



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y  
TOPOGRÁFICA

MÁSTER EN GEOMÁTICA Y GEOINFORMACIÓN

# MODELIZACIÓN 3D DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DEL TOS PELAT

*Valencia, septiembre 2020*



*Alumna: Tereza Ivaylova Ilieva*

*Profesor: Jesús Palomar Vázquez*



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y**  
**TOPOGRÁFICA**  
**MÁSTER EN GEOMÁTICA Y GEOINFORMACIÓN**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

# MODELIZACIÓN 3D DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DEL TOS PELAT

Valencia, septiembre 2020

**Alumna:** Tereza Ivaylova Ilieva

**Profesor:** Jesús Palomar Vázquez



## Agradecimientos

Gracias a nuestro profesorado por guiarnos con paciencia y comprensión. Porque, aunque olvidemos algunos de los temas enseñados a lo largo de los años, nos habéis cultivado el ingenio haciéndonos así ser capaces de buscar las herramientas para alcanzar todas nuestras metas. Por no dar os por vencidos y por luchar por nuestros derechos. Por hacer de la universidad nuestra segunda casa. Sois inspiración.

Gracias a mi equipo, a mi empresa, por la comprensión demostrada durante estas semanas y los ánimos que tan bien han sabido hacerme llegar.

Especial mención al Museo Arqueológico de Moncada, y especialmente a Josep Burriel por su colaboración, sus charlas llenas de conocimiento y por esta oportunidad.

Gracias a mi chico, por acompañarme durante todo el proyecto. Por ser uno más en la toma de datos y en las visitas al museo. Por hacerme reír y darme esperanza cuando más frustrada he estado. Mi rayo de sol

Gracias a mi familia, por el apoyo que me han brindado en todo momento. A mi hermano, tú me has enseñado a tener paciencia necesaria para conseguir cualquier cosa, a tener responsabilidad para comprender un poco mejor el mundo. A mi padre, por ser un pilar tan fuerte en mi vida, por darme valor y fuerzas para conseguir todo. A mi madre, por ser mi inspiración, el viento bajo mis alas, quien me guía y me da fuerzas para seguir. Gracias de todo corazón por estar siempre ahí, sin vosotros no soy nada.



## Compromiso

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"





## Resumen

Mediante el siguiente proyecto se muestra un modelo 3D del estado actual de las ruinas de Tos Pelat de Moncada. Dicho modelo es obtenido mediante el levantamiento de la zona con láser escáner. Posteriormente se ha limpiado la nube de puntos y creado el modelo 3D que representa el estado actual de las ruinas.

A continuación, apoyándonos en la ayuda del arqueólogo del museo Arqueológico de Moncada y en investigaciones se realiza una reconstrucción de como debieron ser las ruinas originalmente.

Finalmente se realiza un paseo virtual para mostrar las ruinas en su estado original a los visitantes del museo Arqueológico de Moncada.

## Resum

Mitjançant el següent projecte es mostra un model 3D de l'estat actual de les ruïnes de Tos Pelat de Moncada. Aquest model és obtingut mitjançant l'aixecament de la zona amb làser escàner. Posteriorment s'ha netejat el núvol de punts i creat el model 3D que representa l'estat actual de les ruïnes.

A continuació, donant-nos suport amb l'ajuda de l'arqueòleg del museu Arqueològic de Moncada i diverses investigacions es realitza una reconstrucció de com degueren ser les ruïnes originalment.

Finalment es realitza un passeig virtual per a mostrar les ruïnes, en el seu estat original, m als visitants del museu Arqueològic de Moncada.

## Abstract

The following project shows a 3D model of the current state of the Tos Pelat of Moncada ruins. Said model is obtained by surveying the area with a laser scanner. Subsequently, the point cloud has been cleaned and the 3D model representing the current state of the ruins has been created.

Then, with the help of the archaeologist from the Moncada Archaeological Museum and some researchs, a reconstruction of what the ruins should have been like is originally made.

Finally, a virtual tour is carried out to show the ruins in their original state to visitors to the Moncada Archaeological Museum.



# MODELIZACIÓN 3D DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DEL TOS PELAT

## Contenido

1.	Introducción.....	17
1.1.	Objetivo.....	17
1.2.	Antecedentes.....	18
1.3.	Museo Arqueológico de Moncada.....	18
1.4.	Levantamiento mediante láser escáner.....	19
2.	Ubicación y contexto histórico.....	20
2.1.	Ubicación.....	20
2.2.	Contexto histórico.....	21
3.	Metodología del trabajo.....	22
4.	Elaboración del modelo 3D.....	23
4.1.	Planificación.....	24
4.1.1.	Examinación del objeto.....	24
4.1.2.	Examinación de la zona de trabajo.....	24
4.1.3.	Distribución estacionamientos y puntos de control.....	24
4.2.	Toma de datos.....	25
4.2.1.	Consideraciones previas de seguridad.....	25
4.2.2.	Estacionamiento del aparato.....	26
4.2.3.	Configuración del aparato.....	26
4.2.4.	Toma de datos.....	28
4.2.5.	Material empleado.....	29
4.3.	Tratamiento de datos.....	30
4.3.1.	Importación.....	30
4.3.2.	Registro de la nube de puntos.....	31
4.3.3.	Segmentación.....	34
4.4.	Modelado 3D.....	36
4.4.1.	Generación de malla.....	36
4.4.2.	Simplificación del modelo 3D.....	38
4.4.3.	Rectificación del modelo 3D.....	40
4.4.4.	Visualización y difusión de resultados.....	47
5.	Recreación.....	49
5.1.	Construcción del modelo.....	50

5.2.	Texturizado del modelo .....	52
5.2.1.	Suelos .....	52
5.2.2.	Encalado.....	55
5.2.3.	Escalones y zócalo de piedra.....	55
5.2.4.	Vigas .....	56
5.2.5.	Techo.....	57
5.3.	Modelo final.....	57
6.	Diseño de página web.....	58
6.1.	Investigaciones previas .....	58
6.1.1.	Unity.....	58
6.1.2.	Verge3D.....	59
6.1.3.	Página WEB con THREE.js.....	61
6.2.	Elaboración de página web.....	62
6.2.1.	Diseño WEB.....	62
6.2.2.	Incrustar modelo 3D .....	63
7.	Propuestas para el museo y futuros trabajos .....	66
8.	Presupuesto .....	67
9.	Conclusiones .....	70
	Bibliografía .....	71

## Lista de imágenes

Imagen 4.1 Parámetros de toma de datos del instrumento.....	28
Imagen 4.2 Toma de datos con láser escáner.....	28
Imagen 4.3 Esferas imantadas .....	29
Imagen 4.4 Dianas de medición.....	29
Imagen 4.5 Carga inicial de las nubes de puntos .....	31
Imagen 4.6 Detección manual de objetos .....	32
Imagen 4.7 Resultado de registro .....	33
Imagen 4.8 Nube de puntos antes de la segmentación I.....	34
Imagen 4.9 Nube de puntos antes de la segmentación II.....	34
Imagen 4.10 Nube de puntos después de la segmentación I .....	35
Imagen 4.11 Nube de puntos después de la segmentación II .....	35
Imagen 4.12 Nube de puntos densa inicial.....	36
Imagen 4.13 Nube de puntos filtrada y modelo 3D – intento 1 .....	37
Imagen 4.14 Nube de puntos filtrada y modelo 3D – intento 2 .....	38
Imagen 4.15 Visualización de malla no simplificada.....	39
Imagen 4.16 Visualización de simplificada .....	39
Imagen 4.17 Rectificación de pared.....	40
Imagen 4.18 Rectificación de agujero en suelo .....	41
Imagen 4.19 Despliegue de la malla .....	42
Imagen 4.20 Islas para generar textura .....	43
Imagen 4.21 Creación de jaula para backing .....	43
Imagen 4.22 Creación imagen de color .....	44
Imagen 4.23 Creación imagen de normales .....	45
Imagen 4.24 Nodos de textura .....	45
Imagen 4.25 Error en texturas .....	46
Imagen 4.26 Imagen tomada de láser escáner .....	46
Imagen 4.27 Resultado edición de textura .....	47
Imagen 4.28 Configuración de renderizado.....	49
Imagen 6.1 Add-on Verge3D.....	59
Imagen 6.2 Verge3D App Manager.....	60
Imagen 6.3 Lógica en Verge3D.....	60
Imagen 6.4 Publicación de modelo con Verge3D .....	61
Imagen 6.5 Comparativa luces THREE.js.....	64
Imagen 6.6 Fragmento de código para visualización objetos 3D con THREE.js.....	65



## Lista de ilustraciones

Ilustración 4.1 Flujo de trabajo .....	23
Ilustración 4.2 Clases de láser según la norma UNE EN 60825-1/A2.....	25
Ilustración 4.3 a) Estacionamiento del trípode b) Estacionamiento del aparato .....	26
Ilustración 4.4 Tabla de resoluciones.....	27
Ilustración 4.5 Atajos de Blender .....	42
Ilustración 5.1 Proceso recreación ruinas.....	49
Ilustración 5.2 Generación de piedras .....	50
Ilustración 5.3 Modificadores piedras .....	51
Ilustración 5.4 Resultado de rotación de mosaico.....	53
Ilustración 5.5 Resultado final para el suelo exterior e interior y nodos textura suelo exterior.....	54
Ilustración 5.6 Nodos textura de encalado.....	55
Ilustración 5.7 Nodos textura de piedras.....	56
Ilustración 5.8 Nodos textura de viga .....	56
Ilustración 5.9 Nodos textura de techo .....	57
Ilustración 5.10 Sección casa .....	57
Ilustración 6.1 Proceso diseño web .....	62
Ilustración 6.2 Esquema funcionamiento THREE.js .....	63

## Lista de tablas

Tabla 4.1 Especificaciones técnicas del láser escáner utilizado.....	29
Tabla 5.1 Nombres de imágenes utilizadas para los suelos.....	54
Tabla 5.2 Nombres de imágenes utilizadas para los suelos.....	55
Tabla 5.3 : Nombres de imágenes utilizadas para los suelos.....	57
Tabla 8.1 Tablas salariales.....	68
Tabla 8.2 Presupuesto del proyecto .....	69





# 1. Introducción

## 1.1. Objetivo

El objetivo de este Proyecto Fin de Máster (TFM) es elaborar un modelo tridimensional (3D) de las ruinas del yacimiento arqueológico de Moncada. Más concretamente, de dos de las casas íberas descubiertas por completo tras realizar excavaciones arqueológicas dirigidas por el Museo Arqueológico de Moncada en la zona de El Tòs Pelat. Gracias a la tecnología láser escáner obtendremos un modelo 3D sobre el que posteriormente se pueden realizar medidas de precisión, utilizar para crear una recreación del aspecto original de dichas casas o simplemente con fines divulgativos.

