleva una entrada para ello.

3. Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo de este proyecto se ha necesitado explorar cómo pasar de lo complejo a lo sencillo simplemente con el uso de la tecnología indicada. En este proceso se ha necesitado vagar de lo general a lo particular y de lo particular a lo general en sendas direcciones a la vez para ser capaz de elaborar un método fiable y probado.

Lo que se refiere a explorar las posibilidades de la tecnología 3D y la realidad virtual para después poder elaborar la metodología que lleve un sistema que en 2 dimensiones es lo suficiente complejo para que necesite la expansión a las 3 dimensiones y que se convierta en algo trivial.

Para ello el ejemplo de este trabajo forma parte de los proyectos de ingeniería de una ONG con la que contacto al decidir que quería dedicar mi TFG a este proceso y que estas entidades que no pueden permitirse el desembolso que suponen muchos proyectos de ingeniería, así decido ofrecerles la oportunidad de colaborar en un proyecto en el cual se pretende formar a personas de países en vías de desarrollo a montar un motor y ponerlo en funcionamiento mediante un modelo 3D, ya que es una manera más sencilla de entenderlo que mediante planos, ya que puede mostrar vistas que en el plano no se aprecian y al poderse animar la escena se ve perfectamente la manera en que se ha de llevar a cabo todo el proceso.

A partir de ahí nace la idea y me pongo a buscar información, a contactar con el profesor de mi universidad que más podía aportar al proyecto, en mi opinión, y concertamos una primera reunión muy productiva en la que se interesa por el proyecto incluso me aporta más ideas que han dado un valor añadido al proyecto.

En este caso, se toma como ejemplo un proyecto que se llama “BiciBomba” ya que es en el que están trabajando en el momento en la ONG y es de gran utilidad para ellos tener una escena que simule el montaje y funcionamiento de la bomba.

Cualquier ONG cuenta con el hándicap de trabajar a miles de kilómetros de distancia de las personas a las que van a formar o enseñar diferentes sistemas, lo que implica que el formador y quien recibe la formación puedan hablar diferentes idiomas, tengan distintos niveles de alfabetización y otros problemas que dificultan que una persona comprender la manera correcta de montar o poner en funcionamiento una maquinaria cualquiera.

Por eso, la idea no es solamente el modelo, sino que para ellos también es interesante crear una metodología con la que cualquier usuario con cierto interés en la materia y, sin necesidad de excesivos conocimientos de programación, sea capaz de crear un modelo en 3 dimensiones a partir de un plano, esto ayudaría a futuros voluntarios a ser capaz de hacer nuevos proyectos similares, tan solo siguiendo este modo de actuación y manera de afrontar estos problemas para obtener el mejor resultado.

En ese momento yo planteo el proyecto en función de las aportaciones de mi profesor y las necesidades de la ONG y se desarrolla el proyecto como se detalla a continuación:

3.1 Sprint 0

Objetivo: En este primer momento el interés es únicamente **comprobar la viabilidad de las herramientas** escogidas para el desarrollo del proyecto.

Tareas: Para ello se va a modelar en 3D un objeto sencillo con texturas sencillas también, se animará dicho modelo y, por último, será exportado a un entorno de realidad virtual, para ello también será necesario crear esa escena en realidad virtual.

Entonces, yo modelé una rueda en Blender, la aplicación que decidí que quería probar para modelar en 3D, la animé y le introduje un color básico para después poder exportarlo a A-Frame, la segunda tecnología que debía probar.

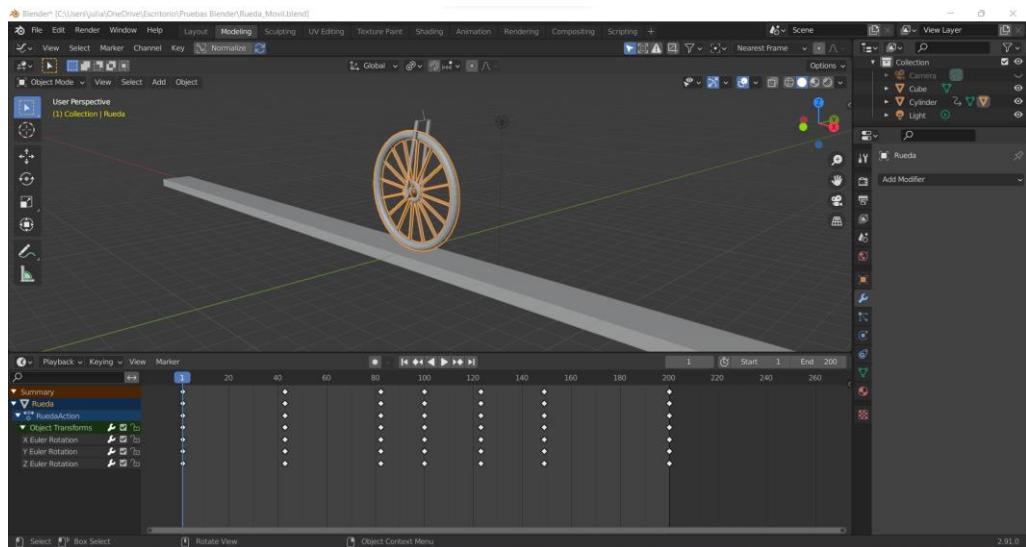


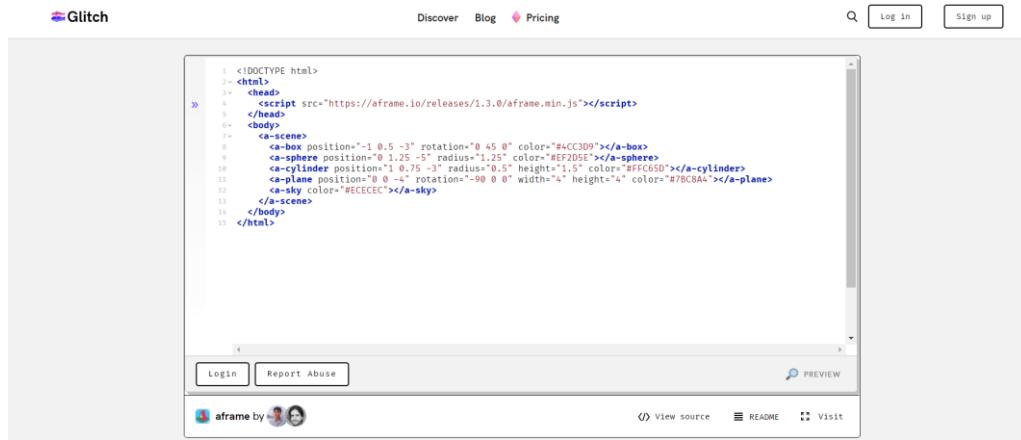
Ilustración 12 Modelo y animación de un objeto para probar que Blender es una buena tecnología para el proyecto.

En la imagen anterior se muestra el escenario de Blender. En la parte central superior aparece el modelo, justo debajo se encuentra un eje temporal en el que al tener seleccionada la rueda, se muestra la animación de tal objeto, en este modo solo aparecen los keyframes más relevantes a la hora de describir el movimiento completo (movimientos rotativos y de translación, en este caso). Y, por otro lado, en el lateral derecho, en la parte superior, hay un menú donde se muestran los objetos de la escena y, en la parte inferior, diferentes propiedades de la escena y el objeto que esté seleccionado en ese momento.

Una vez modelado el objeto en Blender, este se tiene que exportar en un formato que englobe todas las propiedades que le hemos otorgado al modelo y que, a su vez, sea soportado por A-Frame. Para ello se probó que .glb es el formato capaz de todo lo citado anteriormente en este párrafo, ya que .obj, también es capaz de importarlo A-Frame y pesa menos, pero no incluye la animación.

Como bien explica la web⁴ de A-Frame, esta herramienta se puede desarrollar a partir de un archivo HTML simple. Para crear una escena tan solo se necesita un editor de texto y configurar el navegador para que sea capaz de reproducir la simulación. El editor de texto escogido, Brackets, cuenta con un preview que carga la escena en cualquier navegador de manera que el proceso de visualización es más sencillo y rápido.

Para crear la escena, por tanto, se crea un fichero HTML y en la cabecera se incluye A-frame mediante una etiqueta. A continuación, se van añadiendo etiquetas que definen cada uno de los elementos como se ve en la siguiente ilustración, la cual se refiere al ejemplo que A-Frame define en su web⁵:



The screenshot shows a Glitch project interface. At the top, there are navigation links: Discover, Blog, Pricing, Log in, and Sign up. Below the header is a search bar. The main area displays the source code of an HTML file:

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <script src="https://aframe.io/releases/1.3.0/aframe.min.js"></script>
5   </head>
6   <body>
7     <a-scene>
8       <a-box position="-1 0 0" rotation="0 45 0" color="#CC0000"></a-box>
9       <a-sphere position="0 1.25 -3" radius="1.25" color="#FFD9E6"></a-sphere>
10      <a-cylinder position="1 0.75 -3" radius="0.5" height="1.5" color="#FFC650"></a-cylinder>
11      <a-plane position="0 0 -4" rotation="-90 0 0" width="4" height="4" color="#7BCBA4"></a-plane>
12      <a-sky color="#ECECEC"></a-sky>
13    </a-scene>
14  </body>
15 </html>

```

At the bottom of the code editor, there are buttons for Login, Report Abuse, and a PREVIEW button. Below the preview area, it says "aframe by" followed by two user icons. There are also links for View source, README, and Visit.

Ilustración 13 Ejemplo de A-Frame escena básica.

Este ejemplo incluye una cabecera donde se incluye A-Frame en el fichero, en el cuerpo de HTML se define la escena la cual en este caso está compuesta por un cubo, una esfera, un cilindro, un plano y el fondo, en ese orden. A cada uno de esos elementos se les ha incluido propiedades que los definen como son la localización, el tamaño, si ha sufrido una rotación y el color. Lo que resulta que la visualización es la siguiente:

⁴ <https://aframe.io/>

⁵ <https://aframe.io/>

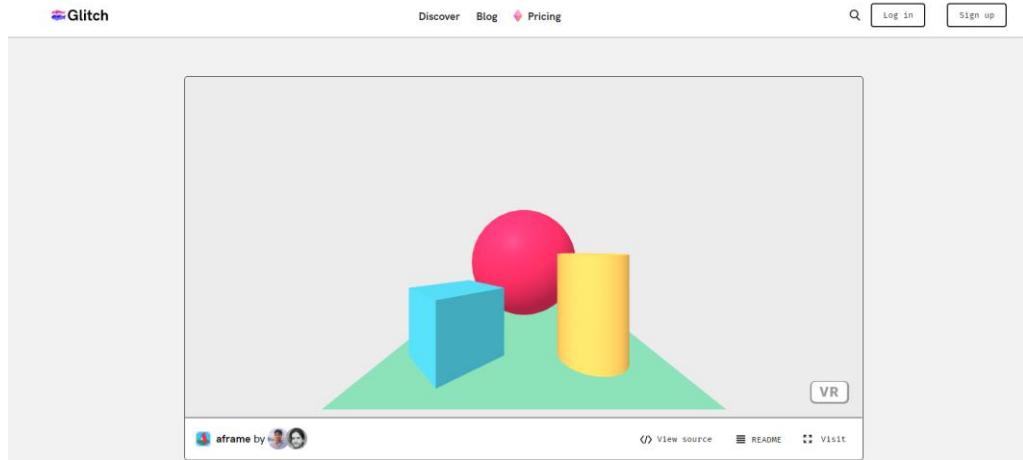


Ilustración 14 Visualizar escena básica A-frame.

Ahora para crear la escena básica que pruebe nuestro modelo de Blender necesitamos esa estructura sin añadir los elementos geométricos como el cubo, la esfera y el cilindro. De hecho, como en la escena de Blender ya hay un plano donde se desplaza la rueda también podríamos prescindir de ese elemento, y solamente incorporar el modelo con la etiqueta <a-asset-item>.

Aunque, además, hay que tener en cuenta que para reproducir una animación externa en A-Frame se ha de activar un complemento en la cabecera, ya que desde la misma tecnología se puede también animar el objeto, pero estas animaciones no permiten mover solo una pieza del modelo, por tanto, no son las animaciones que vamos a llevar a cabo durante el proyecto.

Por tanto, para que la escena de A-Frame reproduzca la animación creada en Blender basta con añadir una línea de código que viene seleccionada en las dos siguientes imágenes, en primera se muestra el fichero de texto y la siguiente hace referencia a simulación de la escena.

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <script src="https://aframe.io/releases/1.2.0/aframe.min.js"></script>
5     <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/aframe-extras@6.1.1/dist/aframe-extras.min.js"></script>
6   </head>
7   <body>
8     <a-scene>
9       <a-entity position="0 0.5 5.5">
10         <a-camera></a-camera>
11       </a-entity>
12
13       <a-assets>
14         <a-asset-item id="rueda" src="Rueda_Movil.glb"></a-asset-item>
15       </a-assets>
16       <a-entity position=".2 0.5 0" gltf-model="#rueda"
17           scale=".1 .2 .2" animation-mixer
18           animation="property: rotation; dur: 10000;
19             to: 0 360 0; loop: true">
20         </a-entity>
21         <a-sky color="grey"></a-sky>
22       </a-scene>
23     </body>
24   </html>

```

Ilustración 15 Fichero A-Frame de la escena.

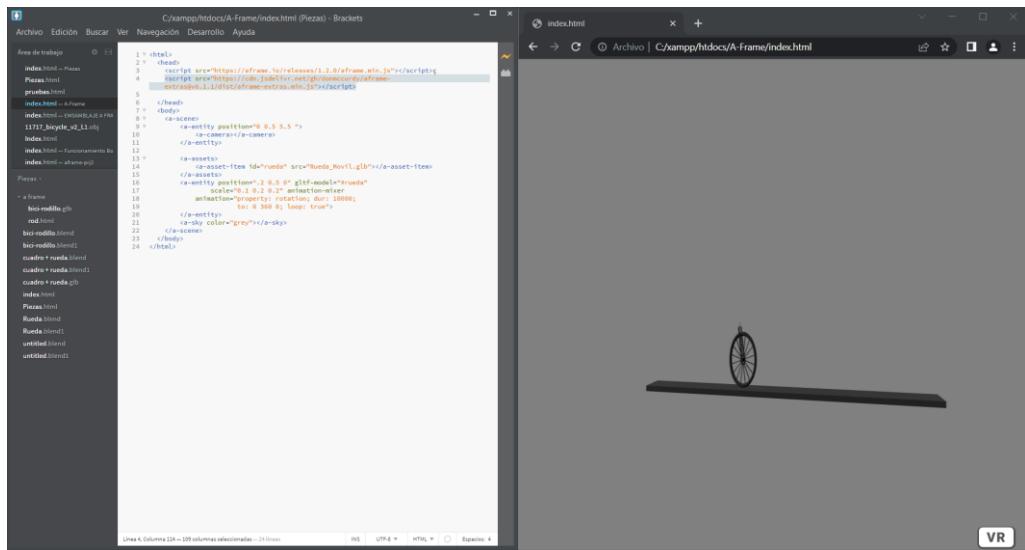


Ilustración 16 Simulación escena de prueba.

Gracias a todo el proceso que se lleva a cabo durante este Sprint, se sabe que Blender permite modelar de manera sencilla e intuitiva los objetos, exporta sus modelos en formatos que recogen las texturas y animaciones creadas, A-Frame es capaz de leer el formato importado de Blender y recrearlo tal cual, y Brackets colorea el texto HTML y funciona correctamente la previsualización de la escena. Por tanto, la tecnología escogida es compatible entre sí y permite realizar todos aquellos procesos que necesita nuestro proyecto.

Conclusión: la prueba de la tecnología ha sido llevada a cabo de manera satisfactoria y las herramientas escogidas para realizar todo el proceso son válidas. En definitiva, aunque de manera más compleja, durante esta etapa se han probado son los mismos procesos que se van a desarrollar en los siguientes Sprints con el proyecto.

3.2 Sprint 1

Objetivo: Encauzar el proyecto y entenderlo completamente.

Tareas: Escoger el proyecto, hablar con los ingenieros que lo dirigen y reunir toda la documentación posible.

Por tanto, tras concretar en las reuniones oportunas con la persona que coordina los proyectos de ingeniería dentro de la ONG, se decide que el proyecto con el cual se llevará a cabo todo el proceso de expandirlo una dimensión y llevarlo a una escena de realidad virtual consiste en modelar una bomba de agua que irá anclada a una bicicleta mediante un rodillo, de manera que la bomba se accionará con el rodamiento de la rueda trasera de la bicicleta, la que está apoyada en el rodillo, de esta manera no se necesita corriente eléctrica para accionar la bomba.

En concreto, el proyecto se centra en modelar la bomba y el rodillo al que va anclada. Además, por un lado, se tendrá que animar y simular el montaje de la bomba, y, por otro lado, se creará la simulación del funcionamiento de la bomba.

Una vez definido el proyecto, para entenderlo completamente y así poder recrearlo tal cual solicito la mayor cantidad de documentación posible sobre el motor que se va a modelar en 3 dimensiones, la bomba de agua.

En las reuniones en las que se concretó cómo sería el proyecto pude hablar con el coordinador y me lo explicó bien en detalle, pero, aun así, para mí era importante reunir planos, documentos y descripciones, sus funcionalidades, las piezas que lo componen, todo aquello que me ayude a elaborar un modelo lo más realista posible y que nos facilite el proceso de modelar. Cuanta más información tenga de la pieza real más fácil resultará después crearlo virtualmente.