El proyecto comienza con la toma de datos el día 5 de febrero de 2020 con todo el procedimiento que esto involucra, distribución de las marcas necesarias (esferas y dianas de medición) para tener puntos de control y tener un posterior tratamiento de los datos más fiables, y a continuación, toma de datos con el láser escáner Trimble TX6. La metodología utilizada es la que denominamos levantamiento de alta precisión mediante el uso de láser escáner, dicha metodología nos permite obtener un resultado fiel a la realidad. Posteriormente, siguiendo el procedimiento que se explica en detalle a lo largo de este trabajo obtendremos un modelo 3D fiable para su divulgación.

Apoyándonos en el modelo obtenido y en documentación previa, se creará una recreación de como debieron ser las casas originalmente utilizando modelado 3D.

Finalmente, con fines divulgativos se generarán vídeos e imágenes renderizadas y se realizará una página web para el museo donde se podrán visualizar ambos modelos y cualquier usuario podrá navegar con el ratón y verlos.

## 1.2. Antecedentes

Hasta hace escasas décadas la transmisión de nuestro patrimonio cultural e histórico es transferido de unas personas a otras a través de medio oral. Afortunadamente con el nacimiento de la escritura alcanzamos la capacidad de dejar reflejados todos nuestros conocimientos ofreciendo así un legado para las futuras generaciones. La importancia de la documentación del patrimonio cultural es por ello, de inmenso valor, ya que nos permiten conocer mejor nuestro entorno a través de nuestros antecedentes.

Adentrándonos cada vez más en un mundo digital la documentación del patrimonio cultural evoluciona a la vez que nosotros lo hacemos. Pasamos de la toma *in situ* de los datos para su registro o del almacenamiento de documentos en un archivo, a además de ello, procesar toda esa información para poder representar el elemento en un determinado momento de su vida y explotar la divulgación que la era tecnológica nos ofrece. Teniendo en cuenta que día a día la información está pasando a almacenarse de manera digital, se hace necesario generar sistemas que nos permitan la conservación y el intercambio de la información den formatos compatibles.

Con todo ello nace la necesidad de la documentación del patrimonio histórico a través del uso de la topografía y la fotografía debido a su rapidez y precisión en la toma de datos. Originalmente la necesidad de la representación de nuestro entorno se limitaba a representaciones planimétricas en dos dimensiones (planos, plantas, alzados...). Pero, cada vez es más frecuente encontrar la necesidad de la representación tridimensional debido a las ventajas que nos ofrece a la hora de representar una pieza arqueológica, por ejemplo, con cada una de sus caras y realizar mediciones sobre el objeto tridimensional a través de nuestro ordenador sin la necesidad de manipular el objeto real. Como valor añadido podemos destacar que los modelos tridimensionales resultan de gran interés divulgativo ya que son amables al manejo para cualquier tipo de usuario.

## 1.3. Museo Arqueológico de Moncada

El Museo Arqueológico de Moncada es un museo dedicado a albergar tanto información sobre la historia local como objetos arqueológicos encontrados. Cuenta con una exposición permanente que alberga piezas de la época de los iberos, así como de otras épocas.

Este museo tiene una actividad cara al público muy grande ya que ofrece visitas guiadas, asesoramiento y además participa en diversos proyectos de divulgación y excavaciones arqueológicas.

El Museo dispone previo a la realización de este trabajo de mediciones topográficas, planos de planta y alzado de las casas. Además de dibujos elaborados para reflejar como debieron ser las ruinas originalmente. Al presentar la idea de la elaboración de un modelo tridimensional, ésta es aceptada con entusiasmo gracias a los amplios usos que el Museo puede darle y sobre todo a la gran explotación cara a los visitantes que podría tener.

Cara al público los únicos medios de divulgación de las ruinas son folletos informativos y visitas guiadas por las ruinas. Estos folletos y un plano de las ruinas han sido facilitadas por el museo y se adjuntan en el anexo 0.

#### 1.4. Levantamiento mediante láser escáner

Existen diversas metodologías de obtener como producto final un objeto tridimensional mediante fotogrametría. Dependiendo de las dimensiones del objeto podemos optar por utilizar imágenes procedentes de satélites, aviones, drones o cámaras fotográficas, o también podemos hacer uso de levantamientos mediante el láser escáner. Para este proyecto se opta por usar ésta última metodología debido a los inconvenientes que presentan las otras metodologías y que se enumeran a continuación:

- a) Las ruinas no son lo suficientemente grandes como para poder crear un modelo 3D a través de información obtenida por satélites o aviones.
- b) Las ruinas tienen una extensión relativamente elevada como para poder llevar a cabo una toma de datos con cámara fotográfica, esto resultaría en un proceso lento y tedioso.
- c) El proceso ideal hubiera sido, seguramente, llevar a cabo la toma de datos a través del vuelo de dron, pero, la localización de las ruinas está dentro del espacio aéreo del aeropuerto de Manises, Valencia, por lo cual se necesita una serie de permisos y certificaciones de los cuales no disponemos.

La metodología de levantamiento con láser escáner consiste en realizar un muestreo (o escaneo) de la superficie de un objeto mediante tecnología láser, almacenando así información de su forma y color (dependiendo de las especificaciones del aparato). Durante el muestreo del objeto un haz láser es disparado del aparato que al alcanzar la primera superficie que se encuentre, rebota en ella y regresa nuevamente al aparato. El tiempo que tarda el rayo láser en regresar es el que nos indica la distancia entre el punto de contacto de una superficie y el aparato. Dado que el aparato gira sobre su propio eje captura numerosos puntos a su alrededor permitiéndonos obtener una nube de puntos densa que refleja fielmente nuestro entorno. Al tratarse de un instrumento de línea de vista, por así decir, es importante realizar múltiples capturas desde diferentes estaciones, variando entre ellas diferentes alturas y planos, y conservando al menos 4 puntos comunes entre cada estacionamiento para garantizar una cobertura completa y fiable.

La rapidez en la toma de datos, el largo alcance, la alta precisión y la gran cantidad de puntos medidos son las principales ventajas que hacen que esta metodología resulte tan interesante. Como inconveniente principal podríamos destacar que no todas las superficies pueden ser capturadas con un láser debido a su reflexión. Otros inconvenientes que podemos mencionar es el elevado coste de adquisición del aparato y el software para el tratamiento de los datos.

## 2. Ubicación y contexto histórico

### 2.1. Ubicación

El yacimiento arqueológico se encuentra en zona limítrofe entre los términos municipales de Bétera y Moncada, como podemos ver en el anexo 1. Este yacimiento está situado en lo alto de una loma y tiene una superficie aproximada de dos hectáreas que según nos comenta el arqueólogo podría haber sido mucho mayor.

Gracias a las excavaciones arqueológicas se han encontrado además de las ruinas, pinturas murales y uno de los escasos signario ibéricos conocidos.

Bétera, municipio de la Comunidad Valenciana situado al este de la comarca del Campo de Turia, y gran contenedor de historia, como queda reflejado en los tres grandes yacimientos que podemos encontrar dentro de sus límites. Cuna de algunos personajes ilustres como Alfons Roig Izquierdo y José Juan Belda Inglés

El municipio de Moncada, perteneciente a la Comunidad Valenciana, se encuentra al igual que Bétera en la comarca de la *Horta Nord* de Valencia. Aunque apenas se pueden encontrar datos de épocas anteriores gracias a diferentes ruinas encontradas por el pueblo sabemos que fue una zona de gran actividad humana desde la llegada de los primeros romanos. Algunos de los personajes ilustres de origen moncadense son Nuria roca y Ricardo Alós Bailach.

Para acceder al yacimiento podemos optar por realizar una ruta a pie, que el mismísimo botánico Cavanilles realizo en su paso por la zona durante el año 1795, o como en nuestro caso en coche por la zona residencial y de cultivos contigua.

Camino al yacimiento podemos encontrarnos con un paisaje que lo rodea muy transformado a lo que fue en su momento. La que fue una zona en la cual predominaban las viñas, olivos y algarrobos actualmente podremos encontrar abundantes campos de cítricos.

## 2.2. Contexto histórico

Entre los siglos VI y II antes de Cristo los iberos poblaron la zona de levante y sur de la península ibérica. Dependiendo de la región en la que se establecían sus rasgos culturales se desarrollaban y evolucionaban para formar diferentes tipos de sociedades. Los que se establecieron en la zona valenciana son denominados **edetanos** y **contestanos**.

La ubicación tan particular de estos pueblos iberos hizo que experimentaran un desarrollo cultural importante dado a los contactos con pueblos mediterráneos como son los fenicios y griegos. La sociedad que conformaban destaca debido a que no se trata de un reino con una capital y unas fronteras definidas, lo habitual en aquella época, sino que formaban un conjunto de ciudades independientes que podían confederarse.

Gran parte de la vida cotidiana transcurría en sus casas las cuales no sólo utilizaban para hospedarse, pues también las utilizaban para llevar a cabo cultos a divinidades, actividades artesanales y metalúrgicas.

En el presente proyecto trataremos de reflejar la historia de la ciudad ibérica de **El Tòs Pelat de Moncada**. Dicha ciudad fue edificada de forma estratégica situada en 9.5km de la costa y a 17.5km de la antigua *Edeta* (Tossal de Sant Miquel de Lliria) y a la misma distancia de Sagunt, la antigua *Arse-Saguntim*. El lugar donde se han encontrado las ruinas sugiere que debido a su tamaño y a la equidistancia de las ciudades vecinas de *Arse* y *Edeta* podría tratarse de un lugar autónomo.

Debido a los hallazgos arqueológicos encontrados se calcula que *El Tòs Pelat* estuvo ocupado desde el siglo VI al siglo IV antes de Cristo y que tuvo una extensión de 3 hectáreas en la cual pudieron llegar a vivir alrededor de 600 personas. Aunque sólo se ha podido excavar una pequeña parte de la superficie los arqueólogos afirman que la ciudad disponía de diversas calles y plazas.

Las ruinas en las que nos centraremos en este proyecto son los restos de **dos casas que pertenecían a un grupo aristocrático**, la clase dominante de la época. Dichas casas están ubicadas en el barrio de la muralla. Por la arquitectura del momento sabemos que fueron construidas utilizando una técnica mixta que consiste en realizar un zócalo de mampostería y un alzado superpuesto de adobes. En el caso de estar recubiertas las paredes, éstas lo estaban con yesos que posteriormente decoraban con pinturas con motivos geométricos en tonalidades rojas y azul. Los techos eran planos y ligeramente inclinados hacia la calle o los patios interiores permitiendo así la caída del agua de lluvia.

Debido a restos carbonizados de cereales o uva sabemos que fue una zona donde predominaban los cultivos de secano. En el yacimiento también se han encontrado abundantes ánforas y cerámicas griegas. Todo ello sugiere que, *El Tòs Pelat*, fue una ciudad de economía agropecuaria que destaca por el comercio circunmediterráneo.