En la ilustración que aparece a continuación se muestra uno de los planos que describe como va anclada la bomba de agua a la bicicleta y una sucesión de pasos necesarios para colocar la bomba antes de ponerla en funcionamiento. Como se puede apreciar, para una persona que no sepa leer o que no conozca el idioma en el cual viene descrito cada paso, no sería capaz de comprender nada más que es un motor anclado a una bicicleta:

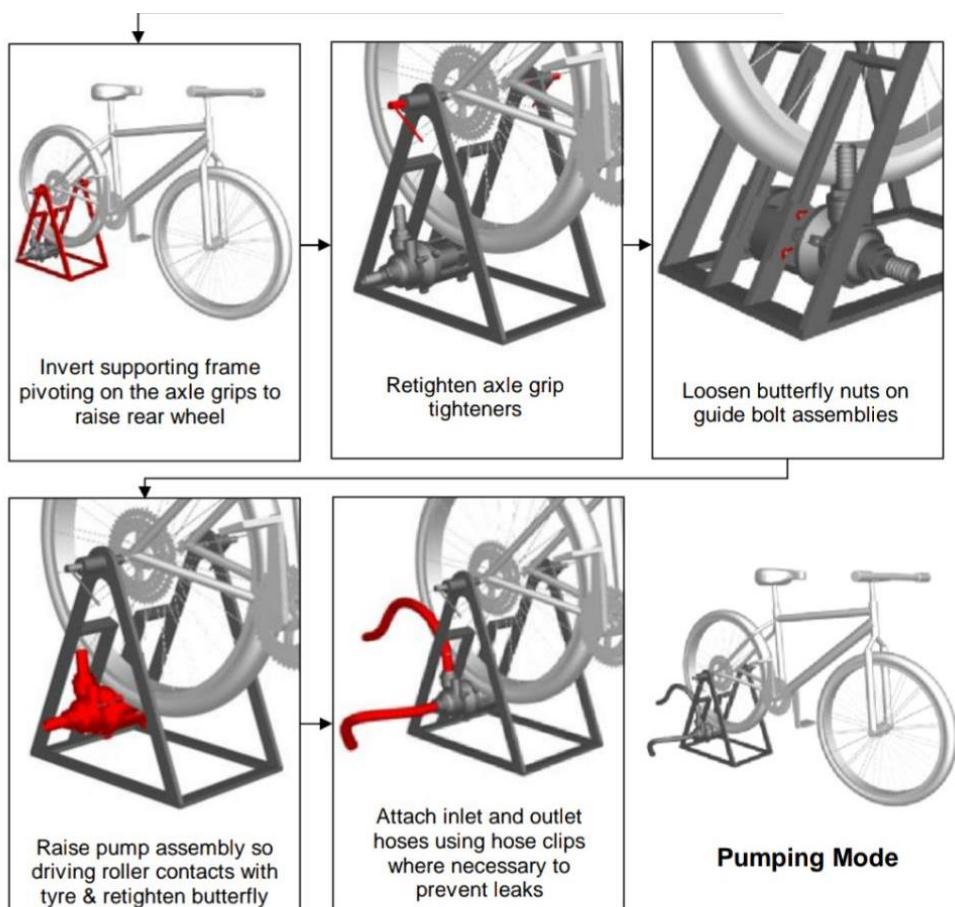


Figure 7.26 Process flow diagram showing the steps needed to go from transportation mode to pumping mode

Ilustración 17 Planos del proyecto BiciBomba otorgado por la ONG.

Hay planos o documentos como el anterior que vienen acompañados de texto explicativo, pero hay otros que el único texto que incluyen son nombres o descripciones muy simples como puede ser la que en la ilustración número 18 se aprecia en la leyenda por colores.

Este plano, aun así, es útil para este proyecto porque se necesita información de cada pieza por separado, y tener una nomenclatura también facilita el hecho de tener ordenada la escena virtual. También contribuye en el diseño de la animación que simule el ensamblaje de la bomba.

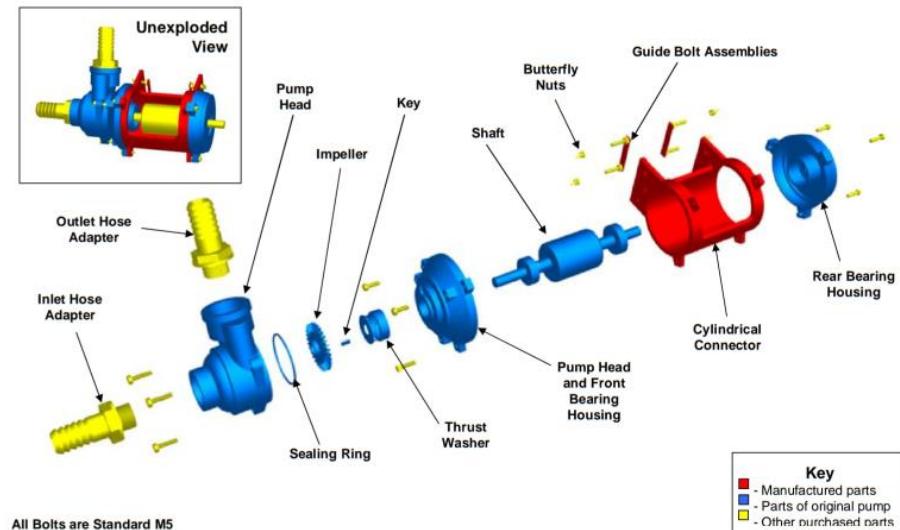


Figure 7.21 Annotated CAD model of the exploded pump assembly

Ilustración 18 Plano de una bomba de agua otorgados por la ONG.

Conclusión: En este Sprint se ha definido el proyecto, he conseguido todos los planos que tenía la ONG y el máximo de documentación posible, así como notas propias recogidas de las reuniones con expertos.

En el siguiente Sprint se describe el modelado y sus diferentes procesos para los cuales serán fundamentales estos planos y toda la información recogida en esta etapa.

3.3 Sprint 2

Objetivo: modelar la bomba de agua y el rodillo y crear la animación del montaje o despiece de esta.

Tareas: Modelar cada pieza, definir cómo será la animación y crear esa animación.

Por lo tanto, una vez que tenemos los planos y la información necesaria, a papel o en nuestro ordenador, del objeto que se va a modelar y conocer cómo funciona la tecnología que se va a utilizar, es momento de empezar a modelar.

No tener esas nociones básicas sobre Blender no impedirá en ningún caso empezar a modelar, ya que es una herramienta que actualmente está en auge y para la cual hay en la web⁶ mucha documentación y tutoriales con los que se puede aprender a usarlo desde cero.

A continuación, se muestra una captura de cómo es la pantalla de Blender nada más abrir la aplicación. El propio programa parte de una escena con un cubo en el centro del eje de coordenadas, una cámara y una luz:

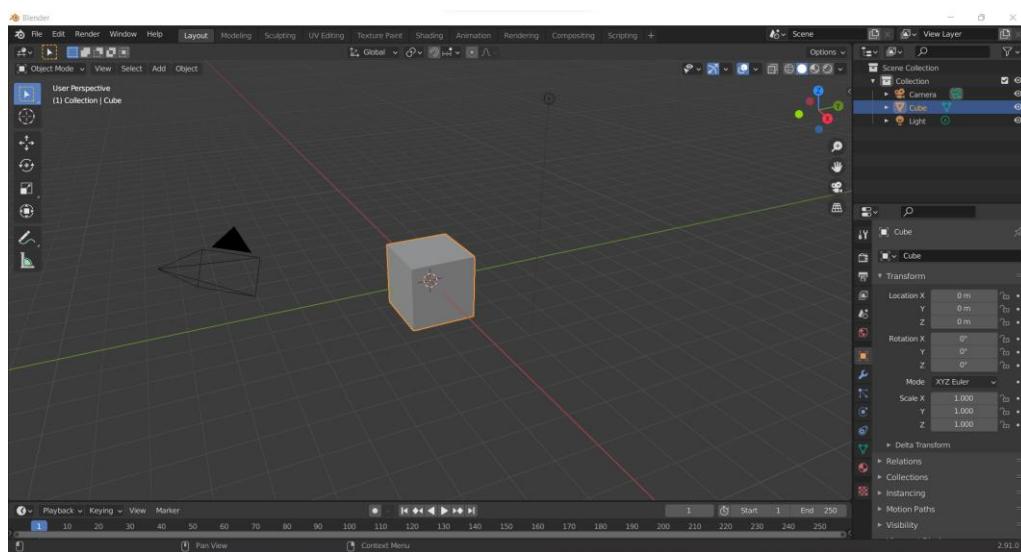


Ilustración 19 Escena inicial de Blender al arrancar el programa.

A la hora de modelar el motor, se ha explorado cómo permite Blender añadir figuras y objetos moldeables y la manera que tiene de hacerlo es iniciando los objetos como mallas que vienen definidas en cuerpos geométricos sencillos tales como el cubo, el cilindro, la esfera:

⁶ <https://docs.blender.org/manual/es/latest/>

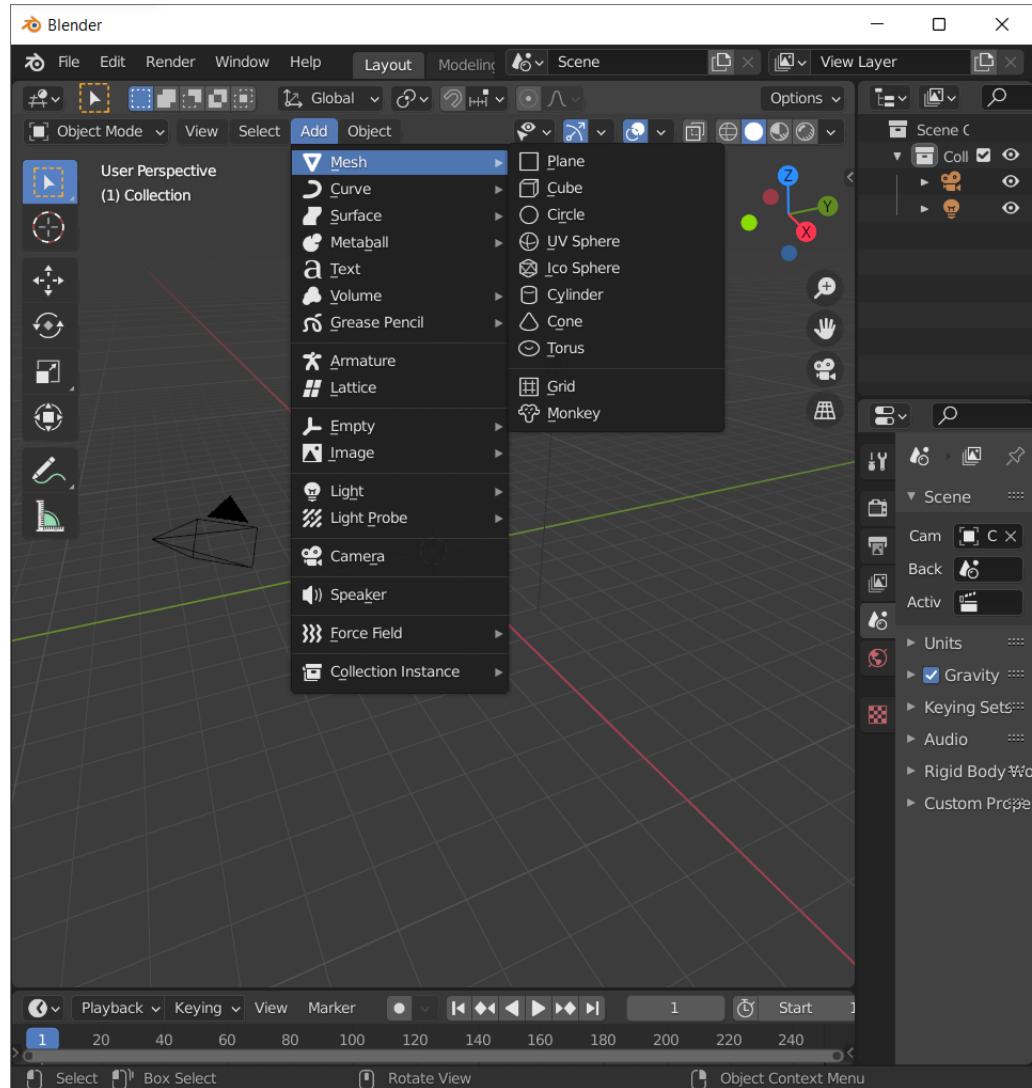


Ilustración 20 Menú para añadir elementos en la escena de Blender.

Como se puede ver en la imagen anterior, Blender permite añadir a la escena mallas, texto, más cámaras y luces, imágenes, curvas, pero en este caso de momento con conocer el funcionamiento de las mallas es suficiente para modelar la bomba. Al añadir una malla se genera un menú de opciones que permite escoger el punto de la escena en el que se ubicará y las medidas que tendrá ese cuerpo.

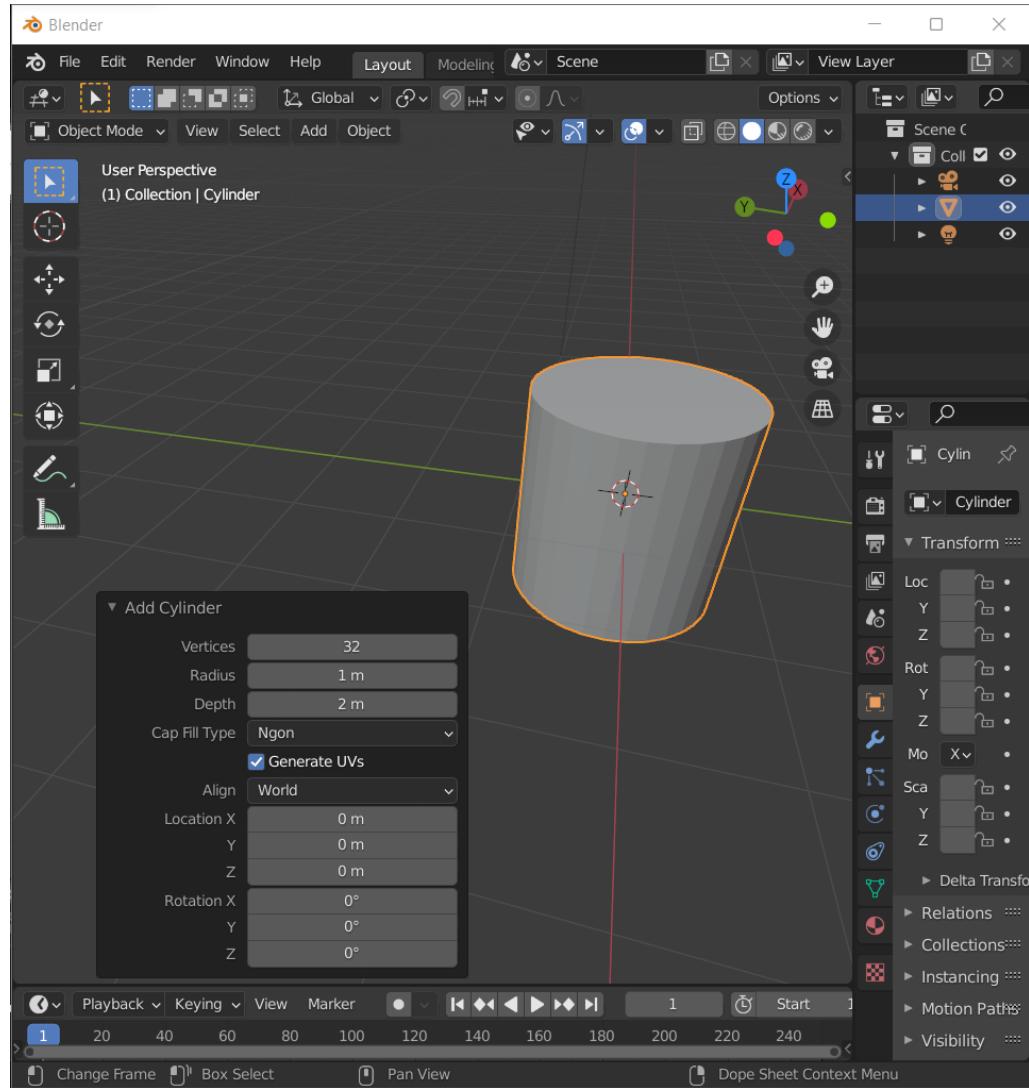


Ilustración 21 Menú de opciones al añadir un cilindro en Blender.

Una vez añadida la malla, en la forma y lugar deseado de la escena, el programa permite entrar en un modo de edición que será donde las piezas comienzan a coger forma y un simple cilindro será la versión inicial y muchas de las piezas de la bomba de agua.

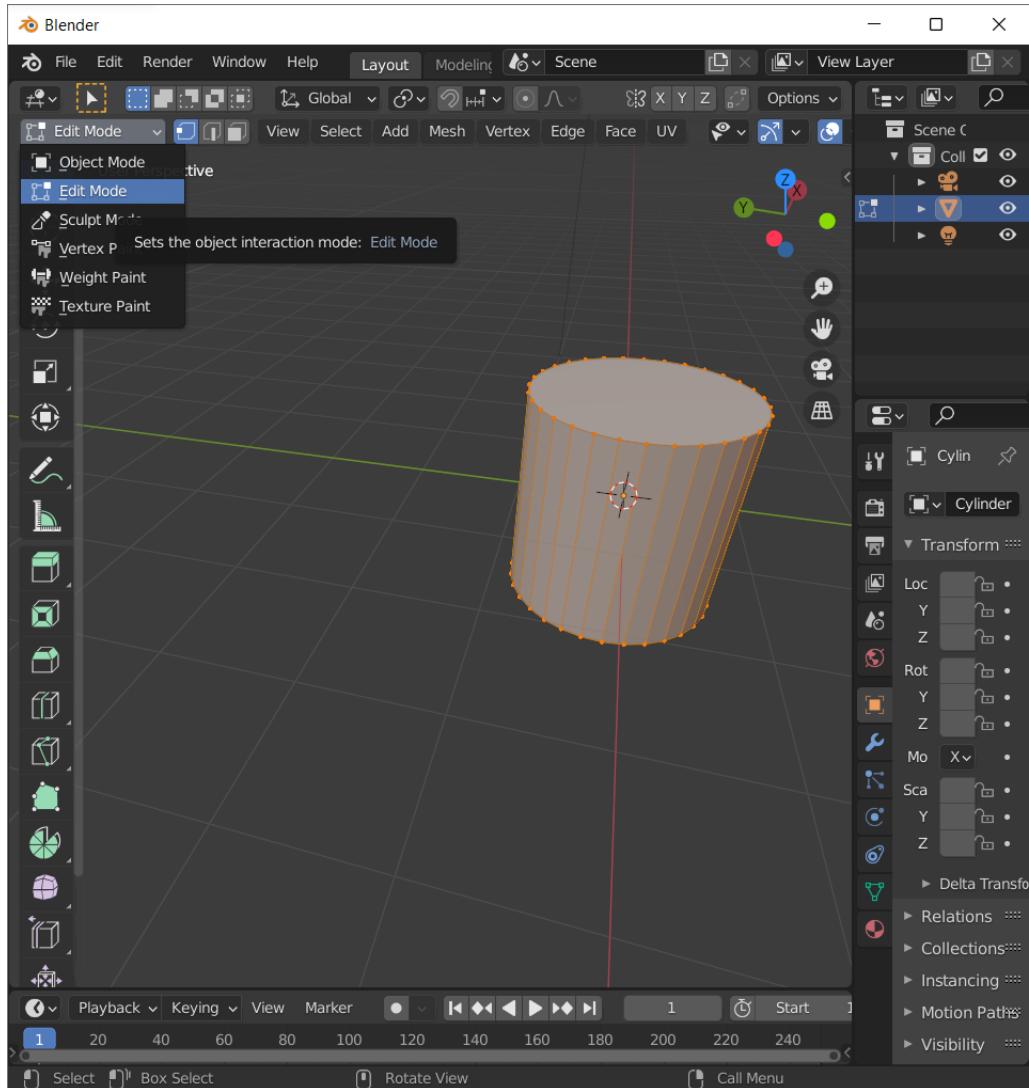


Ilustración 22 Modo edición de Blender.