Dado que no se encontraron instrumentos de hierro y a que los recipientes cerámicos hallados están incompletos se presupone a que *El Tòs Pelat* fue abandonado de una forma pacífica permitiendo a sus habitantes llevarse consigo todos sus bienes y objetos de valor. Dicho abandono a fecha de hoy es un misterio, pero puede tratarse de cualquier motivo natural o geopolítico del momento.

### 3. Metodología del trabajo

En el presente punto se describe brevemente la metodología mediante la cual el proyecto fue desarrollado. Dado que este proyecto es la combinación de diversas técnicas, el trabajo se va a desglosar en tres apartados para poder ser explicadas en profundidad cada una de las acciones llevadas a cabo.

En primer lugar, mediante mediciones con láser escáner se realizará una toma de datos en campo. Producto de dicha toma de datos se obtendrá una nube de puntos densa que posteriormente pasaremos a tratar en el laboratorio. Se hará el registro y segmentación con el software **Trimble Real Works**. Parala obtención de una primera malla y texturas se ha optado por el software **Agisoft Metashape**. Y para refinar la malla y obtener el modelo final se utilizará el programa **Blender**. Escapando así de las metodologías de laboratorio habituales. Para darle textura al modelo se utilizarán las imágenes del instrumento.

Una vez obtenido el modelo 3D de las ruinas se realizará con ayuda del modelo obtenido una recreación de cómo fueron posiblemente las casas originalmente. Este proceso se llevará a cabo por completo mediante modelado 3D en **Blender**. Para texturizar la malla se utilizarán imágenes de la red. Una vez obtenidos ambos modelos, desde el mismo programa, se exportará los propios objetos y se generarán vídeos para su difusión.

Como punto final, se utilizarán librerías gratuitas para elaborar una página web donde volcar los resultados obtenidos y hacerlos accesibles a cualquier usuario.

## 4. Elaboración del modelo 3D

Para poder obtener los datos en primer lugar hemos de realizar un reconocimiento de la zona de trabajo para conocer sus características y posteriormente realizar un planteamiento de la zona de trabajo. Es necesario conocer también el instrumento con el que vamos a trabajar para garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos. Para poder realizar la captura de datos mediante esta metodología y el posterior procesamiento de estos hay que seguir una serie de pasos que podemos ver reflejado en la Ilustración 4.1 de forma esquematizada.

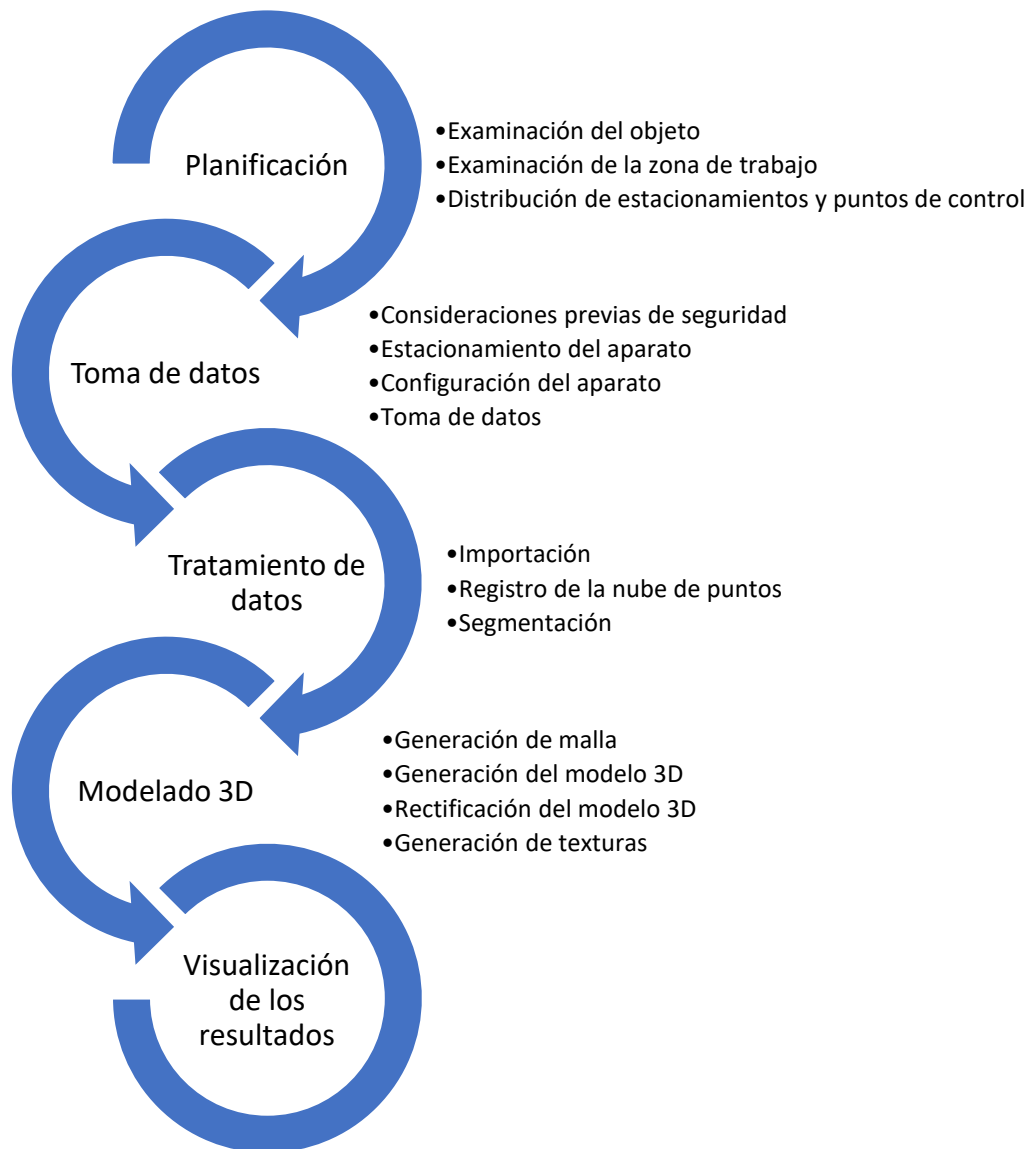


Ilustración 4.1 Flujo de trabajo

## 4.1. Planificación

Inicialmente la toma de datos se planificó a las 9:00 de la mañana el día 5 de febrero de 2020, dado que llovía ésta fue retrasada y se realizó de 11 a 15h el mismo día. El tiempo parcialmente nublado permitió realizar, casi por completo, una toma de datos con una luz neutra.

### 4.1.1. Examinación del objeto

El yacimiento se había visitado con anterioridad por parte de la alumna para tener una primera idea de cómo planificar la toma de datos. Se elaboró un primer plano, o croquis hecho a mano, del yacimiento que posteriormente fue utilizarlo como plano de referencia. Se trata dos casas distribuidas en un total de 14 habitáculos separadas parcialmente por paredes de piedra.

Dado que el profesor no había visitado las ruinas con anterioridad y se desconocía de qué material dispondríamos, fue una vez *in situ* con ayuda del profesor y con el material en mano cuándo se tomaron las decisiones finales.

### 4.1.2. Examinación de la zona de trabajo

La zona de trabajo es prácticamente llana, lo cual facilita nuestro trabajo, aunque a la vez nos dificulta la visualización del suelo de una habitación a otra. La parte del fondo de las casas se apoya en el que fue el muro de la muralla por lo que podemos subirnos a tomar datos desde arriba para solventar el problema mencionado.

### 4.1.3. Distribución estacionamientos y puntos de control

Las dianas y esferas son distribuidas entre diferentes planos tratando de abarcar el mayor número de puntos posibles para una mejor conexión posterior entre las diferentes nubes. Las estaciones se planifican para evitar el mayor número de sombras posibles. En el anexo 2 se puede observar el croquis mencionado, que fue utilizado para plasmar durante la toma de datos la distribución tanto de las estaciones, como de las esferas y de las cajas con las dianas. Posteriormente, durante el tratamiento de los datos, dicho plano resulta de gran ayuda para tener una guía de apoyo a la hora de localizar los elementos de la toma de datos.



## 4.2. Toma de datos

### 4.2.1. Consideraciones previas de seguridad

Es importante cuando se trabaja con instrumentos de tipo láser conocer a qué tipo de láser nos enfrentamos. Para ello existe una clasificación de los láseres que va en función del grado de peligrosidad que supone la utilización de estos dispositivos. Para definir la clase del láser se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Longitud de onda
- b) Tiempo de exposición
- c) Potencia del haz

En nuestro caso y siguiendo lo reflejado en el manual de usuario del aparato vamos a trabajar con un láser de clase 1. Como podemos ver en la Ilustración 4.2 según la norma UNE EN 60825-1/A2 nuestro láser no supone ningún tipo de daño, no existen riesgos derivables.

<b>Clase 1</b>	Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
<b>Clase 1M</b>	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda ( $\lambda$ ) entre 302,5 y 4000 nm son seguros en condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se emplean instrumentos ópticos para visión directa. (Ver 8.2 en la norma).
<b>Clase 2</b>	Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.
<b>Clase 2M</b>	Láseres que emiten radiación visible (400 y 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos. (Ver 8.2)
<b>Clase 3R</b>	Láseres que emiten entre 302,5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que para los láseres de Clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario que los aplicables a láseres de Clase 3B. El límite de emisión accesible es menor que 5 veces el LEA de la Clase 2 en el rango 400-700 nm, y menor de 5 veces el LEA de la Clase 1 para otras longitudes de onda.
<b>Clase 3B</b>	Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa (por ej. dentro de la Distancia Nominal de Riesgo Ocular). La visión de reflexiones difusas es normalmente segura (véase también la nota 12.5.2c).
<b>Clase 4</b>	Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

*Ilustración 4.2 Clases de láser según la norma UNE EN 60825-1/A2  
Fuente: Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral - UPV*

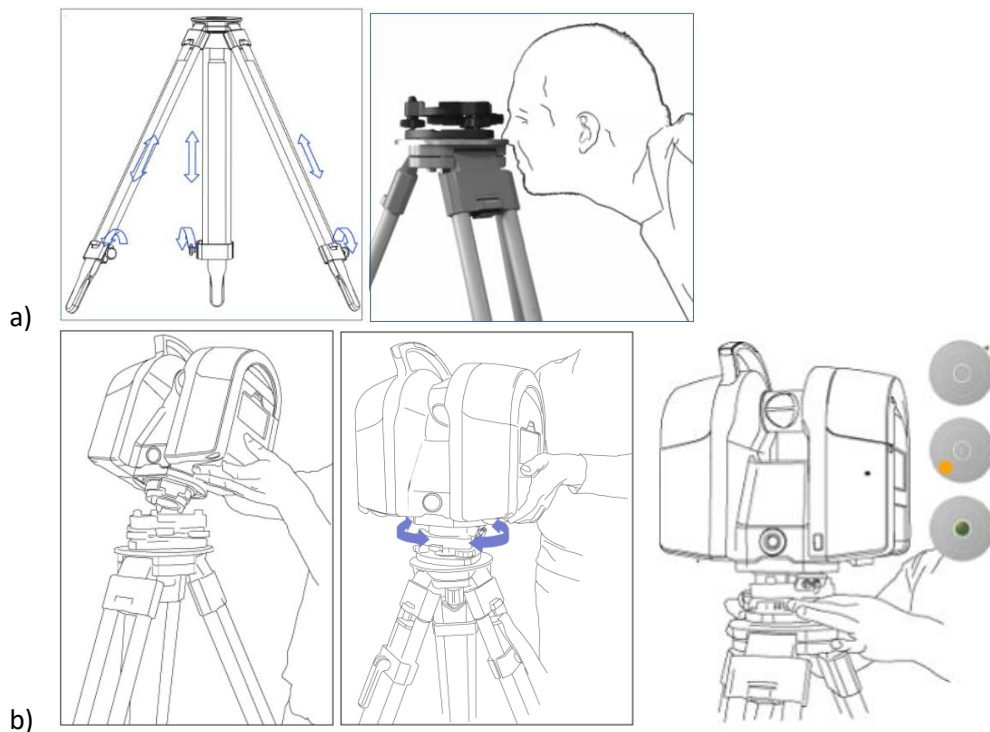
Por otro lado, tener presente que se trabaja en un terreno abrupto así que es importante pisar con firmeza y cuidado, sobre todo si se tiene el aparato en mano debido a cambio de posición.