En este modo el programa permite modificar de múltiples maneras la malla, ya sea por sus caras, sus vértices o sus aristas. Los métodos de edición van desde mover, extender, cortar, añadir caras hasta posibilidades más complejas que a continuación se mostraran al ver el modelado de algunas de las piezas o demás objetos del entorno que se va a crear. A continuación, se adjunta el plano de una pieza a partir del cual se van realizar las transformaciones en Blender, que hagan de un cilindro, una pieza real de la bomba:

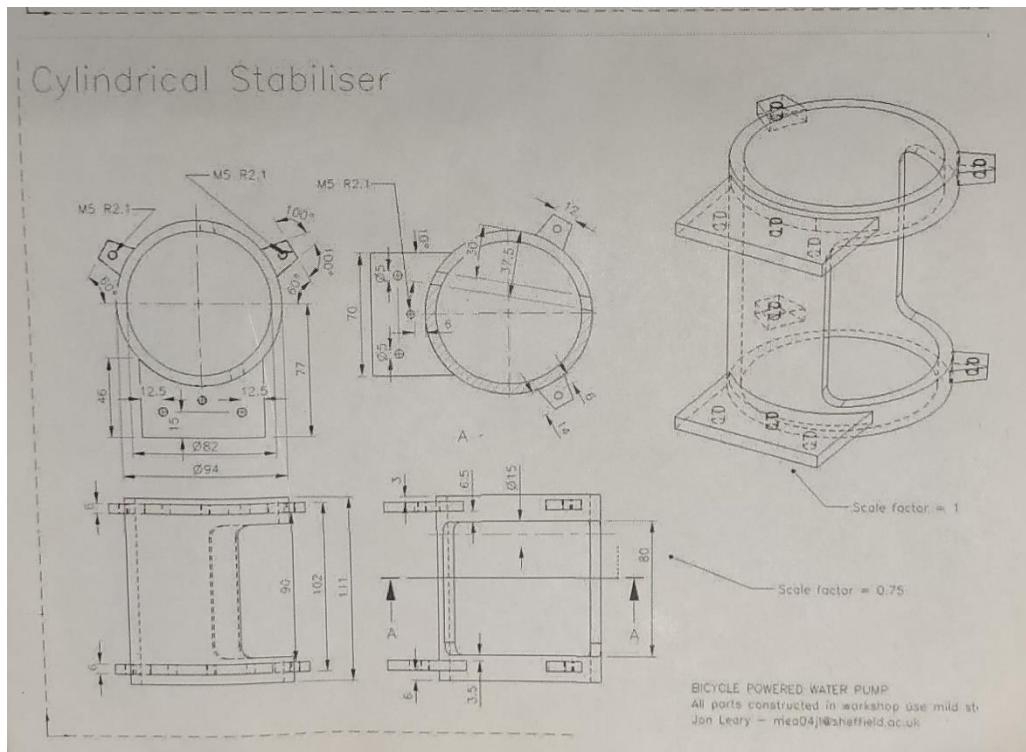


Ilustración 23 Plano de la pieza que ancla la bomba al rodillo.

A partir de un plano tan detallado como el que se ha añadido en la ilustración anterior, es más sencillo modelar porque da varias vistas de la misma pieza, con muchas medidas que se utilizan en el modelo para que las piezas ya tengan la relación real, en tamaño, entre ellas y no se tengan que ajustar después escalándolas. En la siguiente imagen se muestra el resultado de modelar esa pieza en concreto:

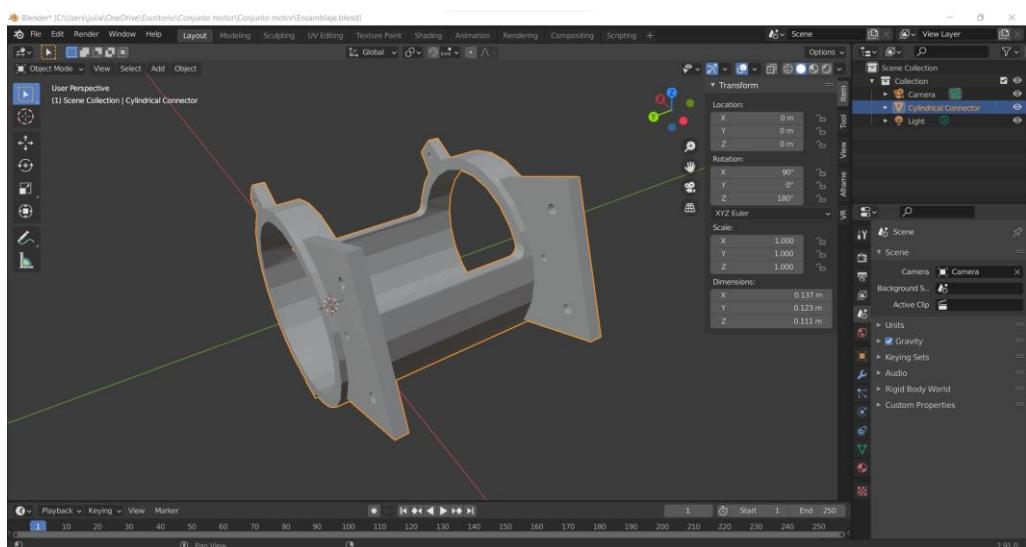


Ilustración 24 Pieza Cylindrical Connector en Blender.

Una vez tengamos la pieza que se pretende modelar se puede volver al modo inicial, el cual en Blender se llama modo objeto, y se puede volver a trasladar, rotar y escalar en función de las necesidades que se tengan dentro de la escena.

En mi caso, crearé las piezas y las dejaré separadas en el eje Y una a una, y, después las juntaré para formar el motor, otra opción es crearte un fichero por cada pieza y posteriormente importarlas todas a la escena, eso es a gusto de la persona que esté trabajando.

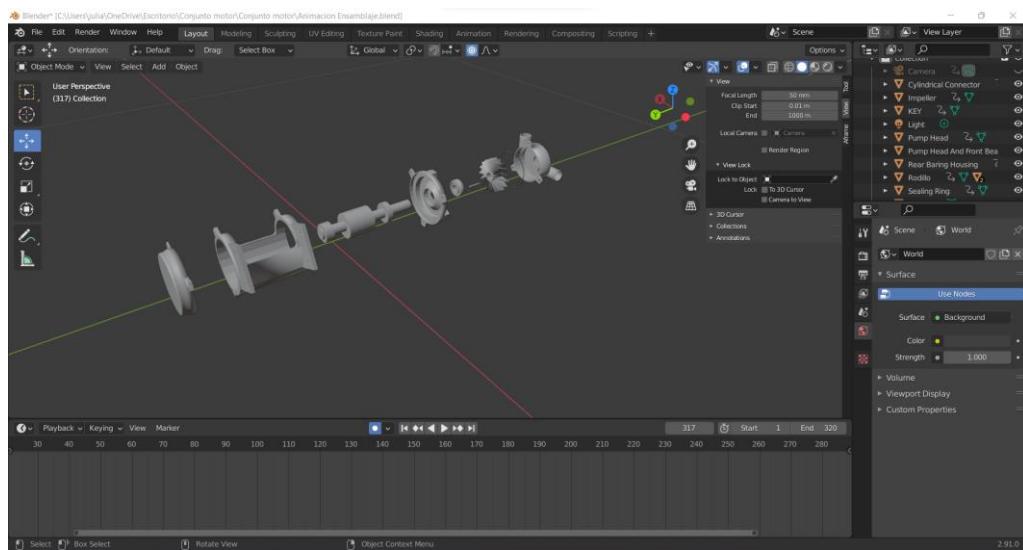


Ilustración 25 Modelo 3D de cada una de las piezas del motor

Ahora que están todas las piezas modeladas como se ven en la ilustración 18 que se incluye en el primer Sprint, las juntaremos y se tendrán que añadir los tornillos, que también aparecen en dicho plano, pero que no se podría incluir dentro de las piezas grandes y propias de la bomba, sino que formarían parte de las piezas imprescindibles de la bomba, pero de menor tamaño y que podrían ser necesarias en cualquier motor o aparato, no son exclusivas de este proyecto.

Se va a detallar el proceso de creación de los tornillos porque no es una pieza que se pueda añadir desde el menú de mallas que tiene por defecto Blender, en este caso se ha de activar un Add-on (complemento) especial que directamente añade tornillos y tuercas, después también podrán ser modificadas, de esta manera se facilita mucho el trabajo de modelar, por las espirales propias del objeto.

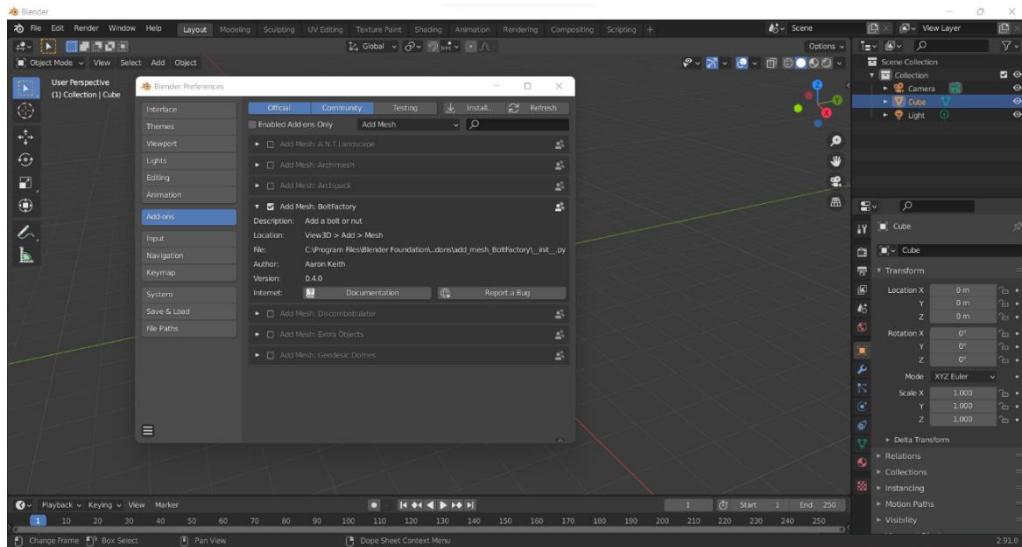


Ilustración 26 Preferencias del sistema de Blender. Add-on tornillos y tuercas.

En este caso tiene un menú especial cuando se añade, que permite que el tornillo sea plano, redondo, para llave hexagonal o destornillador de estrellas, y muchos más parámetros que ayudan a que el objeto sea totalmente modelable desde que añade, para esto ahorra mucho tiempo a la hora de editarlo. Además, de las posibilidades que ofrece siempre Blender al incorporar un objeto, que son la localización del objeto dentro de la escena en coordenadas, si se va a añadir con alguna rotación.

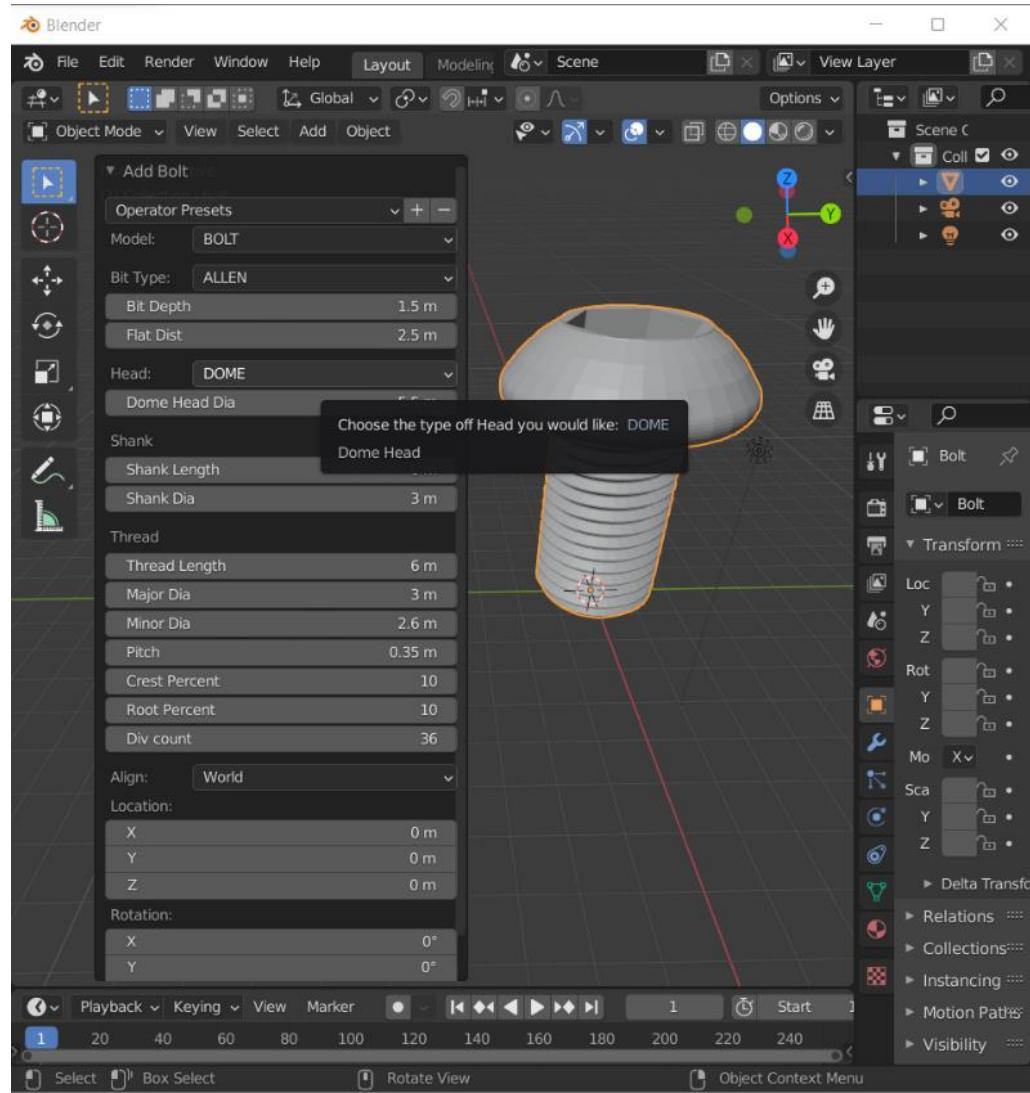


Ilustración 27 Menú de opciones que aparece al añadir un tornillo o turca en Blender.

Como se ha dicho en el párrafo anterior, el menú al añadir un tornillo permite modificar el objeto de múltiples maneras, entre ellas también admite crear tuercas sencillas que con una pequeña y posterior modificación se logrará crear las palomillas que necesita nuestro modelo, ya que para anclar el motor al rodillo aparecen este tipo de tuercas en los documentos aportados por la ONG.

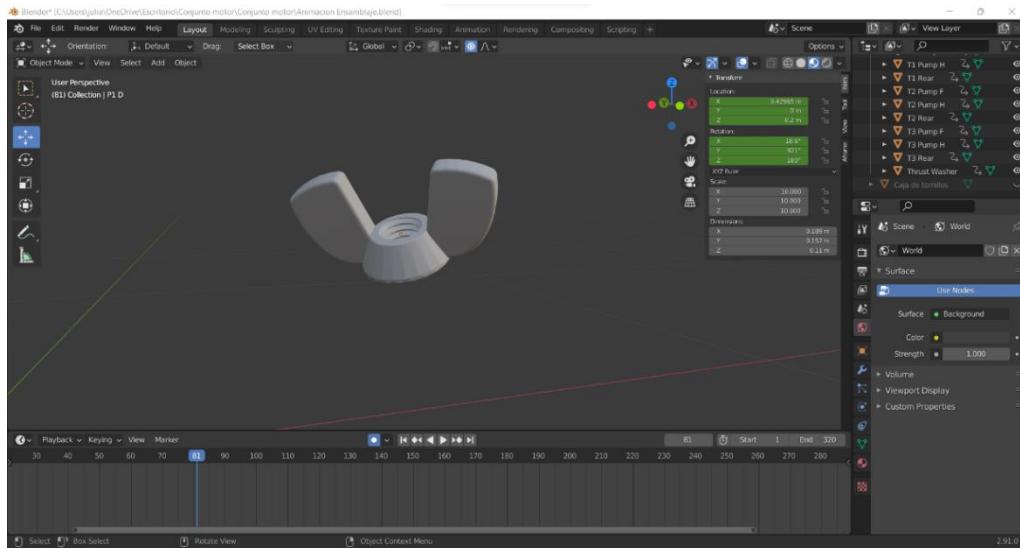


Ilustración 28 Modelo 3D de una tuerca/palomilla.

Con todas las piezas de la bomba modeladas, y las tuercas y tornillos que van a ensamblarlo todo, solo quedaría modelar el rodillo y juntar todas las piezas de tal manera que resulte una escena con la composición completa entre la bomba y el rodillo. En la siguiente ilustración se muestra tal composición, lista para ser animada.