#### 4.2.2. Estacionamiento del aparato

Estacionar el aparato requiere de una serie de sencillos pasos que se han de seguir. Cada vez que movemos el aparato se han de tener en cuenta.

- a) Posicionamiento del trípode. Abrimos las patas y buscamos la altura deseada para poder visualizar los puntos que necesitamos. En nuestro caso alternaremos diferentes alturas del trípode para poder dar más cobertura a los datos. Es interesante tener en cuenta que cuanto más alto se posicione un trípode más cobertura del suelo habrá. Aseguramos el trípode en el suelo procurando que esté nivelado mirando la burbuja.
- b) Colocamos el láser sobre el trípode y lo nivelamos ayudándonos de la burbuja del nivel del aparato y moviendo dos de las patas del trípode o mediante los tornillos de precisión del aparato.

Podemos ver un resumen de estos pasos en la Ilustración 4.3.



Fuente: Manual de usuario Trimble TX 6

#### 4.2.3. Configuración del aparato

El aparato que vamos a utilizar será el **Trimble TX6**. Se trata de un equipo de última generación que nos permite realizar las mediciones, previsualizarlas y almacenarlas. Cuenta con una pantalla táctil para configurar las variables y previsualizar los escaneos, cámara digital, almacenamiento en pendrive de alta velocidad y gran capacidad, y batería interna de larga duración.

El propio aparato ya cuenta con una serie de configuraciones predefinidas que pueden ser modificadas para adaptarse a nuestro proyecto. Los parámetros están relacionados entre sí. Para definir los parámetros de nuestra toma de datos nos hemos de fijar en:

- a) Condiciones de luz
- b) Rango de distancia
- c) Resolución requerida
- d) Tiempo empleado

Tener claros estos parámetros y dedicar un tiempo en reflexionar sobre su valor nos garantizará tener unos datos de partida fiables.

En condiciones de luz neutra los resultados adquiridos serán mejores ya que no dispondremos de sombras que entorpezcan a la hora de generar las texturas. Además de que se evitan problemas de reflexión, aunque en este caso el objeto que estamos levantando no presenta ningún tipo de reflejos.

El rango de distancia es de gran importancia para tener en cuenta cuantos estacionamientos necesitaremos, que cantidad de puntos han de llegar y el detalle que queremos obtener.

La resolución es el tamaño del detalle más pequeño que queremos ser capaces de detectar en nuestro modelo final. Por lo tanto, la podemos definir como la distancia entre dos puntos de nuestra nube de puntos. Cuanta mayor sea la cobertura de las superficies a levantar más puntos se van a necesitar. Cuanto más elevado sea el parámetro de resolución se escanean más puntos en la misma zona así que más lento se hará todo el proceso. Debemos tener en consideración que nos interesa conseguir una nube de puntos lo suficientemente densa para generar el modelo deseado pero que no sea excesivamente densa para provocar ruido y hacer la nube difícil de manejar. Con todas estas consideraciones podemos definir nuestro parámetro de resolución. Es importante destacar que la resolución no define la precisión final.

En la Ilustración 4.4 vemos las recomendaciones del fabricante a cerca de la definición de los diferentes parámetros.

Type	Mode	Spacing <sup>1</sup> (mm)	At a Distance of (m)	Number of points (millions of points)	Duration (min for 1 pass)						Duration (min for 4 passes)									
					S-F <sup>2</sup>			D-F <sup>3</sup>			S-F			D-F						
					-	S <sup>4</sup>	H <sup>5</sup>	-	S	H	-	S	H	-	S	H				
TX8 Series	TX8 Series																			
	TX6 Series	TX6 Series										N/A			N/A			N/A		
		Preview	15.1	10	8.7	2	3	4	1	2	3	7	9	9	4	6	6			
		Level1	22.6	30	34.7	3	4	5	2	3	3	12	13	14	7	8	8			
		Level2	11.3	30	138.9	5	7	7	3	4	5	21	22	23	11	12	13			
		Level3	5.7	30	555.5	19	20	21	10	11	11	76	77	78	39	40	40			
N/A	Extended	75.4	300	312.5	37	39	39	19	20	21	N/A			N/A						

Ilustración 4.4 Tabla de resoluciones  
Fuente: Manual de usuario Trimble TX 6

En nuestro caso hemos utilizado el modo en nivel 2 cuyos parámetros por defecto implican realizar un escaneo con una distancia de 11 mm entre puntos y a una distancia máxima de 30 metros como se puede observar en la Imagen 4.1. Eso supuso un tiempo de 7 minutos en cada una de las estaciones.



*Imagen 4.1 Parámetros de toma de datos del instrumento*

#### 4.2.4. Toma de datos

Ya estacionado y configurado el aparato el procedimiento a continuación es automático. Una vez pulsado el botón de inicio tenemos unos segundos para alejarnos del instrumento. El láser comienza a girar sobre su propio eje y a tomar los puntos necesarios. En la imagen podemos ver como se está realizando la tomada de datos una vez estacionado el instrumento.



*Imagen 4.2 Toma de datos con láser escáner.*

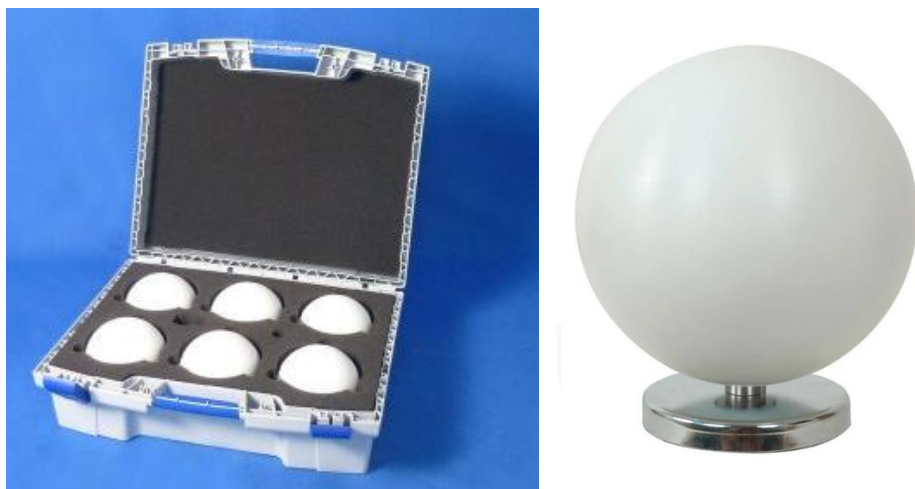
#### 4.2.5. Material empleado

Para la toma de datos se utilizará el láser escáner **Trimble TX6**. Las especificaciones principales del instrumento se pueden ver en la Tabla 4.1 a continuación.

Velocidad de escaneo	500 mil puntos por segundo
Alcance de escaneo	80 metros
Adquisición de imágenes	Cámara HDR integrada de 10 mp

*Tabla 4.1 Especificaciones técnicas del láser escáner utilizado*

Para crear puntos de referencia se utilizaron 6 esferas imantadas como las que se muestran en la Imagen 4.3. Son de gran utilidad ya que el diámetro de la esfera permite un eficiente barrido del láser desde diferentes ángulos y que posteriormente en el tratamiento de los datos nos permiten tomar el punto central de la misma el cual es el mismo independientemente del ángulo del que se tomó. Además, a la hora de limpiar la nube resultan muy cómodas y prácticas de eliminar.



*Imagen 4.3 Esferas imantadas*

También se utilizaron 6 cajas cubiertas por los 4 lados con dianas de medición como las que se muestran en la Imagen 4.4. para poder tener más puntos de referencia. Aunque menos precisas son de gran utilidad ya que resultan fáciles de encontrar en la nube de puntos densa.



*Imagen 4.4 Dianas de medición*

### 4.3. Tratamiento de datos

Una vez se haya concluido el proceso de la toma de datos es el momento de pasar al siguiente paso, procesarlos. En este apartado se describen todos los pasos realizados para llegar a los resultados finales esperados.

El resultado final deseado es una geometría tridimensional (modelo 3D) altamente aproximada a la realidad. Como resultado de la toma de datos se obtiene un total de 16 nubes de puntos que conforman un modelo geométrico no optimizado el cual siguiendo un flujo de trabajo que se muestra en la Ilustración 4.1 se convertirá en la geometría deseada.

#### 4.3.1. Importación

El software que se va a utilizar para llevar a cabo esta parte es el **Trimble Real Works**. Lo primero que haremos será importar la nube de puntos **Menú > Archivo > Importar**. Al hacerlo cargaremos el resultado de nuestro trabajo de campo, que es, una gran cantidad de puntos en el espacio. Cada punto tiene información de las coordenadas X, Y, Z, un valor de reflectividad e información de color en valores RGB proporcionados por el láser escáner. Como se comentaba en la introducción del apartado, en nuestro proyecto tenemos un total de dieciséis estacionamientos. Se considera por estacionamiento cada vez que el trípode es movido de lugar. Cada vez que se ha estacionado se ha tenido en cuenta que se pudiera visar a al menos cuatro puntos de referencia (esferas o dianas de medición) esto nos permitirá una georreferenciación de alta precisión.