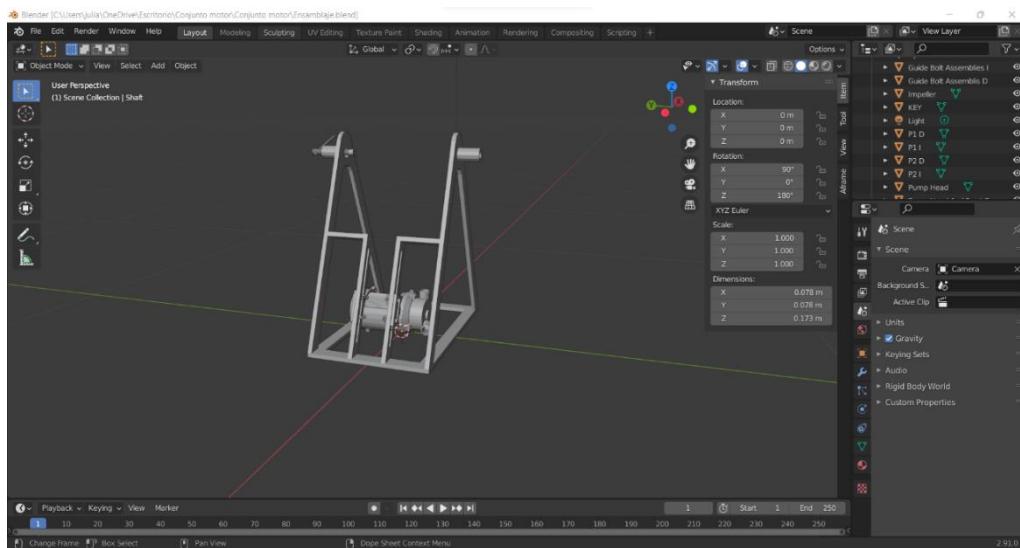


Ilustración 29 Motor y rodillo modelados.

Una vez que está montado el motor, se crea la primera animación del montaje del motor y su anclaje al rodillo, para este punto no se ambientará ni se incorporarán texturas complejas porque así se ha decidido al elaborar esta escena, ya que bajo mi criterio se aprecia mejor el montaje haciendo una escena más sencilla y con un fondo liso.

Como muestra de una de las animaciones, ya que cada objeto tiene su propia animación, a pesar de que, se crea una animación conjunta con cada una de ellas, solo se puede

mostrar por pantalla los puntos que definen la animación de un objeto que esté seleccionado en ese momento. Para el movimiento completo de la escena se puede dar al botón “play” que se encuentra encima de los keyframes de la línea temporal. Se adjunta foto de la animación de una palomilla como ejemplo:

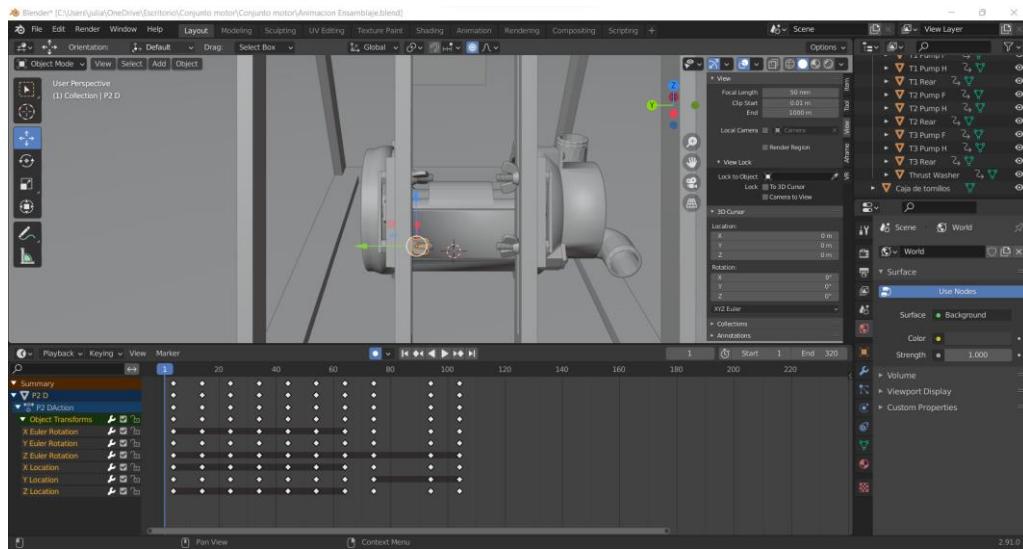


Ilustración 30 Animación de una tuerca.

En la ilustración 30, aparece desglosada la animación que se ha aplicado a una de las palomillas que ancla la bomba de agua al rodillo. Esta animación viene definida por KeyFrames que definen en un punto concreto la rotación aplicada y/o la variación sufrida en la localización del objeto dentro de la escena.

Conclusión: Se ha modelado y animado la primera escena de la del proyecto, aquella referente al montaje de la bomba. Las texturas y el fondo en esta simulación eran sencillas por los propio requisitos e intereses del proyecto.

3.4 Sprint 3

Objetivo: Crear la segunda animación del proyecto e incorporar realismo a esta última escena.

Tareas: modificar la escena del montaje para incorporar los objetos y texturas que produzcan un ambiente más realista, animar la escena para que muestre la simulación del funcionamiento de la bomba con la bicicleta.

El desarrollo de las tareas en esta etapa parte de que a la hora de diseñar la nueva escena del proyecto Bici-Bomba se considera incorporar una bicicleta y un cubo de agua, y crear un pozo, que será de donde la bomba tendrá que succionar el agua que depositará en el cubo de agua.

Para importar a la escena objetos de atrezo, es decir, que no requieren ninguna característica concreta, se estima que lo más oportuno es buscarlos y descargarlos de alguna de las webs gratuitas en las que se pueden encontrar modelos 3D. Al buscar modelos gratuitos tampoco se encuentra muchísimo material, pero si lo suficiente para aprender esta herramienta y que contribuya a cumplir los objetivos del proyecto.

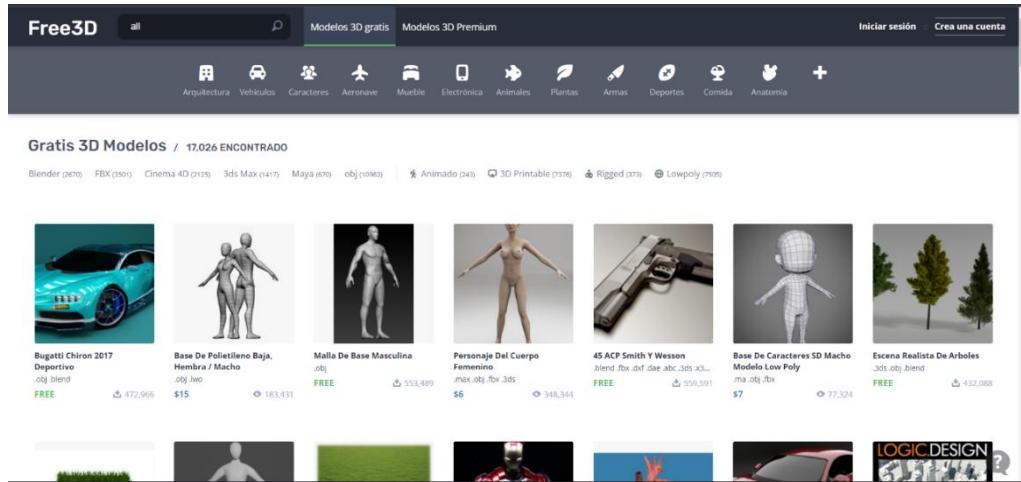


Ilustración 31 Web para descargar modelos gratuitos en 3 dimensiones.

En esta web⁷ encontré la bicicleta que más se ajustaba a mi diseño de la escena, es decir, que fuera algo antigua y que tuviera un formato que se pueda importar en Blender. De esta misma página descargué un cubo, otro objeto que ayuda a entender la escena, pero no es fundamental que sea de ninguna forma concreta, no requiere unas características que nos obliguen a modelarlo.

Una vez tenemos todos los objetos que participan en crear un ambiente realista se necesita añadir la textura del suelo y del fondo para terminar de lograr ese realismo en el entorno.

Por lo tanto, de la misma manera que hay páginas gratuitas en la web para descargar objetos en 3 dimensiones, hay otras en las que es posible descargarse texturas y HDRIs que es el mundo que rodea al modelo en Blender, lo que sería el fondo de la escena.

⁷ <https://free3d.com/es/modelos-3d/>

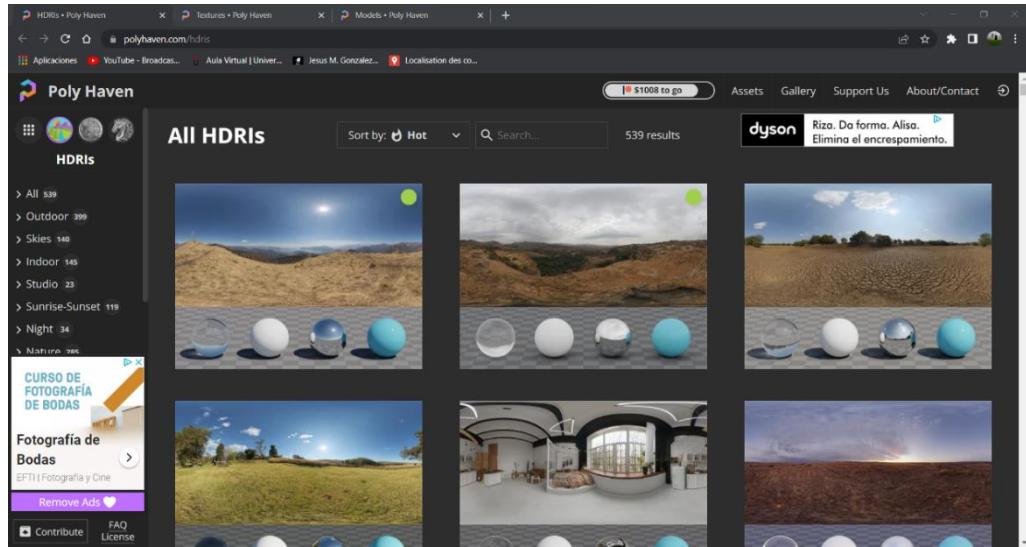


Ilustración 32 Web de descarga gratuita de mundos para entornos 360º.

Estos ficheros se descargan en formato .exr y se incorporan fácilmente a la escena, en la siguiente ilustración se muestra cómo es el resultado de añadir un HDRI, y en la parte inferior de imagen se ve el sistema de nodos que permite modificar la manera en que se acopla el fondo a la escena.

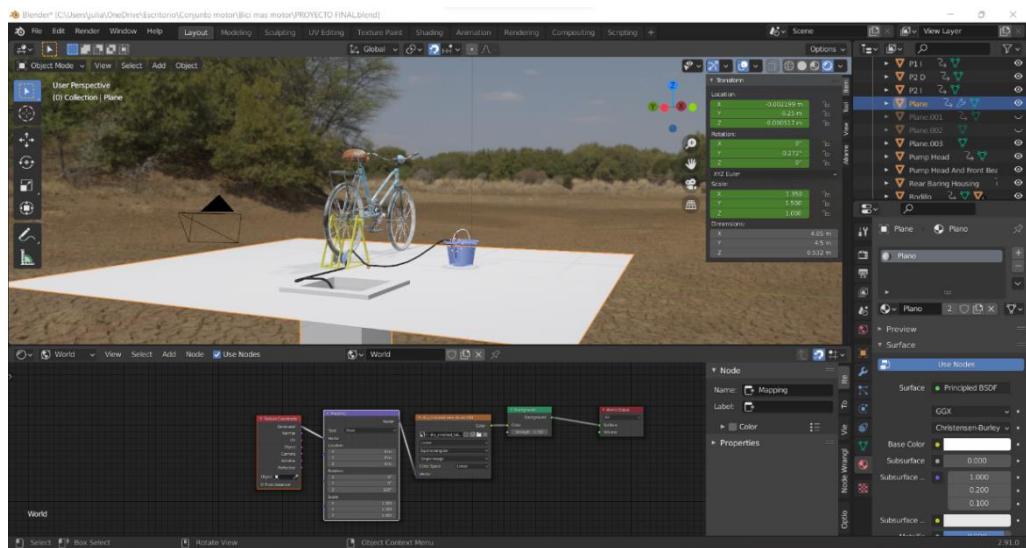


Ilustración 33 Fondo incorporado a la escena.

De manera similar se descargan las texturas, en este caso se descarga un zip con varias imágenes, que aportarán diferentes características al material, algo usual entre las personas que modelan escenas 3D es crearse una carpeta dentro del proyecto solamente con las texturas, como la que se ve en la imagen, pero puede estar en cualquier directorio.

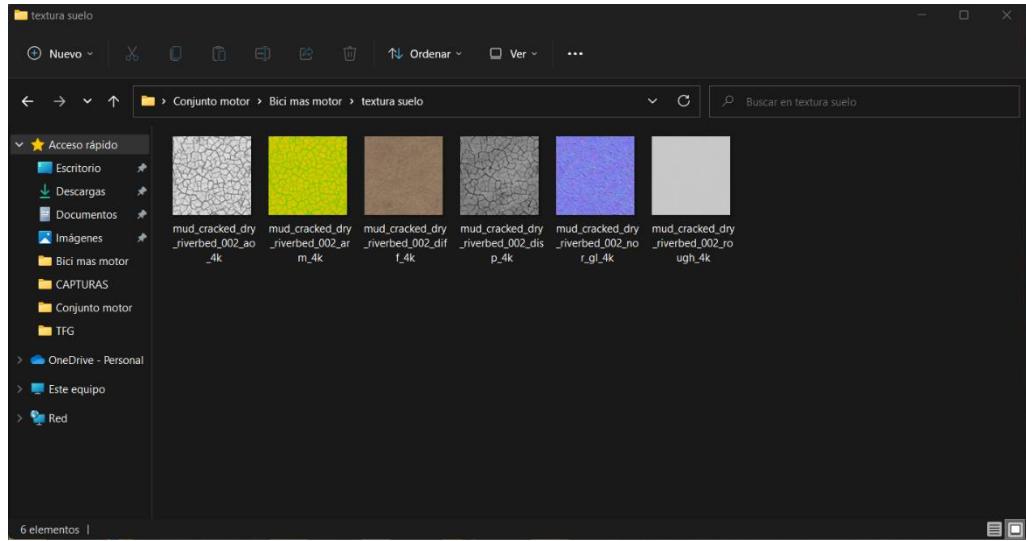


Ilustración 34 Ficheros de texturas descargados de una web gratuita.

Una vez se incorpora el material a un objeto de la escena se han de unir, mediante el sistema de nodos como el que se veía en el en la imagen del mundo (ilustración 33), cada imagen a la característica que aporta, como se puede ver en la próxima imagen:

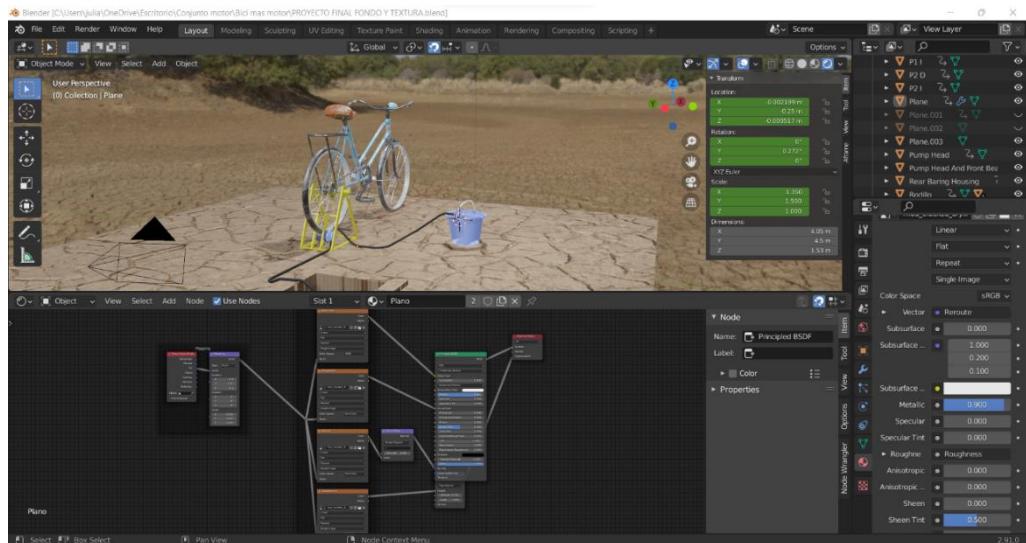


Ilustración 35 Modo Shader dentro del objeto, diagrama de nodos para texturas.

Con el fondo y las texturas incorporadas en la imagen se procede a crear la animación que mostrará el funcionamiento de la bomba al accionar la bicicleta y provocar así que se active la bomba de agua sin necesidad de conectarlo a la corriente eléctrica.

Si continuamos con el proceso de creación de la animación en Blender, hay que tener en cuenta que se parte con una dificultad añadida que es el funcionamiento de los fluidos, son animaciones complejas que requieren probar muchas veces y entender la manera en que se realizan porque hay veces que al cambiar algo, en esta versión de

Blender que se activa la simulación directamente (sin darle a ningún botón como en versiones anteriores), para modificar algo y que se resetee esa animación es necesario limpiar la caché porque no es fácil para la aplicación sobreescibir los datos. De esta manera se asegura que el software lleva a cabo aquello que acabamos de modificar.

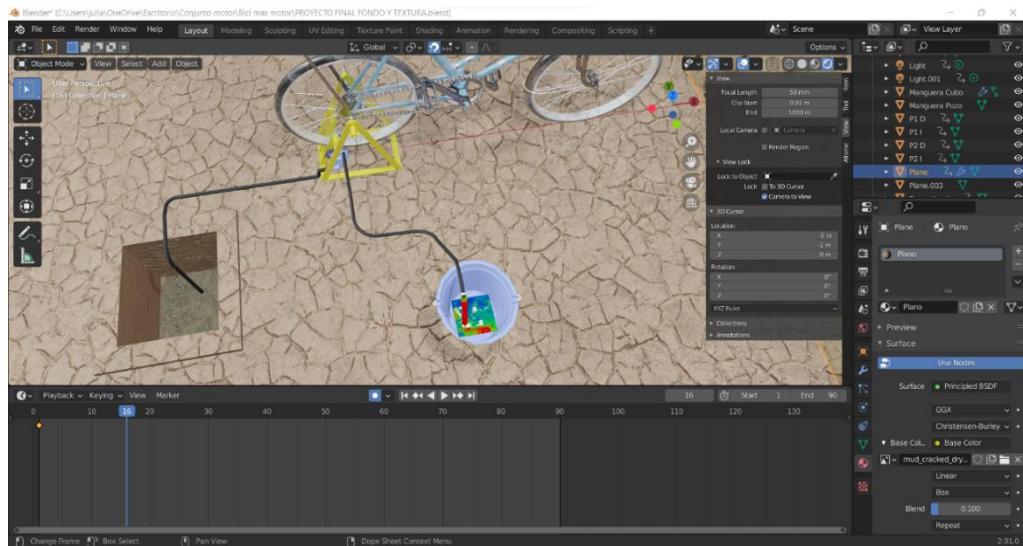


Ilustración 36 Fluidos en Blender.

Como se puede apreciar en la imagen, hay agua en dos puntos y se ha añadido de diferentes maneras porque en cada uno se necesitaba una característica, en el pozo es un plano que muestra agua en movimiento, pero como mucha cantidad de agua, y en el cubo es poca cantidad de agua que va cayendo de la manguera porque simula el funcionamiento de la bomba que sería que ésta succiona agua del pozo y la echa al cubo.

Conclusión: se termina el modelado y animación en 3 dimensiones dentro de Blender y se ha otorgado el realismo que la escena requiere.

3.5 Sprint 4

Objetivo: cerrar el proyecto con las dos posibles salidas que ofrece la tecnología utilizada, renderizado y visualización en realidad virtual.

Tareas: Renderizar la escena desde Blender, exportar el modelo, crear una escena en A-Frame e importar el modelo de Blender.

Tanto desde Blender, como desde A-Frame, se puede renderizar la escena, es decir, elaborar un video con dicha escena. En Blender, la cámara es un objeto más de la escena que se puede animar, porque a la hora de renderizar el modelo es necesario orientar la cámara y situarla de tal manera que enfoque siempre aquello que queramos mostrar en cada momento.

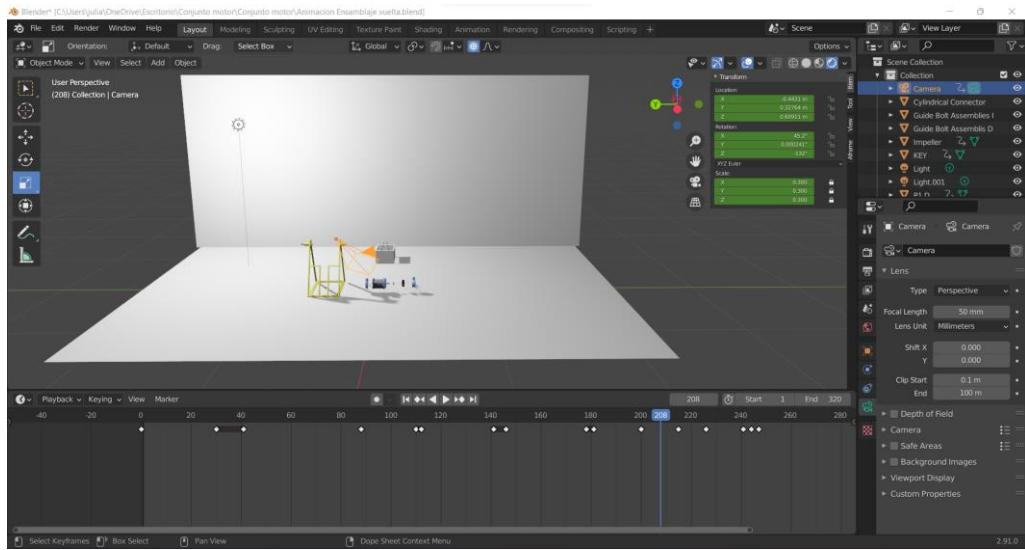


Ilustración 37 Escena y línea temporal de la animación de la cámara.

En la ilustración 37, aparecen en la escena dos planos, uno donde va a apoyado el rodillo que tiene la función de hacer el efecto del suelo y otro en perpendicular a este que la misión que tiene es simple y únicamente que el fondo de la escena sea de color blanco liso y tenga buena iluminación al estar cerca del objeto de manera que se aprecie mucho mejor la animación y los movimientos de cada pieza

En las dos siguientes ilustraciones se muestran segundos diferentes del video resultado de renderizar la escena montaje de la bomba de agua desde Blender:

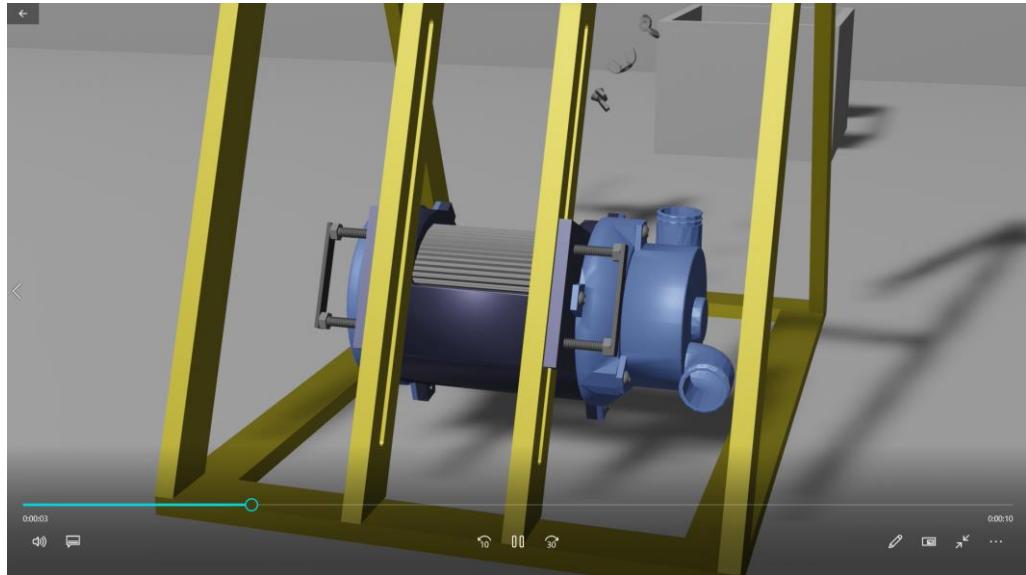


Ilustración 38 Segundo 3 del render desde Blender de la animación montaje bomba.

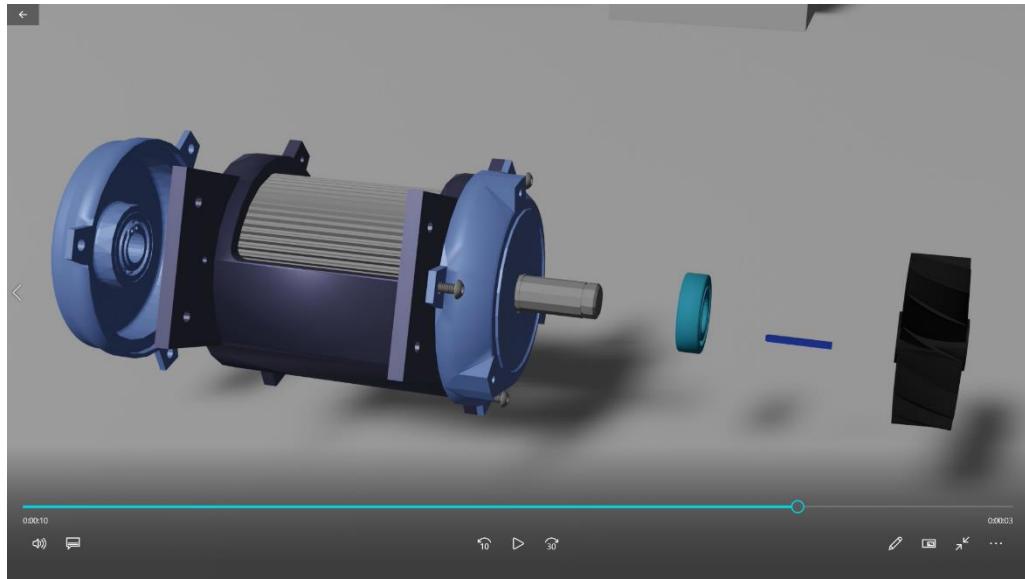


Ilustración 39 Segundo 10 del render desde Blender de la animación montaje bomba.

Por otro lado, la tecnología escogida ofrece también la salida que permite ver la escena en realidad virtual con el equipamiento preciso. Para ello nos remontamos al Sprint 1 donde se probó este proceso y se repite, aunque teniendo en cuenta que el modelo ha cambiado. Se exportará el modelo de Blender que simula el funcionamiento de la bomba, en la siguiente figura se muestran las opciones que ofrece la aplicación a la hora de exportar en los formatos que soporta A-Frame y que a su vez incluyen las texturas y las animaciones:

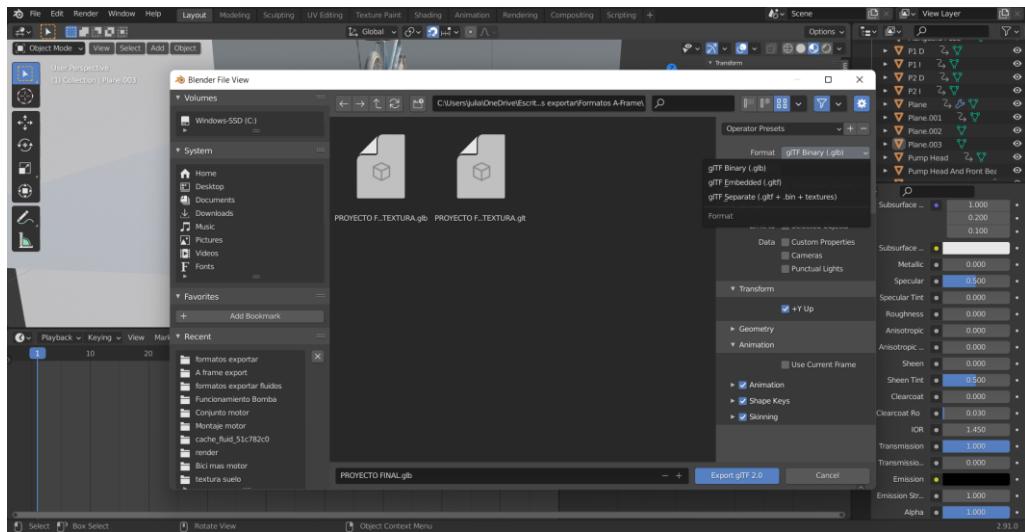


Ilustración 40 Exportar modelo de Blender.

Una vez que escogemos el formato adecuado, hay que crear una escena en A-Frame a la que incorporar el modelo exportado. El fichero que crea la escena es un fichero muy

sencillo y parecido al del Sprint 0, de hecho, tan solo cambia el fondo (<a-sky>), que en este caso va a ser una imagen 360º.

```
<html>
  <head>
    <script src="https://aframe.io/releases/1.2.0/aframe.min.js"></script>
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/gh/donmccurdy/aframe-extras@v6.1.1/dist/aframe-extras.min.js"></script>
  </head>

  <body>
    <a-scene>
      <a-entity>
        <a-camera position="0 0.25 0.35"></a-camera>
      </a-entity>

      <a-assets>
        <a-asset-item id="funcionamiento" src="PROYECTO%20FINAL%20FONDO%20Y%20TEXTURA.gltf"></a-asset-item>
      </a-assets>
      <a-entity position="0 0 0" gltf-model="#funcionamiento" scale="0.1 0.1 0.1" animation-mixer>
        </a-entity>
        <a-sky src="sky2.jpg"></a-sky>
      </a-scene>
    </body>
  </html>
```

Figura 1 Texto HTML referente a la escena A-Frame del funcionamiento de la bomba.

Esta escena se compone, por tanto, únicamente del ítem que importa el modelo de Blender y el fondo. Además, se coloca la cámara de manera que, cuando arranque la simulación, se encuentre la bicicleta con la bomba justo de frente. En la siguiente imagen se muestra el resultado compilar y visualizar la escena de A-Frame que contiene la simulación del funcionamiento de la BiciBomba:

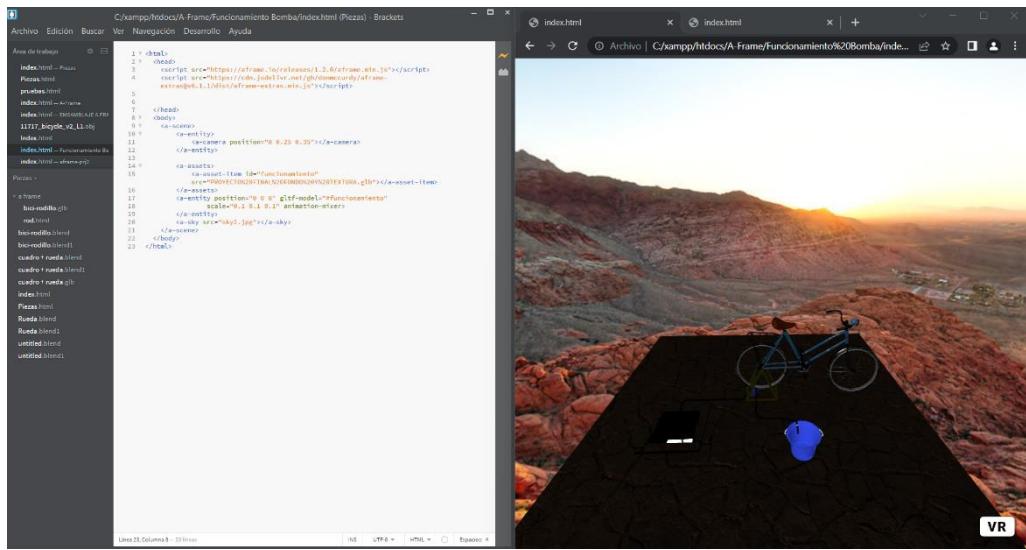


Ilustración 41 Escena A-Frame funcionamiento BiciBomba.

Algo que se ha de tener en cuenta, es que ninguno de los formatos que exporta Blender incluye el fondo de la escena, este deberá ser añadido en A-Frame. Para ello no se importa de la misma manera en una herramienta que en la otra, por lo cual será difícil encontrar el mismo fondo en formato .exr y .jpg así que en realidad virtual el fondo tendrá una vista diferente que en la opción de renderizado, como se puede ver en la imagen anterior. Para lograr el mismo resultado habría que renderizar desde A-Frame, ya que este es el resultado de renderizar la misma escena desde Blender:



Ilustración 42 Primer frame del renderizado del funcionamiento desde Blender.

El fondo es completamente diferente, pero las demás diferencias solo tienen relación con la luminosidad de la escena. De la misma manera, se ha llevado a cabo este proceso también con la animación y el modelo del montaje de la bomba, el cual es mucho más sencillo y el fondo simplemente se ha seleccionado un color que permita apreciar bien la animación igual que en el renderizado.

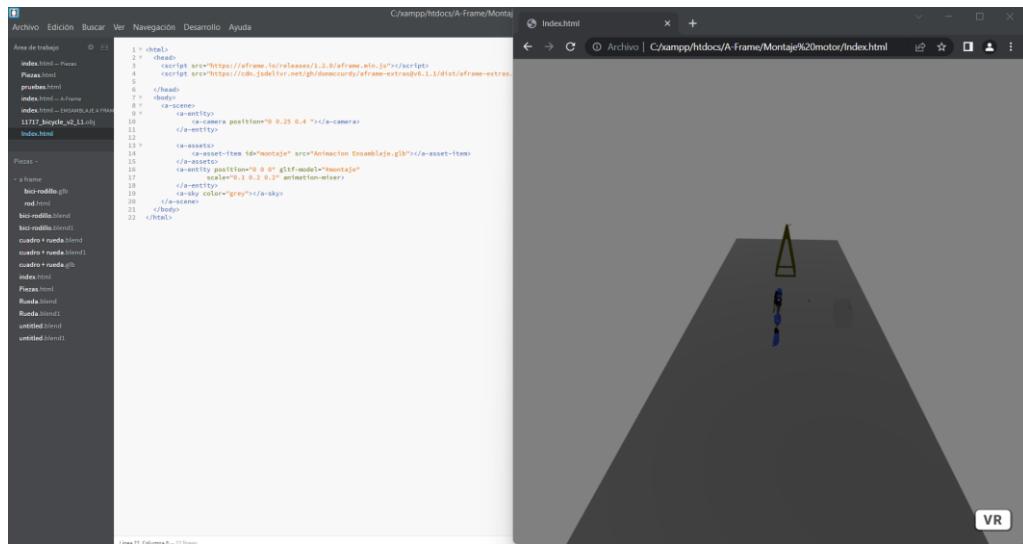


Ilustración 43 Escena A-Frame del montaje de la bomba.

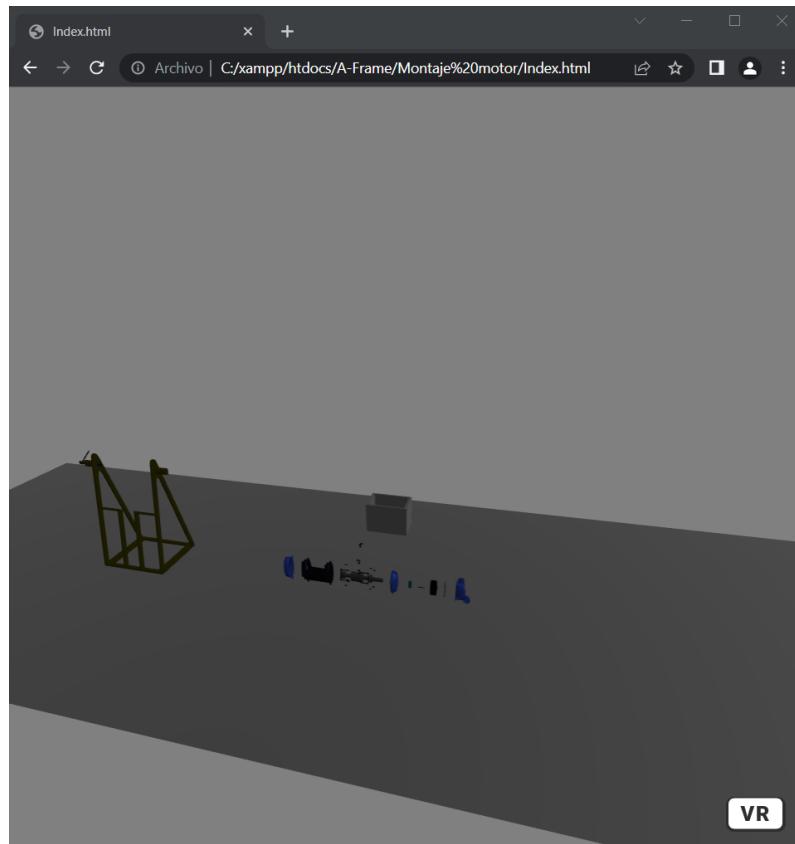


Ilustración 44 Diferente ángulo de la escena montaje bomba A-Frame.