Si las cámaras aparecen en azul como se muestra a continuación en la Imagen 4.5 quiere decir que el compensador está encendido. Dado que no tenemos necesidad de que todas las nubes estén compensadas vamos a desactivar esto para todas las nubes de puntos salvo para una, en nuestro caso la primera, ya que es la que se encuentra en una zona más centrada del conjunto total de nubes. Tras hacer este paso las cámaras se convertirán en amarillo, esto significa que ya no estarán niveladas. Esto permite tener grados de libertad durante el proceso de registro lo cual aseguraría un registro general mejor.

A continuación, vamos a crear nuestro escaneo de muestreo. Lo haremos seleccionando todas nuestras nubes desde el menú **Inicio** y pulsando sobre el botón **Crear escaneos muestreo** dejaremos los parámetros por defecto. Ahora si nos dirigimos a **Vista > Zoom a extensión** seremos capaces de visualizar nuestras nubes de puntos. Como se puede observar en la Imagen 4.5 todos nuestros estacionamientos se muestran de forma caótica de forma simultánea. Eso es debido a que cada nube de puntos tiene un sistema de referencia diferente.

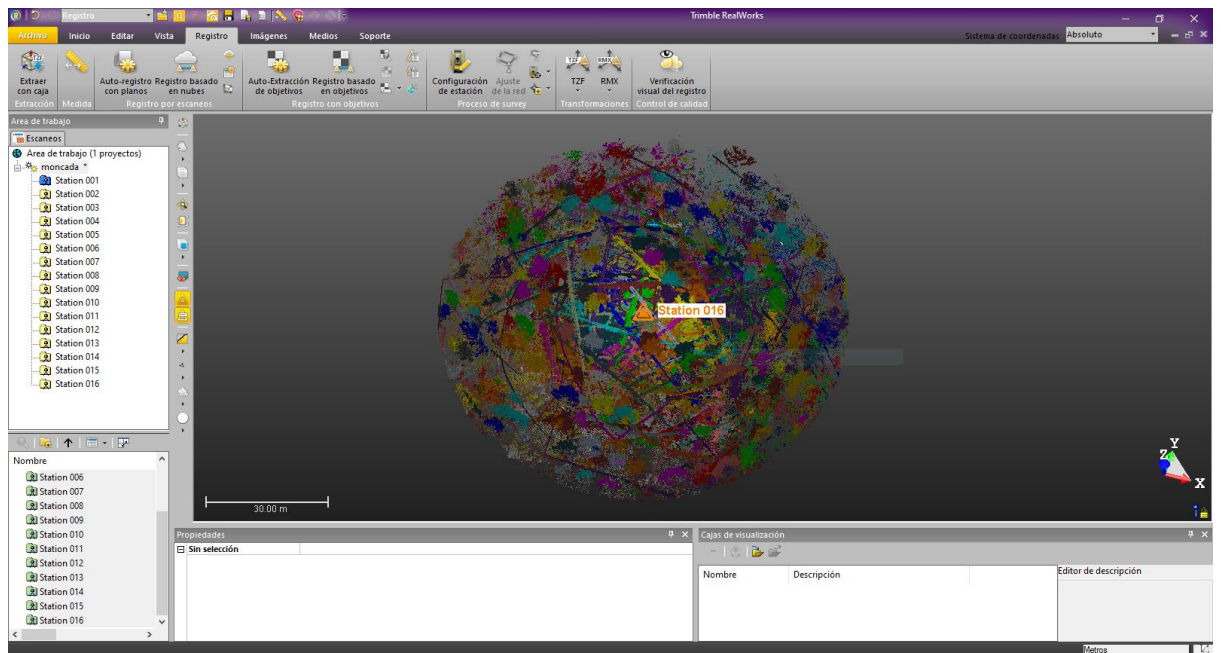


Imagen 4.5 Carga inicial de las nubes de puntos

#### 4.3.2. Registro de la nube de puntos

Debido al apartado anterior, hemos de llevar a cabo el registro de las nubes de puntos. El registro de las nubes de puntos es la orientación relativa, esto supone referenciar las dieciséis nubes de puntos en un único sistema de referencia. Para realizar el registro tenemos tres posibles maneras de hacerlo:

- a) **Registro automático mediante planos.** Extrae automáticamente todos los planos de las nubes de puntos y los utiliza para realizar el registro. Es de gran utilidad en proyectos de obra que contienen muchas paredes.
- b) **Registro basado en objetivos.** Ya sea detectados automáticamente o de forma manual, permite realizar el registro de las nubes de puntos a partir de objetivos o dianas. El registro que se realiza mediante este método es basado en un ajuste mediante mínimos cuadrados utilizando las observaciones a los objetivos desde cada una de las estaciones.
- c) **Registro basado en nube.** Se realiza el registro utilizando las partes comunes de las nubes de puntos.

Se descarta ésta última opción ya que es la menos fiable. Dado que el entorno de nuestro proyecto es relativamente llano y a que tenemos a nuestra disposición objetivos realizaremos el registro mediante las dos metodologías para comparar el resultado y quedarnos con el más viable.

Para ajustar basándonos en los objetivos vamos a optar por búsqueda y detección manual de las dianas ya que será más preciso que la detección automática del programa. Desde **Registro > Analizador de objetivos** haremos este proceso. Navegaremos por las nubes de puntos y marcaremos las dianas y las esferas que nos aparezcan. Hay que tener cuidado de escoger la opción que sea la correcta para cada caso. Siempre hemos de marcar desde cada nube de puntos al menos cuatro objetos para tener redundancia de datos y así poder calcular los residuos resultado de la transformación. Es importante nombrar las esferas y dianas de forma correcta y aquellas que se corresponden entre una

y otra de la misma manera para poder asegurar el mejor resultado del registro. En este proceso el plano que realizamos inicialmente en campo nos resulta de gran ayuda. Se utilizará la misma nomenclatura. Para refinar este proceso tras lanzar el registro podemos eliminar todos aquellos objetivos que resulten conflictivos. En la Imagen 4.6 podemos ver como se marcarían tanto una esfera como una diana de medición.

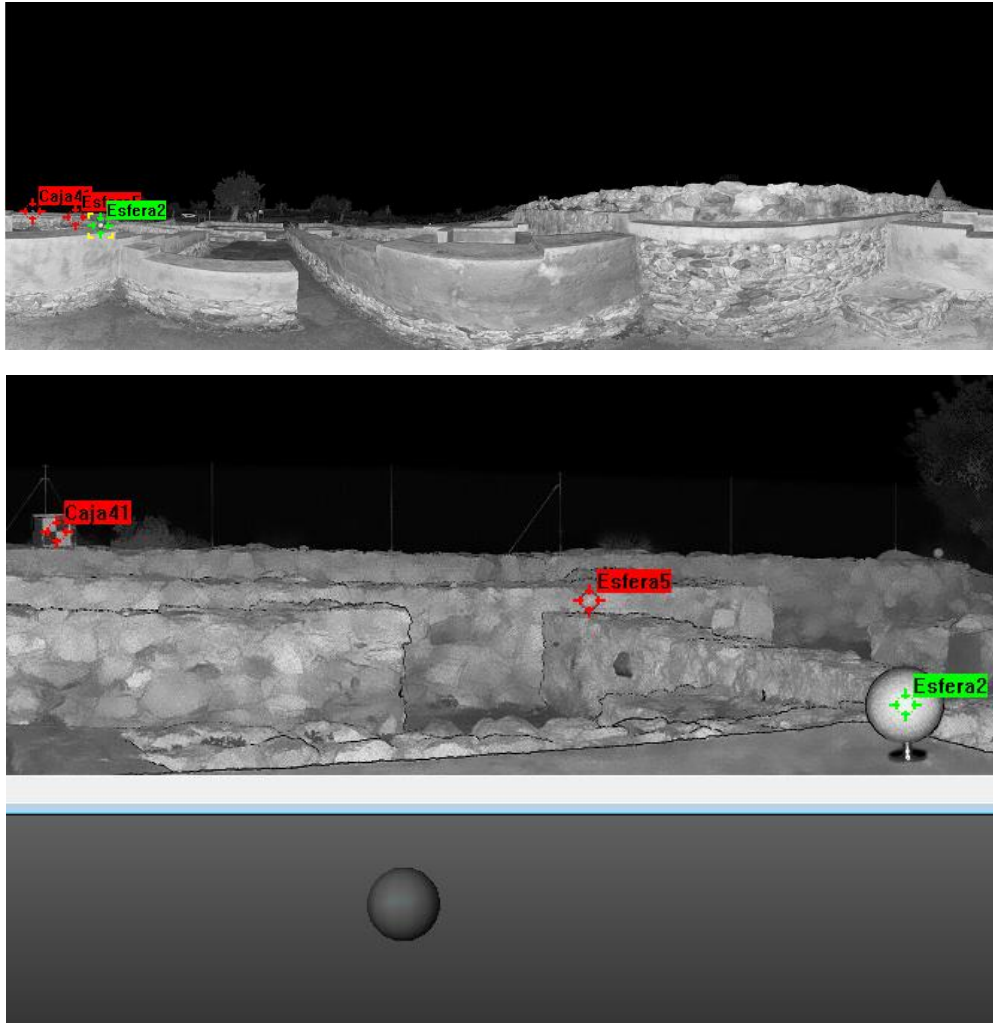


Imagen 4.6 Detección manual de objetos

Ambos resultados obtenidos son bastante buenos, pero dado que el resultado obtenido mediante el registro basado en objetivos (informe completo en anexo 4) es mejor, un error residual global de **1.31mm** frente a **2.79mm** para el registro automático mediante planos (informe completo en anexo 3), nos vamos a quedar con el **registro basado en objetivos**. Tras finalizar este proceso habremos orientado y fusionado nuestras nubes de puntos de modo que ahora resultan más fáciles de interpretar. Podemos visualizarlas de diferentes formas, cada nube de un color o con color verdadero gracias a la información almacenada en cada punto. En la Imagen 4.7 podemos ver el resultado del registro de nuestras nubes de puntos y un resumen del informe del resultado de ambos registros.





**Registration Report (using T2F Scans)**

User Name: tessi  
 Date: Mon Mar 16 22:08:23 2020  
 Length Measurement Units: Meters  
 Project Name: fase1  
 Coordinate System: X, Y, Z

Overall Cloud-to-Cloud Error: 2.85 mm

**Station 001 - 13 Station(s) with Points in Common -**

---

**Reporte de Registro (Objetivos)  
 Informe por estaciones**

Nombre de usuario: tessi  
 Fecha: Wed Mar 18 23:37:28 2020  
 Unidades de medida lineales: Metros  
 Nombre proyecto: fase1\_targetBased  
 Sistema de coordenadas: X, Y, Z

Error residual global: 1.31 mm

16 ESTACION(ES)	- Distancia media: 1.31 mm	Distancia máx: 1.82 mm
19 OBJETO(S)	- Distancia media: 1.26 mm	Distancia máx: 2.50 mm

**Station 001 - 14 Objetos escaneados - Distancia media: 1.82 mm**

Imagen 4.7 Resultado de registro

#### 4.3.3. Segmentación

La segmentación, o clasificación de la información de la nube de puntos, es la parte en la cual eliminamos el ruido de la nube de puntos. Este proceso se puede realizar de forma automática o manual. Cuando es realizado de forma automática el programa sigue una serie de algoritmos basándose en los puntos que hay alrededor de cada punto, eliminando aquellos puntos que estén rodeados de pocos puntos o ninguno y desplazando los puntos para conseguir superficies suaves. El ruido puede ser provocado por elementos que se muevan por delante del instrumento o simplemente que sea información alrededor de nuestro objeto de interés. En resumen, se considera ruido toda aquella información innecesaria para el modelo, es decir, todo aquello que no forme parte de las ruinas, además, de eliminar los objetos de referencia que hemos colocado, esferas y dianas de medición. Es importante llevar este proceso de forma minuciosa ya que de él dependerá la malla de la cual vamos a generar el modelo. Este proceso lo vamos a realizar gracias a las herramientas **Inicio > Segmentación** que sustraerá de la nube de puntos aquellas zonas que remarquemos. Para que resulte más fácil trabajar y eliminar la información no deseada en la nube de puntos podemos ayudarnos de la **Visualización con cajas** ya que nos permite visualizar un trozo de la nube para poder trabajar con mayor precisión. Este proceso debido a su importancia y el nivel de detalle requerido resulta largo y laborioso. Podemos ver el antes en la Imagen 4.8 e Imagen 4.9 y el resultado obtenido en la Imagen 4.10 e Imagen 4.11. Como se observa hemos dejado una pequeña parte de terreno alrededor de las ruinas para que resulte más natural.



*Imagen 4.8 Nube de puntos antes de la segmentación I*



*Imagen 4.9 Nube de puntos antes de la segmentación II*



*Imagen 4.10 Nube de puntos después de la segmentación I*



*Imagen 4.11 Nube de puntos después de la segmentación II*

Una vez concluido el proceso de segmentación tenemos una nube de puntos densa, limpia con la cual podemos comenzar a crear un objeto sólido.

## 4.4. Modelado 3D

### 4.4.1. Generación de malla

El procedimiento que llevaremos a cabo a partir de este punto será con el programa **Agisoft Metashape Professional** que nos ofrece una más amplia cantidad de ficheros de salida. **Agisoft Metashape** anteriormente conocido como **Photoscan** es un programa de fotogrametría que permite importar imágenes, alinearlas y crear nubes de puntos densas. Posteriormente tratarlas, limpiándolas, generando mallas, modelos y texturas. Además, tiene un entorno mucho más fácil de seguir y con el que trabajar. Su flujo de trabajo está muy bien definido y está claramente especificado de modo que para llevar a cabo todo el proceso de esta parte tan solo nos hemos de fijar en el apartado **Workflow** y seguir las opciones que se irán activando, dándonos así las indicaciones pertinentes para seguir con los pasos.

A pesar de haber realizado una tarea de segmentación exhaustiva y eliminado gran cantidad de información, nuestra nube de puntos sigue teniendo un total de 252 067 365 puntos. Clicando con el **botón derecho** sobre nuestra nube de puntos y escogiendo la opción de **Filter Dense Cloud** definimos el espacio en unidades de metro de la separación entre los puntos para filtrarlos. En la Imagen 4.12 vemos una captura de la pantalla de nuestra nube de puntos inicial.



Imagen 4.12 Nube de puntos densa inicial

En nuestro caso este resultado lo llevamos a cabo en dos ocasiones. Primeramente, hicimos un filtrado que nos proporcionó un total de 7 025 654 puntos que posteriormente nos dieron lugar a un modelo de 468 330 caras. Y tras analizarlo nos hemos dado cuenta de que el resultado final es pobre y no lo consideramos válido. En la Imagen 4.13 podemos ver nuestra nube de puntos filtrada y el primer modelo (sin tratar) de esta primera iteración.



*Imagen 4.13 Nube de puntos filtrada y modelo 3D – intento 1*

En una segunda iteración, filtraremos la nube de puntos de tal manera que dejaremos 0.0005m de distancia entre cada punto, quedándonos así con una nube de puntos algo más densa, de un total de 29 738 136 con la que generamos un modelo 3D que forzaremos que tenga un total de 10 000 000 caras. Tras el análisis y tratamiento del modelo se considera este como válido. En la Imagen 4.14 podemos ver esta última nube de puntos y el primer modelo 3D generado a partir de ella.

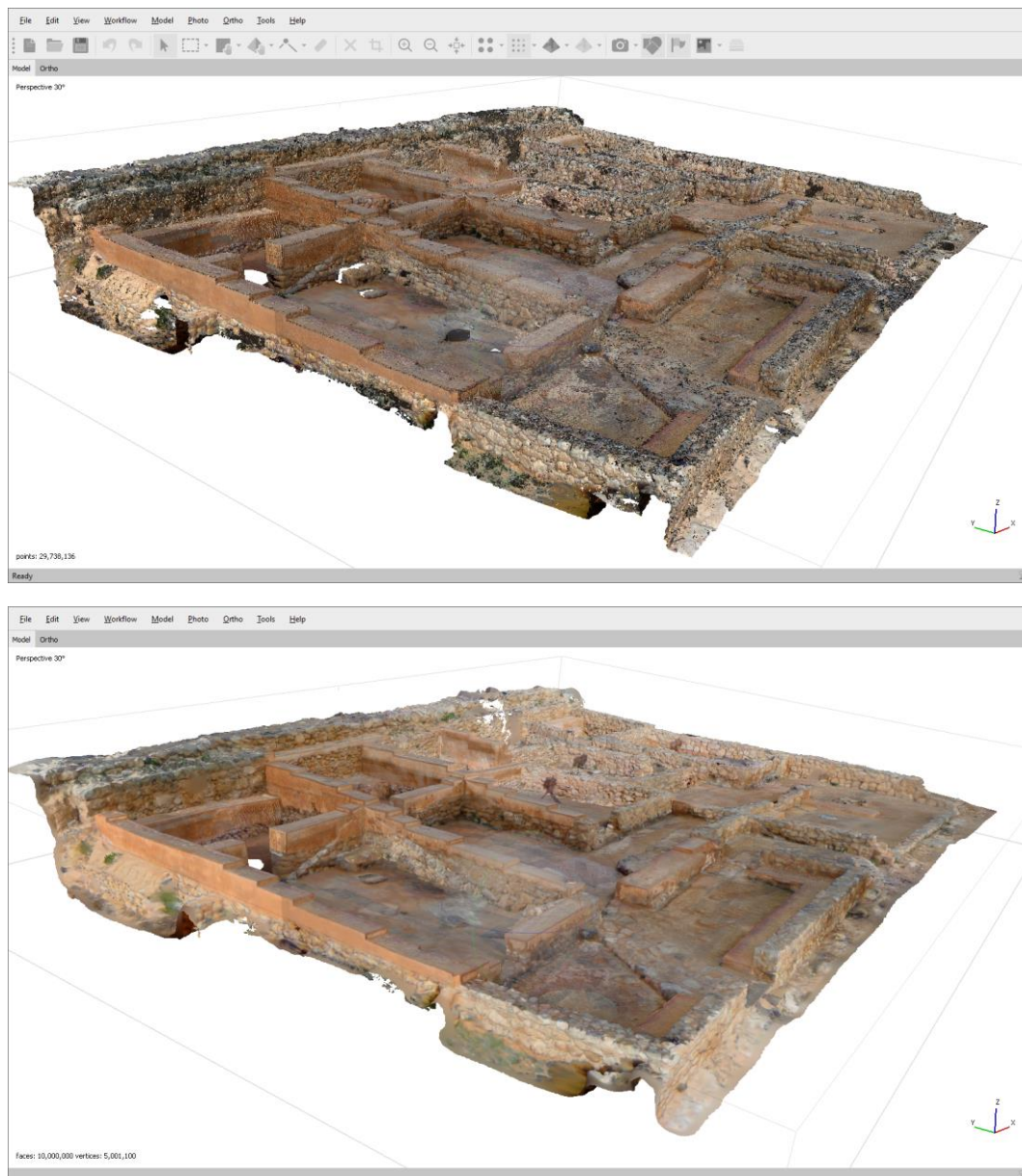


Imagen 4.14 Nube de puntos filtrada y modelo 3D – intento 2

#### 4.4.2. Simplificación del modelo 3D

Una vez concluido el filtrado de puntos tan solo hemos de seguir el flujo de trabajo propio del programa, como indicábamos al inicio de este apartado, **Workflow > Build Mesh** nos permite generar el modelo 3D primero formado por 10 000 000 caras, el cual podemos ver en la Imagen 4.14 y que posteriormente rectificaremos. Siguiendo los pasos, generaremos las texturas a partir de los datos que nos aporta la nube de puntos **Workflow > Build Texture** y exportaremos el objeto en formato **.obj** para rectificarlo posteriormente en **Blender**.

Para exportar el modelo nos dirigimos a **File > Export > Export model** y por otro lado para el caso de las texturas **File > Export > Export texture**.

Dado que la malla generada está “desordenada” y resulta muy difícil de manejar vamos a hacer uso del programa **Instant Meshes**, un programa gracias al cual se simplificará la malla y la ordenará haciendo la así más manejable.

En la Imagen 4.15 podemos ver el aspecto que tiene nuestra malla sin simplificar. Mientras que en la Imagen 4.16 vemos la malla del modelo resultado tras aplicar la simplificación. En la Imagen 4.16 podemos además ver los parámetros utilizados para lograr este resultado.