Una vez que las escenas se pueden visualizar en el navegador y, con las herramientas indicadas, en este caso las gafas de realidad virtual, el usuario puede adentrarse en el entorno e interactuar con él hasta comprender con claridad el montaje y funcionamiento de la bomba de agua.

Estas serían las posibilidades que ofrece la tecnología escogida y la manera en la que se cierra el proyecto que consiste en elaborar escenas en 3 dimensiones que facilite entender sistemas que tradicionalmente, con documentación en 2 dimensiones, resultan demasiado complejos.

Conclusión: tras renderizar o crear un entorno de realidad virtual, se consigue llevar a término el desarrollo. En este punto el usuario tiene a su alcance material sencillo de comprender y con fácil acceso sobre el proyecto.

Tras desarrollar todo el proceso de creación de un entorno de realidad virtual a partir de un proyecto real del que tan solo se tenía información en 2 dimensiones, en el apartado de resultado final se desarrolla la metodología completa que surge de todo este desarrollo.

4. Resultado final

Como resultado final de este trabajo fin de grado se obtiene una metodología que ofrece simplificar problemas aplicando tecnología, los tipos de problemas a los que nos referimos son de carácter técnico, documentación y planos de objetos o sistemas que, a papel, o en dos dimensiones requieren de bastante conocimiento previo, al extenderlo a las 3 dimensiones se vuelve mucho más sencillo se comprender y asimilar.

4.1 Metodología

Para ello se va a dividir todo en proceso en 5 etapas, no necesariamente como las etapas de desarrollo, ya que en este apartado se aporta una metodología que nace a raíz de lo aprendido en la etapa de desarrollo y mejorando, por tanto, el modo en que se ha realizado el proyecto cuando no se tenía un conocimiento previo de la manera de proceder en este tipo de trabajos.

4.1.1 ETAPA 1

La primera etapa sería aquella en la que se prepara el entorno de trabajo y se comprende la envergadura del proyecto, así como el funcionamiento del sistema y todos los componentes de este.

Se ha definido Blender como tecnología para el modelado y renderizado de la escena 3D, A-Frame para el entorno en realidad virtual y Brackets como editor de texto ya que permite previsualizar el proyecto de manera sencilla.

En este punto será necesario descargar estas herramientas, aquellas que van a ser utilizadas durante el proceso de desarrollo, por tanto, se deben tener descargadas las siguientes aplicaciones:

- Blender: <https://www.blender.org/download/>
- Brackets: <https://brackets.io/>
- Navegador – Chrome o Firefox.

Con la tecnología a nuestra disposición es recomendable probar dichos softwares y documentarse sobre cuál es la manera de utilizarlo y como empezar a modelar por ejemplo en el caso de Blender. Para ello hay innumerables tutoriales en YouTube y mucha información en la propia página web⁸ de la aplicación.

Además, en esta primera parte del proyecto es importante reunirse con expertos en el sector que puedan ayudarte a comprender el problema y te den herramientas para solucionarlo, estas herramientas pueden ser simplemente con planos, que sin ellos resultaría prácticamente imposible lograr un resultado de calidad. Reunir toda la documentación posible es fundamental en este punto del proyecto, así como entenderla y tomar los apuntes necesarios para poder comenzar a modelar.

⁸ <https://docs.blender.org/manual/es/latest/>

Es necesario que estén claros los nombres de cada pieza del objeto, por pequeña que sea, y en caso de haber varias piezas iguales que tengan también en el nombre un distintivo que al incluirlo en la escena sea un objeto único fácil de encontrar y mover en caso de ser necesario. Esto será fundamental a la hora de realizar las animaciones.

Previo a crear la escena es necesario un diseño que la organice de manera que cada objeto y cada movimiento tenga un sentido y contribuya en que el sistema sea sencillo de comprender. Decidir qué elementos componen la escena, donde colocarlos y, a continuación, diseñar también la animación. El objetivo de este diseño es que tenga un sentido, que al observar la animación y la escena quede claro el propósito de esta.

Además, al tener un diseño de cómo será finalmente la escena, es más sencillo apreciar cuales son los objetos secundarios que afiancen la escena y que colaboren con el propósito del entorno, pero que no necesitan ser modeladas. Por ello, en el propio diseño se establecerá qué piezas hay que modelar y cuáles pueden ser importadas de modelos que se pueden descargar en la red, como, por ejemplo: <https://free3d.com/es/>

4.1.2 ETAPA 2

En esta etapa el proyecto se centra en crear una escena en 3 dimensiones, modelar, animar e introducir materiales y fondo.

En este proceso habría que tener en cuenta que el modelado de las diferentes piezas que conforman el objeto hay que modelarlas con el máximo de fidelidad a los planos o documentación que se tiene de ellas.

En el proceso de modelar ayuda ponerle nombre a cada pieza, si no te viene ya definido en el plano, incluso si hay 3 tornillos iguales que cada uno se llame de una manera para tener organizada la escena en 3d y facilitar el resto de los procesos. Cuando se tiene objetos complejos en la escena que requieren diseñar las piezas que lo componen, una a una, es importante escoger qué piezas modelar primero y cuales después, y, modelar una a una las piezas por separado, en la misma escena, pero con coordenadas suficientemente separadas (recomendación todas en línea en un mismo eje, pero separadas) para posteriormente agruparlas y formar esos objetos.

En el momento de cultura tecnológica que nos encontramos, si tenemos dificultades en este proceso, es fácil encontrar alternativas o tips en plataformas online que te puedan ayudar a no quedarte atascado en algún punto que no seas capaz de sacar por ti mismo. Es una herramienta más que usar y que ayuda a aprender y mejorar los proyectos.

Para los objetos que en el diseño se han decidido que serán de atrezo, que no requieren de características específicas para este proyecto, es suficiente como buscarlos en alguna web de modelos gratuitos y en caso de no encontrar algún modelo que se ajuste al proyecto ya sí que habría que modelarlo.

Crear la animación con los criterios establecidos en el diseño, aplicado a todas las piezas que intervienen en la animación. Teniendo en cuenta siempre cuales serían los movimientos propios de tal objeto en la realidad, pues no se debe perder ese objetivo en ningún proceso del proyecto.

Otra manera de aportar realismo a la escena es mediante las texturas y el fondo de la escena. A la hora de aplicar los materiales que van a representar los objetos la propia aplicación cuenta con un menú en el que modificar los valores de estos parámetros y buscar de esa manera la textura propia del objeto que tenemos modelado:

Si con los parámetros de la aplicación no obtenemos un resultado deseado, se pueden importar texturas que recrear los materiales con mayor nivel de detalle. Es momento de buscar una alternativa, ya que hay diferentes páginas webs donde es sencillo descargar múltiples texturas gratuitas. En la web suele haber un amplio abanico de texturas y su descarga y uso son sencillos porque simplemente son imágenes con formatos que normalmente cualquier plataforma de gráficos 3D soporta, .jpg.

De la misma manera el mundo que rodea la escena ha de ser acorde a esta y que contribuya en el propósito del resto de los componentes de dicha escena. El fondo también es muy relevante a la hora de introducir realismo a la escena, y también es sencillo descargar una imagen 360º que englobe toda esta. Introducir un fondo acorde con la escena y con las texturas de esta es necesario en la mayoría de los casos, pero hay escenas que requieren todo lo contrario, y con un plano liso que tiña el fondo de un solo color es suficiente. Estos casos suelen ir relacionados con escenas que haya que apreciar detalles muy concretos y movimientos precisos.

<https://polyhaven.com/>

4.1.3 ETAPA 3

Con la escena completa creada, modelados todos los objetos, añadidos aquellos que complementan la escena para darle mayor sentido a la misma, introducidas las texturas, materiales y el fondo, y, creada la animación, el siguiente paso es exportar dicha escena.

Este proceso puede ser en distintos formatos, entre ellos, una manera de exportar la escena es renderizando la misma y creando un video que muestre la simulación.

Y la otra vía para exportar la escena es en ficheros que se pueden importar después en una escena virtual. De esta manera el usuario puede interactuar con el entorno y adentrarse en la escena lo cual hace que la experiencia sea mucho más interesante y el aprendizaje sea más sencillo. Por tanto, hay que crear la escena en A-Frame, que se hace simplemente mediante un editor de texto, en HTML., e importar el modelo creado en Blender.

Al visualizar la escena en el navegador si pueden apreciar diferencias con el entorno de Blender, en muchas ocasiones hay que ajustar desde A-Frame elementos como la luminosidad, el fondo y la escala de los objetos.

Tras ajustar esos parámetros y concluir con un entorno fiel a la documentación del proyecto y con el que se esté satisfecho simplemente se visualiza desde el equipamiento escogido, como pueden ser unas Gafas de Realidad Virtual Oculus Quest 2, un ordenador y hasta un smartphone cualquiera.

Aquí acaba la metodología a seguir a la hora de elaborar proyectos que necesiten ser simplificados mediante el uso de herramientas de realidad virtual o gráficos 3D.

4.2 Prueba de la metodología con el ejemplo

A continuación, se mostrará este proceso que describe la metodología con el ejemplo desglosado en los pasos de cada etapa:

4.2.1 ETAPA 1:

4.2.1.1 Preparar el entorno y probar la tecnología

Para comenzar hay que informarse sobre la tecnología que vamos a utilizar y ver si se ajusta a las necesidades del proyecto y a tus competencias, por eso, una vez descargado Blender y a Brackets, es útil probar su funcionamiento diseñando una pieza sencilla en Blender que después se exportará a A-Frame y se probará Brackets para este proceso.

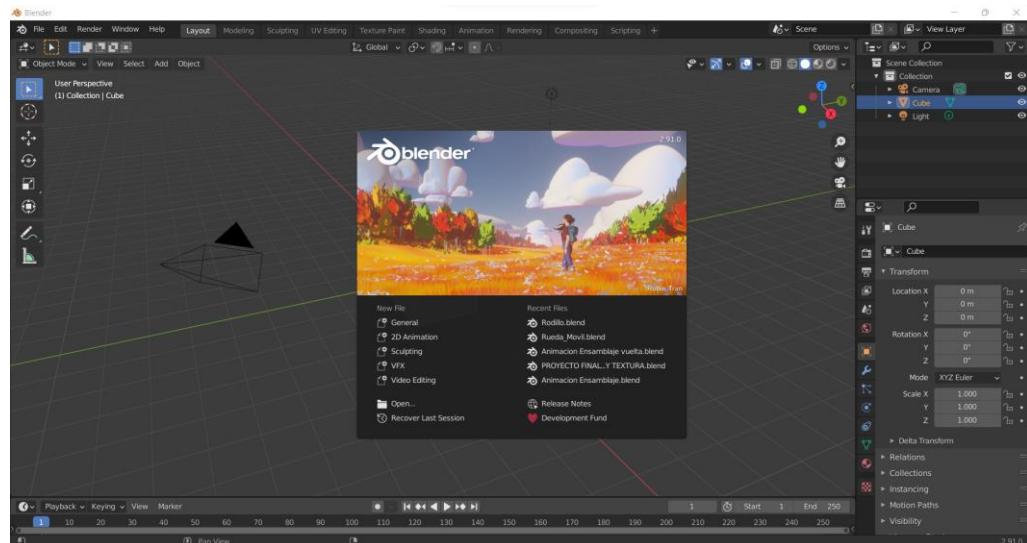


Ilustración 45. Inicio de Blender.

En la ilustración anterior aparece la pantalla inicial de Blender desde la que añadiremos un elemento y moldearemos hasta obtener la forma adecuada y así poder animarla, cambiar el color de la pieza, probar los distintos modos de trabajo con los que cuenta el software escogido. Al probar las herramientas también se comprueba si el ordenador con el cual se va a realizar el proyecto cuenta con la potencia suficiente y las gráficas necesarias para obtener un resultado de calidad.

La siguiente imagen es el resultado de añadir un objeto, ir al modo de edición y probar al menos las herramientas básicas que te permiten modificar el objeto, como extruirlo, escalarlo, generar nuevas caras, dividirlas, etc.

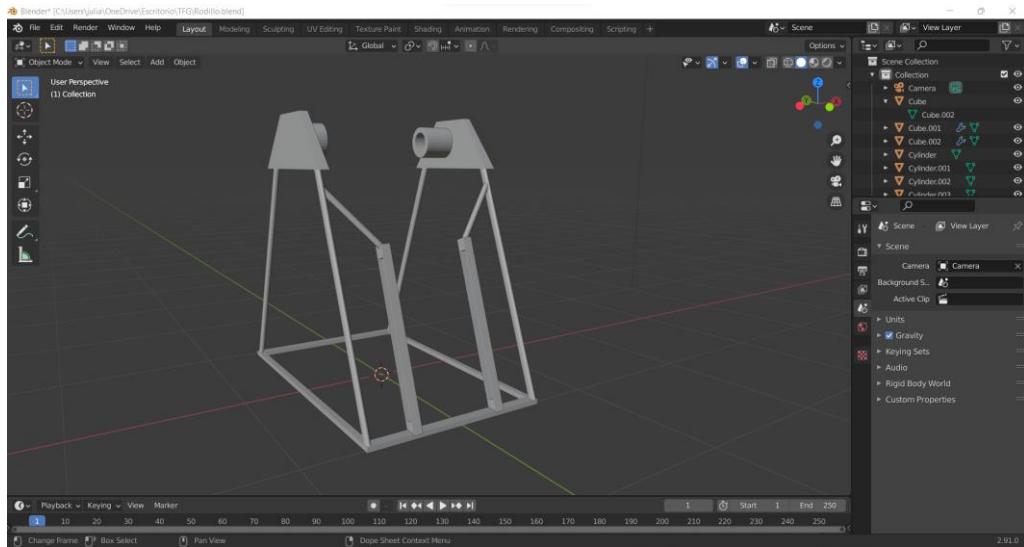


Ilustración 46 Modelado de una pieza en Blender.

Una vez modelada la pieza, se realiza una animación sencilla también sobre esta y se exporta en uno de los formatos que soporta A-Frame, esto se puede encontrar en el manual de la herramienta:

<https://aframe.io/docs/1.3.0/components/glif-model.html#sidebar>

Tras comprobar cuál es el formato en el que se ha de importar en la escena, se exporta de Blender y se crea una escena sencilla en A-Frame con Brackets e importa el modelo con su animación. Introducimos la línea de código necesaria para activar la animación y ya tendríamos el prototipo que prueba la tecnología.

4.2.1.2 Documentación y comprensión del proyecto

Tras las reuniones que se realizaron con el director de proyectos de la ONG nos facilita la documentación necesaria, la memoria del proyecto, planos con medidas de las piezas y diferentes vistas, documentos que explican el montaje y videos que muestran cómo es este proyecto una vez que se pone en marcha en realidad ya que este proyecto ya lo han incorporado en más lugares previamente, y ahora se va a introducir en otro punto del país y necesitan formar a los ciudadanos de Nikki, lugar donde se introduce ahora este sistema, con la dificultad que no hay un ingeniero que pueda acompañarlos todo el tiempo que requiere el proceso completo de formación y creación de la BiciBomb.

Hay que tener en cuenta que en estos países la tecnología está más al alcance de la mano que el agua potable, por ello es sencillo formarles mediante esta vía. Como se repite en diferentes ocasiones en esta memoria, la mayoría de las personas que habitan que esta población no cuenta con el suficiente nivel de estudios para comprender probablemente la documentación del proyecto. Conocer este hándicap

nos hace entender la envergadura del proyecto y orientar la escena y las animaciones en este punto.

Con la documentación a nuestra disposición, en el plano de la bomba donde se desglosas todas las piezas que la componen, he nombrado las piezas como se llaman en la escena de Blender. En la ilustración se muestra el plano donde se han puesto los nombres y ciertas anotaciones que surgen de las reuniones con expertos:

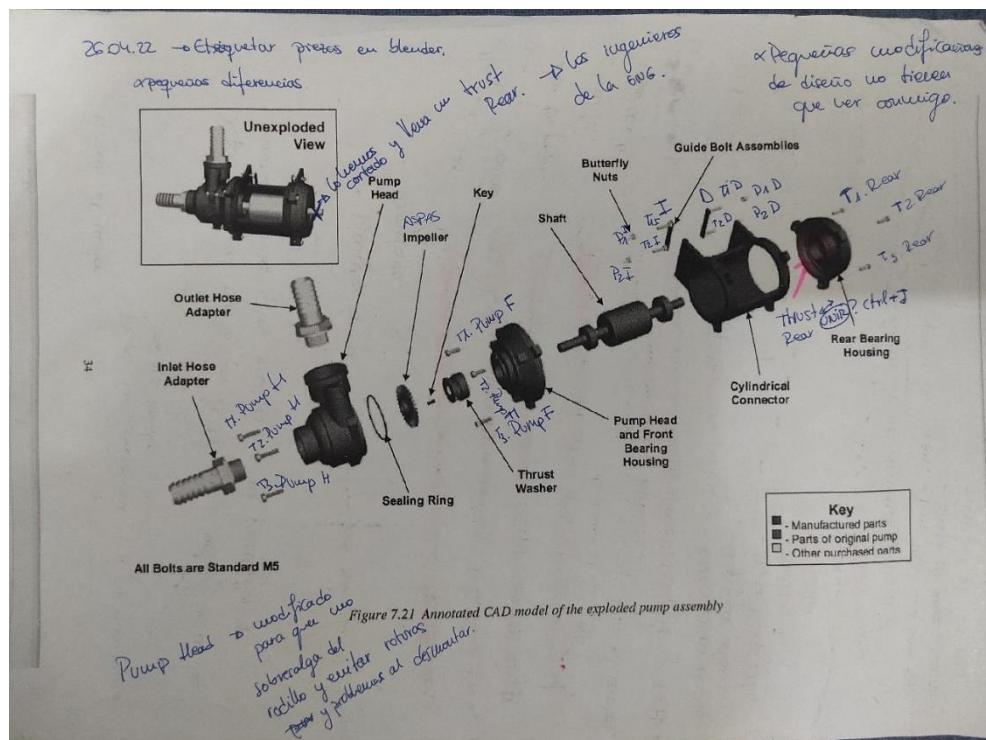


Ilustración 47 Notas tomadas en los planos originales.