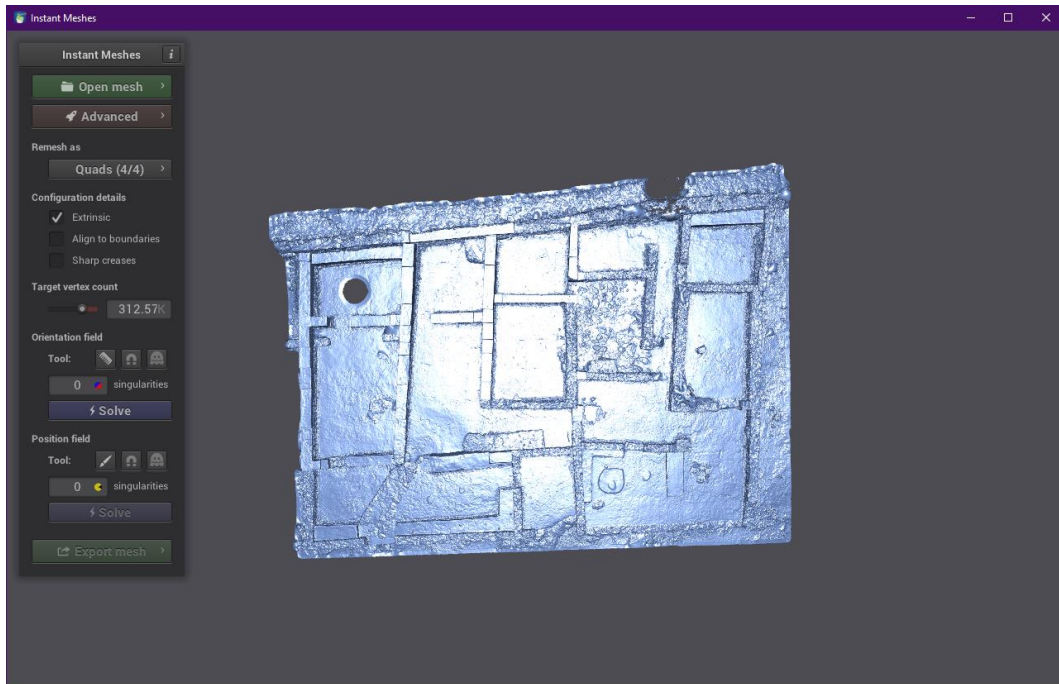


Imagen 4.15 Visualización de malla no simplificada

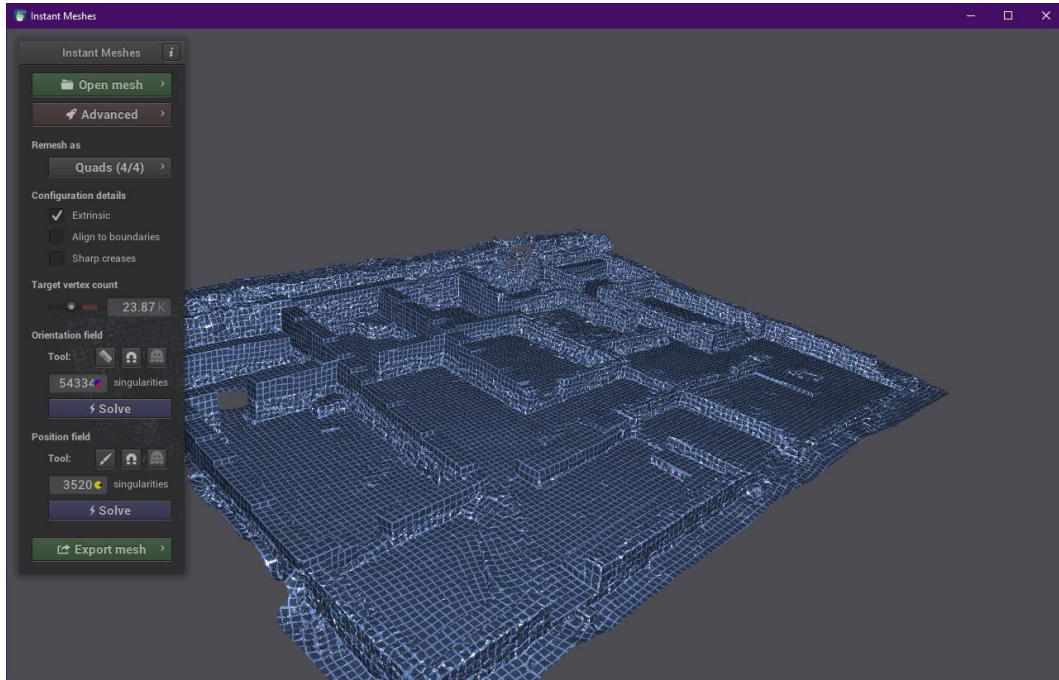


Imagen 4.16 Visualización de simplificada

#### 4.4.3. Rectificación del modelo 3D

Este procedimiento se llevará a cabo con ayuda del programa **Blender**. **Blender** es un programa libre multiplataforma destinado al modelado 3D. Lo vamos a realizar con este programa por diferentes motivos.

En primer lugar, para salir de los flujos de trabajo habituales y conocer el funcionamiento e integración entre diferentes softwares para llevar a cabo esta metodología y conocer los resultados que nos brindan.

Por otro lado, su gran sencillez de manejo, su rapidez de procesado y su gran capacidad de modelado lo convierten en una opción sin lugar a duda para tener en cuenta cuando se trata de técnicas de modelado 3D. Además, ofrece un amplio abanico de posibilidades de uso.

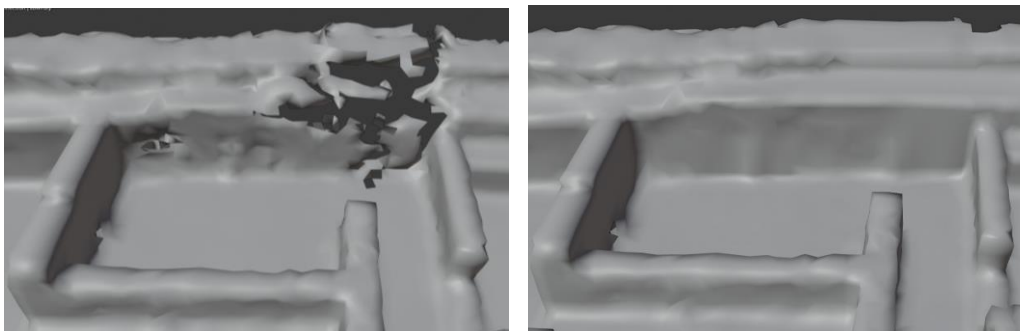
Y finalmente, debido a que, la licencia de **Real Works** que se nos ha facilitado ha expirado. Llevaremos a cabo el resto del proyecto en este programa.

La necesidad de realizar modificaciones sobre este modelo 3D es debido a que como podemos ver al haber zonas de sombra en la toma de datos se han generado agujeros en el polígono. O como podemos ver en la Imagen 4.17 existen errores en la malla que nos interesaría rectificar o remodelar.

##### *Corrección del modelo*

Importaremos la malla simplificada a un nuevo proyecto de **Blender**. No vamos a moverla ya que necesitaremos que coincida completamente con nuestra malla densa para el siguiente paso. Tras importar la malla vamos a comenzar a modificarla para conseguir el modelo deseado. Para ello rellenaremos agujeros no deseados, modificaremos vértices y caras existentes y eliminaremos partes sobrantes.

Existen partes de la malla que debido a sombras a la hora de tomar los datos no se han generado correctamente y por ello hemos de modificarlas y darles la forma apropiada. En la Imagen 4.17 podemos ver el antes y el después de uno de estos casos. Se trata de un trozo de la pared que se ha modificado y reconstruido por completo siguiendo la parte que está bien.



*Imagen 4.17 Rectificación de pared*

Por otro lado, tenemos agujeros debidos a sombras, como los que podemos ver en la Imagen 4.18. En este claramente se trata de la sombra generada por el propio aparato a la hora de estacionar.



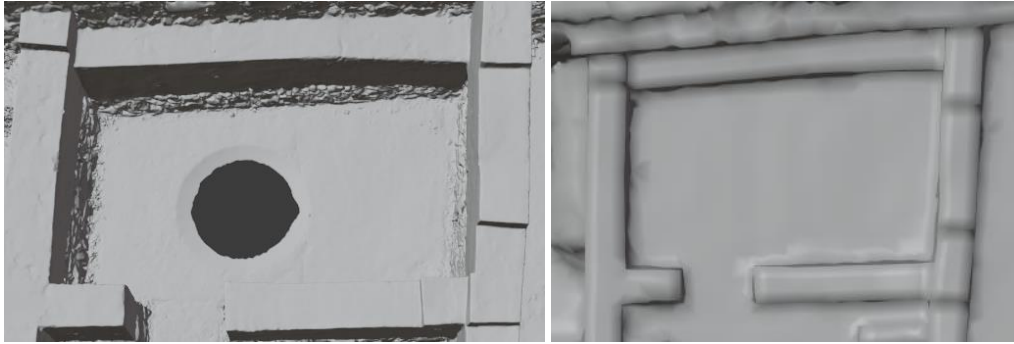


Imagen 4.18 Rectificación de agujero en suelo

Seleccionando el objeto y pulsando el **Tabulador** entraremos en modo edición de **Blender** de esta manera podemos editar la malla con la que estamos trabajando. Podemos modificar caras, borde o vértices del modelo. Algunos de los comandos, o atajos de teclado, interesantes a la hora de trabajar en el modo edición en este programa son los siguientes:

- Seleccionado varios vértices, o varios bordes, y pulsando la tecla **F** crearemos una unión entre ellos.
- Si seleccionamos cualquier elemento y pulsamos **G** moveremos el mismo. Para moverlo forzando en los diferentes ejes basta con pulsar justo a continuación el eje en el que deseamos mover el elemento.
- Para rotar un elemento seleccionado se hace pulsando **R** y si lo combinamos con el eje en el que deseamos rotar lo haremos. Tanto este caso como el anterior podemos mover libremente por la pantalla los elementos seleccionados con ayuda del ratón.
- Si lo que queremos hacer es eliminar el elemento lo hemos de seleccionar y pulsar la tecla **Supr.**
- Si por ejemplo tenemos dos vértices y queremos fusionarlos en uno hemos de pulsar **M** y se nos abrirá un menú donde hemos de escoger la opción que nos interese
- Con la tecla **S** podemos escalar el elemento seleccionado. Y siguiendo la misma norma que antes si acto seguido pulsamos una de las teclas siguientes forzaremos el escalado en esa dirección.
- La combinación de teclas **Shift+D** nos permite realizar duplicados del elemento seleccionado.
- Con la tecla **A** seleccionamos todos los elementos. Si la volvemos a pulsar los deseccionamos.

Aunque estos son algunos de los atajos más comunes y usados dejo a continuación una Ilustración 4.5 que podemos encontrar en la propia página web de **Blender** donde se resumen muchos más atajos de una forma elegante. También la podemos encontrar como anexo 5 para poder verla con mejor resolución.