4.2.1.3 Diseño de la escena y las animaciones

Se han diseñado 2 escenas, una que mostrará el montaje de la bomba y otra que simulará el funcionamiento de esta. Para la primera escena se diseña el movimiento y se determina que los materiales de los objetos y el fondo de la escena serán sencillos ya que en este punto prevalece la importancia de ver perfectamente donde va colocada cada pieza y cómo.

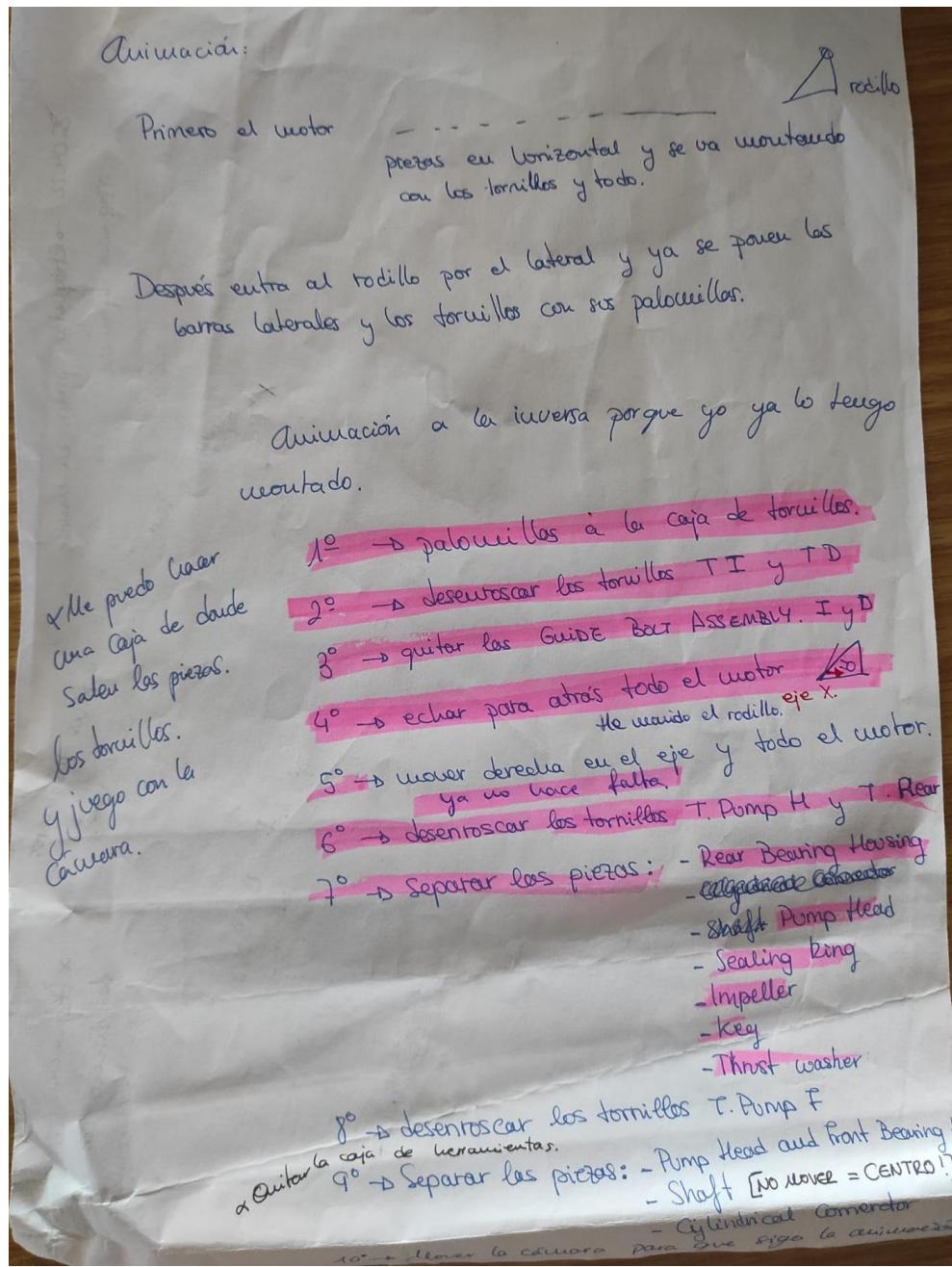


Ilustración 48 Diseño de la animación del montaje.

Para la segunda escena, la que se refiere al funcionamiento, se ha de incorporar un pozo en el suelo, un cubo de agua y una bicicleta que se coloque encima del rodillo donde está anclada la bomba y lo accione con el movimiento de la rueda, para ello la animación también es diseñada de tal manera que se han de mover los pedales de la bicicleta, la rueda, la pieza del motor que corresponde y se ha de llenar de agua el cubo. El ambiente será campo con escasa vegetación.

Para la primera escena no ha sido necesario descargar nada, pero en esta escena se necesita descargar una bicicleta en formato .blend para poder animar solo la rueda trasera y los pedales, porque si es en un formato que lo importa como un objeto entero y no por piezas no podría realizarse la animación diseñada.

Además, viene con texturas que simulan que es un objeto antiguo lo cual hace realista la escena porque se va a ambientar la escena en un campo parecido al de Nikki que es donde se ubicará el proyecto, además estamos en una situación concreta de personas sin recursos ni agua potable y sería poco real introducir una bicicleta de carreta de alta gama. El cubo de agua será un cubo sencillo que sea también gratis descargarlo.

4.2.2 ETAPA 2

4.2.2.1 Modelado

Una vez está elaborado el diseño, se modela pieza a pieza, todas aquellas que forman parte de los objetos que en el diseño se ha decidido que hay hacerlo.

En la primera escena se decide que solo aparece la bomba, y se ha de modelar cada una de las piezas que la componen. Por tanto, se modela cada pieza con los criterios que la documentación requiere y las medidas que aparecen en los planos para que siempre estén ajustadas las escalas entre objetos.

Cuando se tienen varias piezas se fija el origen de cada pieza en el centro geométrico y separan en el eje y, lo suficiente para que no queden unas encima de las otras, cuando están todas, se coloca cada pieza a su altura y se agrupan para formar la bomba de agua. Lo cual aparece en la ilustración 25, en el apartado de desarrollo.

En la segunda escena solo se tiene que modelar el pozo y las gomas de agua que salen de la bomba. La bicicleta y el cubo se introducen directamente a la escena, se ubica cada objeto en el lugar diseñado, y se escala, en este caso, los dos objetos porque las dimensiones de ambos tienen medidas superiores a las que corresponden con los objetos que estábamos trabajando en nuestra escena.

<https://www.turbosquid.com/es/Search/3D-Models>

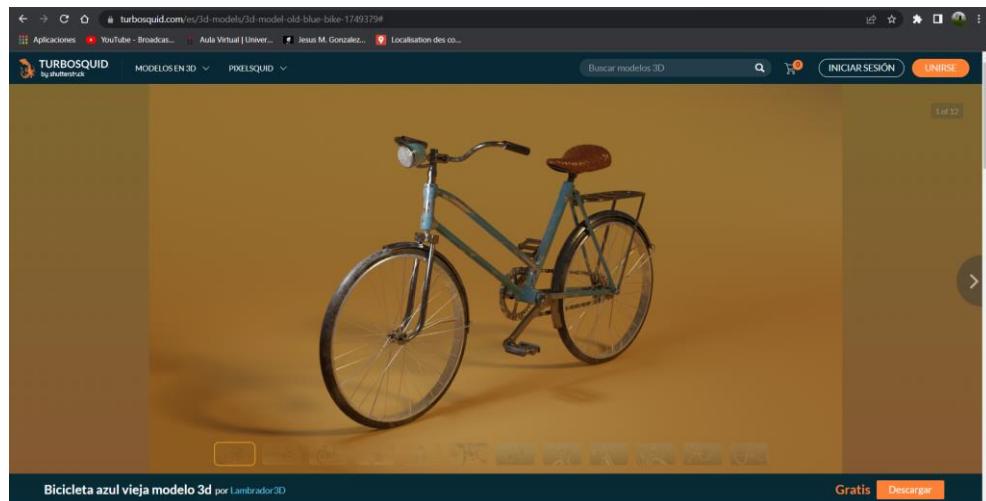


Ilustración 49 Bicicleta descargada para importar en la escena del funcionamiento de la bomba.

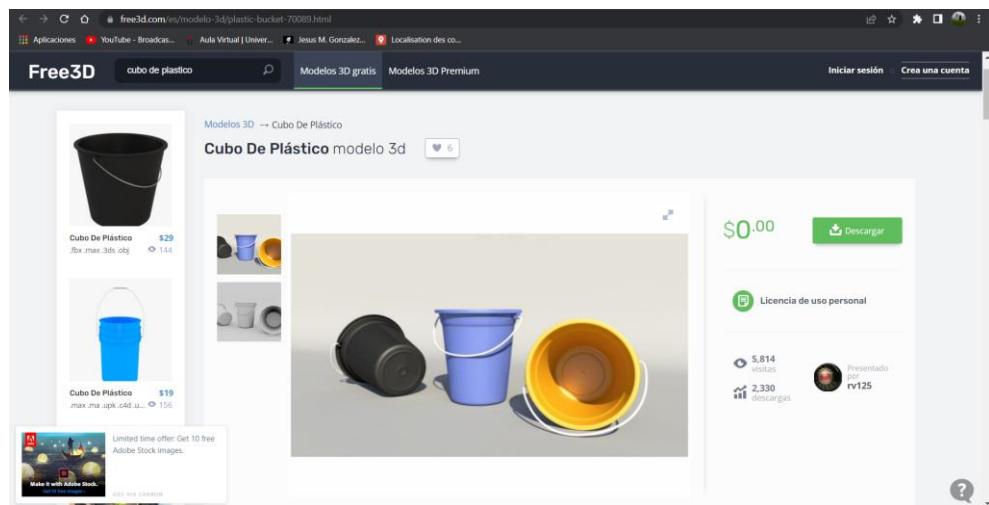


Ilustración 50 Cubo descargado para incluir en la escena del funcionamiento de la bomba.

4.2.2.2 Animación

Con un previo diseño bien detallado de las animaciones como el que se muestra en la ilustración número 48, para la primera escena se anima cada pieza de la escena que interviene en el montaje, en este caso serán prácticamente todas. En el caso de la escena del funcionamiento de la bomba la animación no afecta a tantas piezas.

En cada escena se anima también la cámara de tal manera que se muestra bien cada movimiento y se acerca a los puntos en los que es más difícil de apreciar la acción. Por ejemplo, cuando se desatornillan los tornillos, en la primera escena, o cuando se acciona el motor y la rueda de la bicicleta mueve una pieza de la bomba, en la segunda.

Para la animación de la segunda escena se han de mover la rueda trasera de bici, una pieza del motor que es la que lo acciona, y el agua que sale del pozo y cae al cubo:

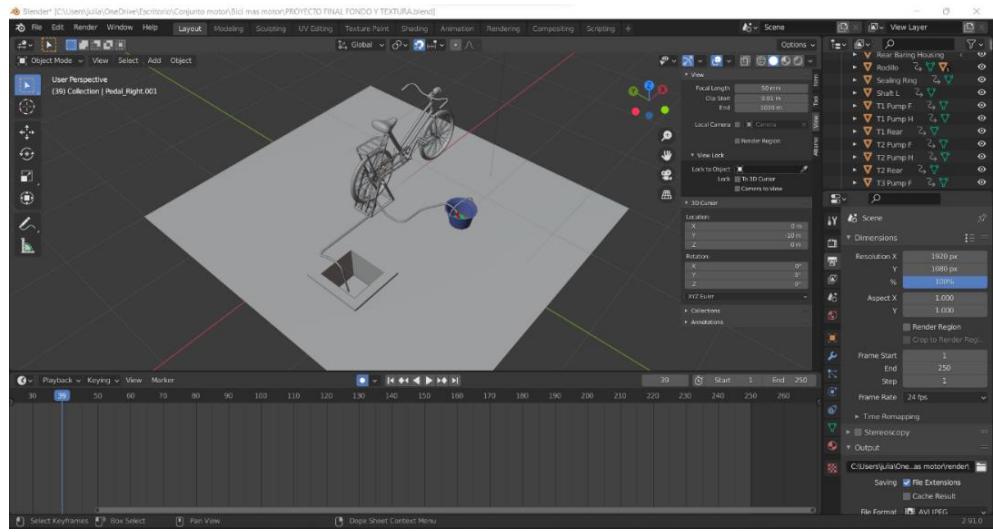


Ilustración 51 Animación de la segunda escena en Blender.

4.2.2.3 Materiales y fondo.

En este caso en cada escena es muy diferente, ya que en la primera se determina que los materiales van a ser sencillos y el fondo será un plano con un solo color para apreciar bien la distinción de cada pieza y el montaje de la bomba.

Sin embargo, en la segunda escena se pretende recrear una situación real y para ello se introducen texturas complejas que hay que descargar y un fondo que rodee completamente la escena, que también lo encontraremos en las webs de descarga gratuita.

A la hora de descargar las texturas en base a los criterios fijados en el diseño de la escena solo es necesario descargar un suelo de arena quebrada que de esa sensación de escasez de agua.

En blender los materiales tienen muchas propiedades para poder alcanzar altos niveles derealismo, para ello además se pueden introducir imágenes que representen los valores de esas propiedades y así será como se incorpore el suelo en esta escena, mediante un atajo en el menú de nodos que permite mediante las imágenes previamente descargadas, crear una textura compleja.

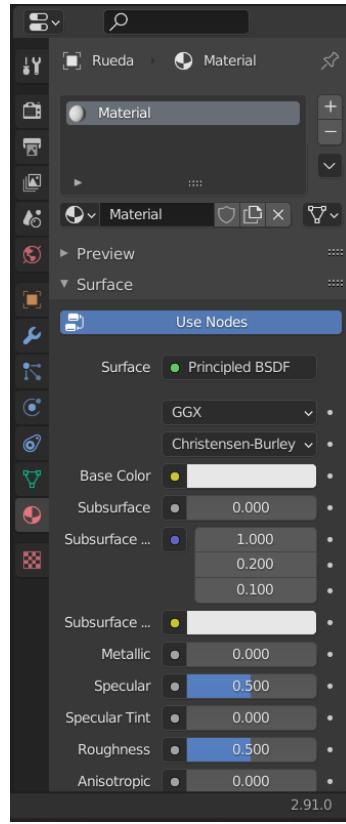


Ilustración 52 Menú de propiedades de materiales en Blender.

De la misma manera que se descargan los materiales para importarlos en la escena, es posible descargar fondos que simulan el mundo que rodea la escena. Blender permite introducirlo parecido a como se introducen las texturas, pero mediante un modo que es exclusivamente orientado a modificar el mundo que envuelve al modelo:

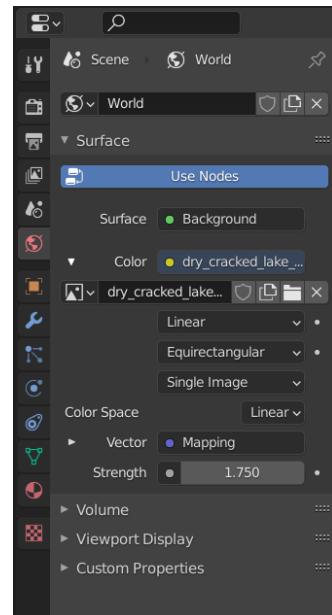


Ilustración 53 Menú mundo Blender.

4.2.3 ETAPA 3

4.2.3.1 Renderizar

Si el objetivo es renderizar la escena en Blender, es importante ajustar la luminosidad de la escena para alcanzar los objetivos en los cuales de base del diseño en cuestión al realismo. Por ello, para la animación del montaje se han introducido dos focos de luz que permitan apreciar mejor las piezas y se eviten las sombras.

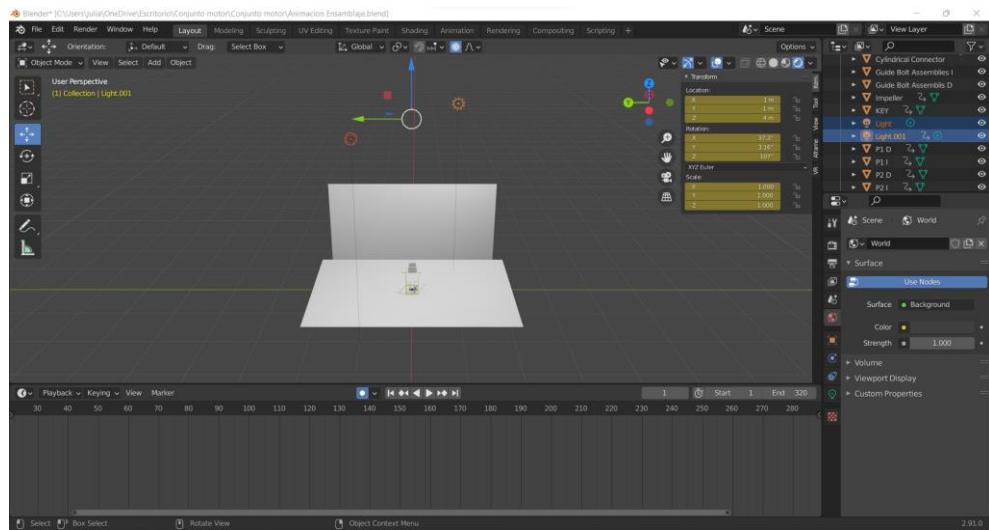


Ilustración 54 iluminación para renderizar Blender.

En el caso de la segunda escena, como se pretende mostrar el funcionamiento de la bomba de agua en un ambiente más realista tan solo hay una luz que simula el sol y con eso es suficiente. En la siguiente ilustración se mostrará la escena vista desde el cuadro de la cámara, ese cuadrado que se ve más nítido y claro será lo que muestre finalmente el video al renderizar:

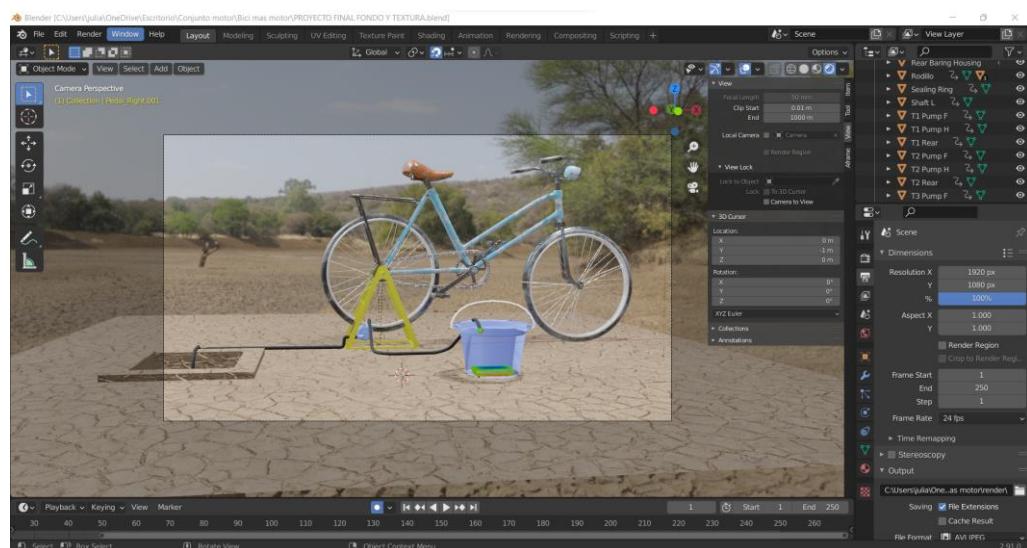


Ilustración 55 Vista de la escena desde la cámara.

Si se pretende renderizar, también es necesario ajustar las opciones de Blender que se refieren a este proceso y tener en cuenta las limitaciones de tu ordenador ya que Blender tiene una opción para visualizar la escena y renderizarla de mayor calidad que se llama Cycles, pero que requiere que el ordenador tenga bastante potencia gráfica, además de necesitar más tiempo para renderizar cada frame.

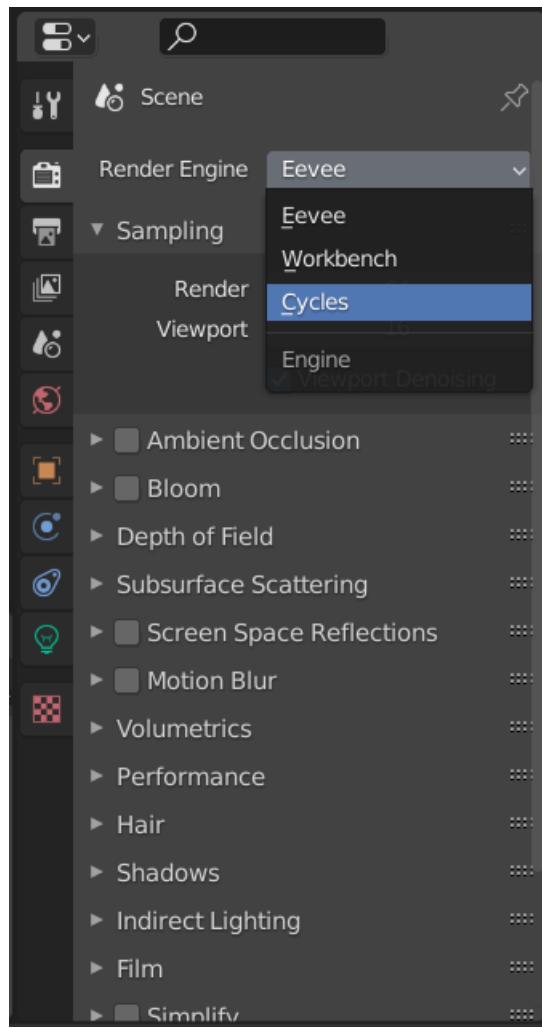


Ilustración 56 Menú renderizar la escena.

Además del parámetro que ajusta la calidad, para renderizar la escena hay que ajustar los parámetros de salida del video que resultado de renderizar la escena, entre ellos hay que ajustar la localización donde se va a exportar el fichero, el formato del fichero, la calidad y si es a color o en blanco y negro:

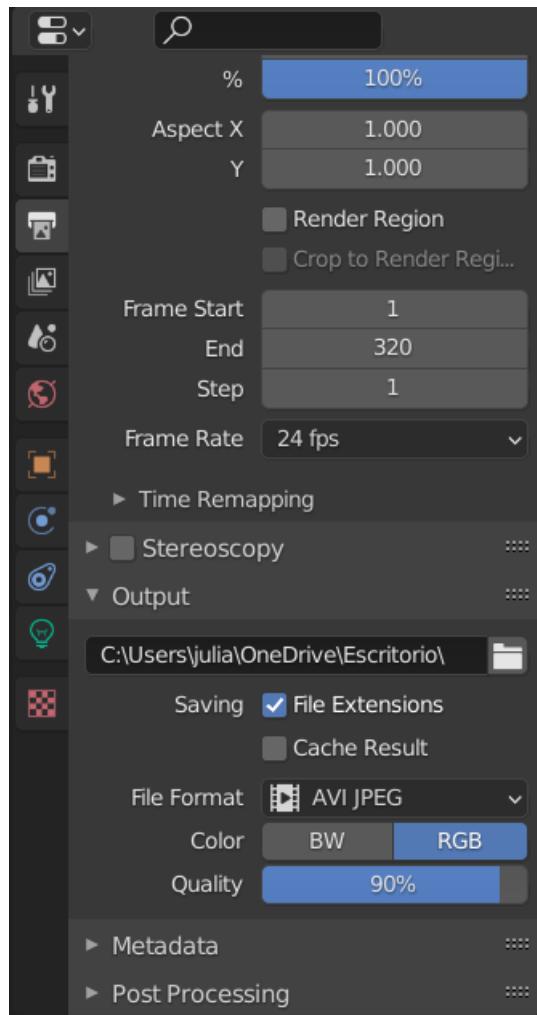


Ilustración 57 Salida video Blender.

Los resultados de renderizar ambas escenas se pueden ver en el apartado de desarrollo, en el Sprint 4.

4.2.3.2 Entorno de realidad virtual

Si se va a optar por crear un entorno de realidad virtual, se ha de exportar el modelo creado en Blender, a su vez hay que atender a los diferentes formatos que permite esta aplicación hacerlo, y, además, conocer los formatos que soporta la tecnología de realidad virtual donde se va a importar el modelo, en este caso, A-Frame. Esta herramienta soporta formatos como .obj y .glb o .gltf. Cada uno de ellos tiene unas características y las más óptimas para este tipo de proyectos es .glb, porque no pesa demasiado y además incluye las texturas complejas y las animaciones. En la siguiente imagen se muestra la carpeta donde están los ficheros exportados de Blender:

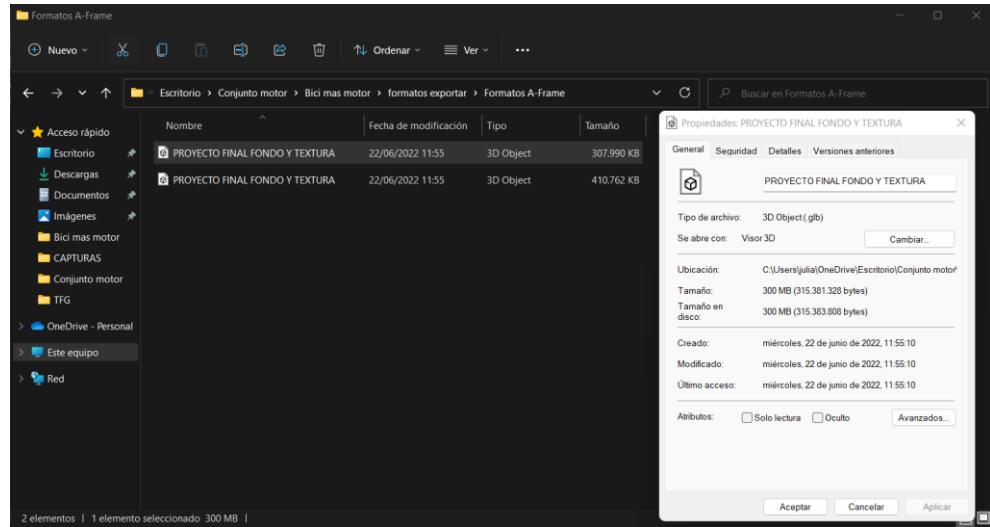


Ilustración 58 Formatos exportados de Blender.

A continuación, una vez exportado el modelo en 3D, es necesario crear la escena en A-Frame, esto se lleva a cabo mediante un fichero de texto en el que solo habría que incluir una cámara, ya que es desde donde se ve la escena, el modelo de Blender y el fondo ya que ningún formato de los que soporta A-Frame lo incluye en el fichero del modelo. A continuación, se muestran las líneas de código que hacen referencia a importar el modelo de Blender en la escena de A-Frame.

```
<a-assets>
    <a-asset-item id="funcionamiento"
src="PROYECTO%20FINAL%20FONDO%20Y%20TEXTURA.gltf"></a-asset-item>
</a-assets>
```

Figura 2 Importar el modelo de Blender en A-Frame.

Al importar el modelo de Blender se ubica en la escena en función de donde enfoca la cámara para poder visualizarlo fácilmente. De nuevo es importante tener en cuenta las escalas cuando se trabaja con ficheros que importan objetos o modelos de una herramienta a otra.

```
<a-entity position="0 0 0" gltf-model="#funcionamiento"
scale="0.1 0.1 0.1" animation-mixer>
</a-entity>
```

Figura 3 posición y escalado del objeto en la escena A-Frame.

Como se cita anteriormente, a pesar de haber incorporado un fondo en Blender, el fichero por el cual se importa el modelo no lo incluye y es necesario, por tanto, introducir un fondo en la escena de A-Frame. Para ello es tan sencillo como incluir en la carpeta que se encuentra el proyecto con el fichero HTML la imagen que se ha decidido utilizar de fondo e incluir en la escena la siguiente etiqueta:

```
<a-sky src="sky2.jpg"></a-sky>
```

Figura 4 línea de código que importa una imagen al fondo de la escena.

La manera de importar fondos en Blender y A-Frame es distinta, los formatos no son los mismos, así que, al ser bastante complejo encontrar el mismo fondo en ambos formatos, pueden quedar escenas distintas en una tecnología que en otra por este motivo. Lo que no impide en ningún caso que ambas escenas sean realistas y se ajusten a los criterios y objetivos del proyecto.

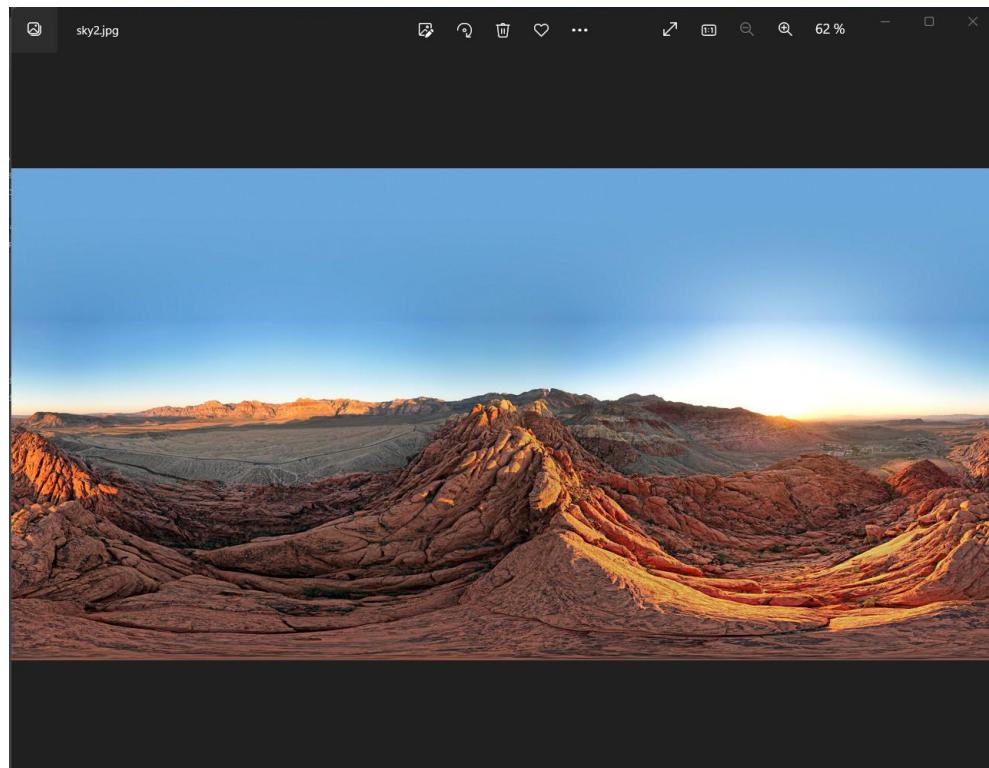


Ilustración 59 Fondo de la escena A-Frame.

Ya tan solo queda cargar la escena desde el navegador para visualizarla, bien con las gafas de realidad virtual, con un teléfono móvil con acceso al navegador o desde un ordenador como se muestra en las ilustraciones 41 y 43.

5. Conclusiones

Para cerrar mi grado he decidido usar tecnología 3D con herramientas que aprendí a utilizar en mi movilidad a la universidad de Málaga, donde la asignatura de gráficos 3D se imparte desde otro punto de vista. En varias ocasiones en la carrera nos han hablado de esta tecnología en la URJC, pero no se profundiza mucho en ninguna de las asignaturas de mi grado y me pareció interesante indagar más en ello y poner en práctica lo aprendido en mi SICUE para juntarlo con los conocimientos de mis profesores de Fuenlabrada y aparatoanatomía de la universidad.

El resultado de juntar esto con las ganas de colaborar con una ONG han resultado en hacer una metodología que explica como pasar de un plano en 2 dimensiones a un modelo 3D con animación que tiene posibilidad de ser exportado a un proyecto de realidad virtual con diferentes tecnologías de software libre. Este es un proyecto muy llamativo para entidades sin ánimo de lucro que necesitan de herramientas como estas para llamar la atención de posibles inversores que financien sus proyectos y en este caso en particular con fines educativos que posibiliten la creación de una Bici-Bomba para conseguir agua de pozos, en lugares donde no llega la corriente eléctrica.

5.1 Trabajo futuro

Este proyecto queda abierto a posibles mejoras que incorporen una posible interacción dentro del entorno de realidad virtual con el usuario, de manera que en vez de ser una animación que monte las piezas del motor sea el usuario el que las mueva de tal manera que pueda practicar virtualmente el montaje del motor.

También es posible imprimir el modelo en 3D, pieza a pieza, una vez que se ha modelado en Blender.

5.2 Lecciones aprendidas

La realidad virtual cada día tiene menos límites, la representación de fluidos como el agua tiene una apariencia muy realista para ser algo tan complejo físicamente hablando. Es la representación de millones de partículas muy pequeñas en continuo movimiento y se puede visualizar en menos de un minuto.

La potencia que tienen los softwares que he utilizado siendo gratuitos, lo que resulta que dedicándole tiempo y documentándose mucho, el dinero, o la ausencia de este, aporta limitaciones, pero nunca imposibilita realizar un proyecto de calidad.

Que a veces cuando no sale algo no es que tu estés haciendo algo mal, sino que a lo mejor es una de las limitaciones de la versión gratuita de alguna plataforma y tienes que buscar otra vía, pero tras frustrarme demasiado en este proyecto he entendido que es más fácil no frustrarse y cambiar de estrategia que empeñarse en algo.

Creo que todos los estudiantes nos enfrentamos al TFG, como al mundo laboral, con mucha incertidumbre y sobre todo mucha inseguridad, y pensamos que todo lo que no sale es culpa nuestra y creo que es lo que más nos frustra, querer hacer algo y no vernos capaces de hacerlo. Pero cuando acabas el TFG te das cuenta de que si eres capaz y es de las mejores lecciones que me ha dado este trabajo.

5.3 Esfuerzo dedicado

Este proyecto se inicia en 2021, pero por motivos personales y profesionales en ese año solo se decide cuál sería el TFG, se planifica todo y se realizan las reuniones iniciales con la ONG y con mi tutor.

Una vez está todo planteado se retoma el proyecto en 2022 donde se ha llevado a cabo todo el desarrollo del proyecto y la memoria. Desde febrero de 2022 hasta ahora se han realizado múltiples videollamadas entre tutor y alumno donde se ha ido viendo el progreso y aportando mejoras a las partes que así lo han necesitado.

Dentro del desarrollo se emplea alrededor de un mes solo en modelar cada una de las piezas de la bomba, mientras que la animación correspondiente al montaje de esta, así como las modificaciones que necesitó, en menos de una semana se creó y se renderizó.

La segunda secuencia, el funcionamiento de la bomba, no ha necesitado modelar prácticamente nada por lo cual ha sido un proceso más rápido crear la escena, pero es verdad que en la animación de esta escena participan fluidos lo que añade una dificultad que ha necesitado una semana solamente la simulación de fluidos para que se ajustara al proyecto y aportara la sensación de realidad que se pretende con el resto de los elementos de la escena.

Bibliografía.

[1] Manual oficial de Blender: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/> (visitada el 15 de junio de 2022)

[2] Blender For Dummies Jason van Gumster Wiley 2009

[3] Web oficial de A-Frame. <https://aframe.io/> (visitada el 27 de junio de 2022)

[4] Guía Blender en PDF.

https://tutorialesenpdf.com/blender/previsualizacion/guia_blender_25.pdf (visitada el 9 de febrero de 2022)

[5] Videos tutoriales de YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=h4hZzPCOMKs>

<https://www.youtube.com/watch?v=ik9Ldysa6zE&t=582s>

<https://www.youtube.com/watch?v=iFRoEg33F2g>

<https://www.youtube.com/watch?v=sKR4RCWIQqY>

https://www.youtube.com/watch?v=kZfL_LKUNeY

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