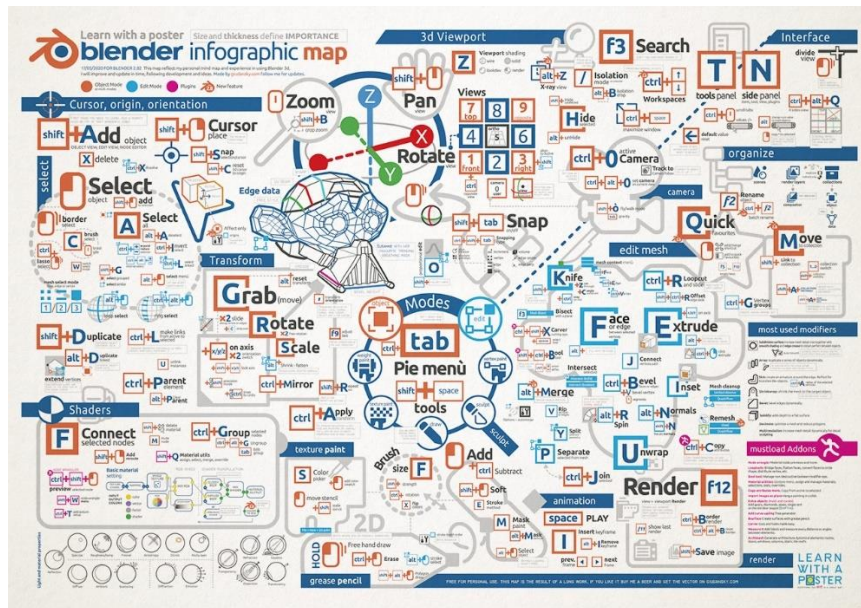


Ilustración 4.5 Atajos de Blender  
Fuente: blender.org

Una vez solventados todos los fallos del modelo y conforme con las modificaciones realizadas en nuestro modelo podemos pasamos al siguiente paso.

### Backing

Dado que la malla simplificada no almacena la textura de la malla original hemos de realizar un procedimiento denominado *backing* el cual consiste en transferir la textura de la malla densa a la malla simplificada. Nos interesa mantener tanto la información del color como la información de la rugosidad, por lo tanto, hemos de realizar dicho proceso dos veces, uno para obtener la imagen y otro para obtener el mapa de normales.

El primer paso que se ha de realizar es importar nuestra malla densa y nuestra malla simplificada de tal manera que han de coincidir en exactamente el mismo lugar, como se comentaba con anterioridad. Para conseguir que el modelo tenga una textura correcta seleccionaremos la malla simplificada y estando en modo de edición seleccionaremos toda la malla y apretaremos **U**, posteriormente **Smart UV Project** para desenrollar la malla y poder generar nuestras imágenes para las texturas. En la Imagen 4.19 podemos ver el proceso.

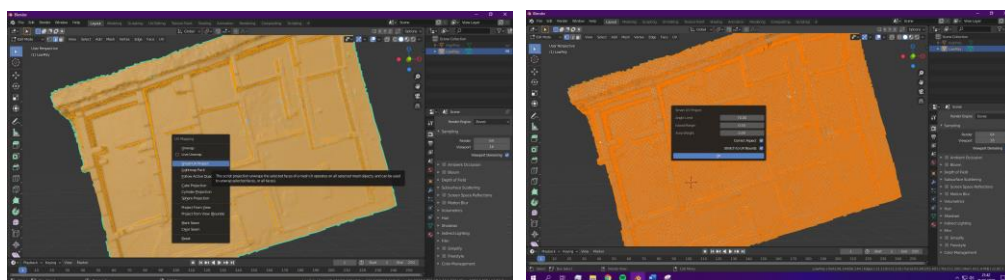


Imagen 4.19 Despliegue de la malla

Se nos generarán diferentes islas que representan las caras de nuestra malla como podemos ver en la Imagen 4.20.

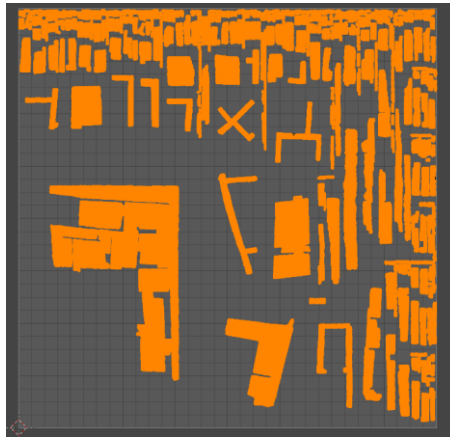


Imagen 4.20 Islas para generar textura

Tras este paso necesitamos crear una malla que sirva de jaula o *cage* que nos ayudará en el proceso de *backing*. Este proceso es importante ya que en las zonas donde existe solape entre la malla original y la simplificada podría ocasionar problemas en nuestra textura final. La jaula ha de tener exactamente el mismo número de vértices que nuestra malla simplificada. Por lo tanto, para crear el *cage* seleccionamos la malla simplificada y la duplicamos utilizando el comando **Shift+D**. A continuación, visualizando la malla original y el *cage* entramos en modo de edición de este último y con todo seleccionado utilizaremos el comando **Alt+S** para extrudir en dirección de las normales. Moveremos con cuidado el ratón hasta conseguir que no exista ningún tipo de solape con la malla original. En la Imagen 4.21 podemos ver el primer paso en el cual se ven las dos mallas solapadas y el paso final en el cual está la jaula creada.

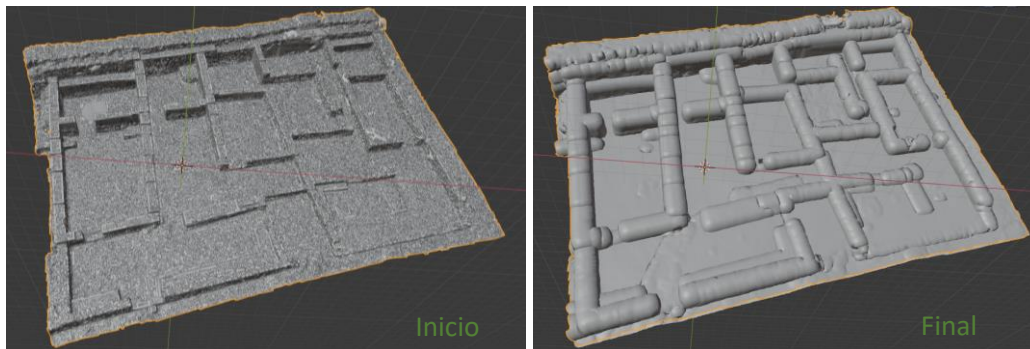


Imagen 4.21 Creación de jaula para backing

Para generar la textura de color de nuestra nueva malla vamos en primer lugar vamos a crear una nueva imagen donde se “imprimirá” la textura. Seleccionamos la malla simplificada y desde el apartado **UV Editing** añadimos una nueva imagen dándole el tamaño que queremos y la guardamos en nuestro caso la imagen resultado se llamará **Diffuse\_backing.png**. Ahora desde el apartado **Shading** añadimos un nuevo nodo de textura de imagen y seleccionamos la que acabamos de crear. Con el nodo seleccionado en nuestra malla simplificada nos dirigimos al panel de propiedades render, asegurándonos de que estamos en modo **Cycles**, introducimos los parámetros que se muestran en la Imagen 4.22. Dado que vamos a generar la imagen a color podemos

introducir en el render de las muestras el valor de 1. En el apartado de **bake** seleccionaremos el modo de **Diffuse** y dado que nos interesa únicamente el color de la textura dejaremos únicamente seleccionado el parámetro de color y deseccionamos el resto. Activaremos la casilla de **Selected to Active** que nos permitirá seleccionar nuestra jaula y pondremos el parámetro de extrusión a 1 para asegurarnos de una buena medición. Una vez definidos nuestros parámetros seleccionamos ambas mallas, la malla original y la simplificada, dejando como objeto activo la malla simplificada, asegurándonos de que el nodo de la imagen que creamos también está seleccionado, y pulsamos sobre el botón **bake**. Pasado un rato nuestra textura de color se habrá generado. De nuevo en el apartado **UV Editing** nos aseguramos de guardar la imagen para no perderla. Para poder visualizarla hemos de unir los nodos de la forma correspondiente, como se muestra en la Imagen 4.24.

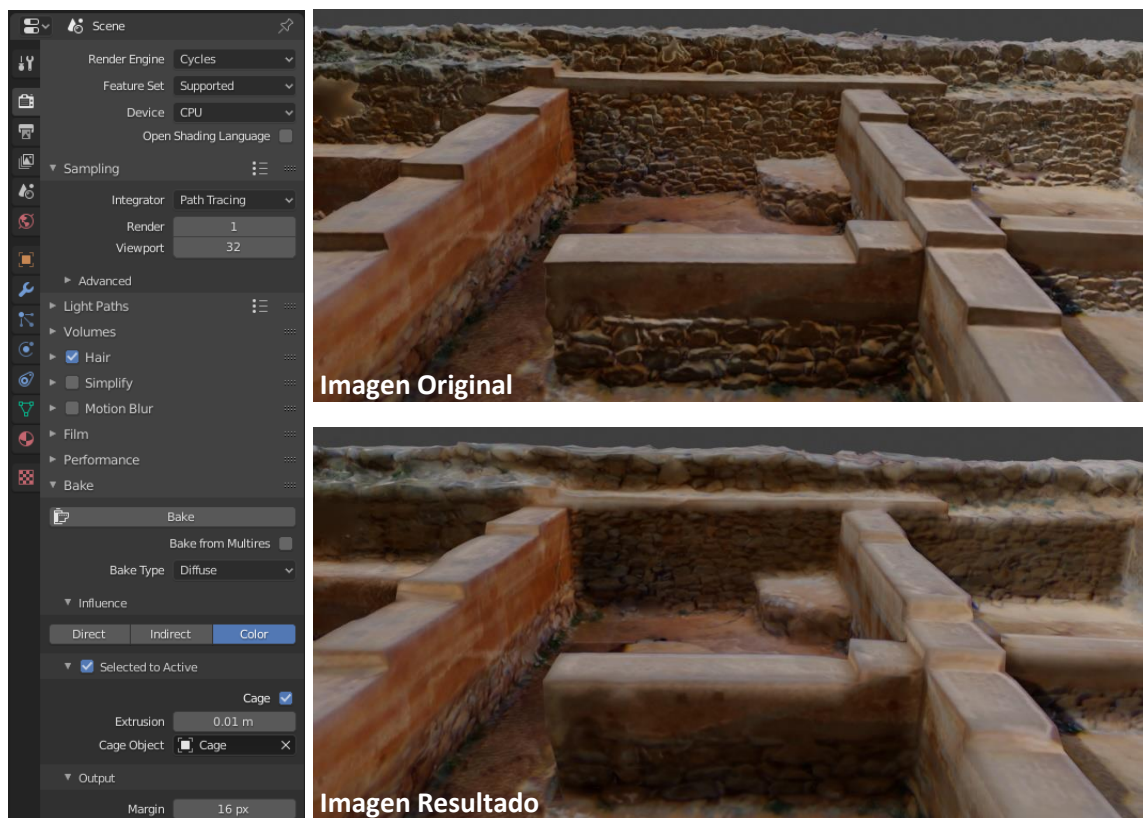


Imagen 4.22 Creación imagen de color

El mapa de normales nos permite generar una imagen que guarda la información de las normales y que posteriormente le añadirá la rugosidad a nuestra malla. El proceso es exactamente igual al anterior cambiando el apartado de **Diffuse** por **Normal** como podemos ver en la Imagen 4.23. En la Imagen 4.24 podemos ver el mapa de nodos como se vería al final con la imagen de color y la textura, así como el resultado final.

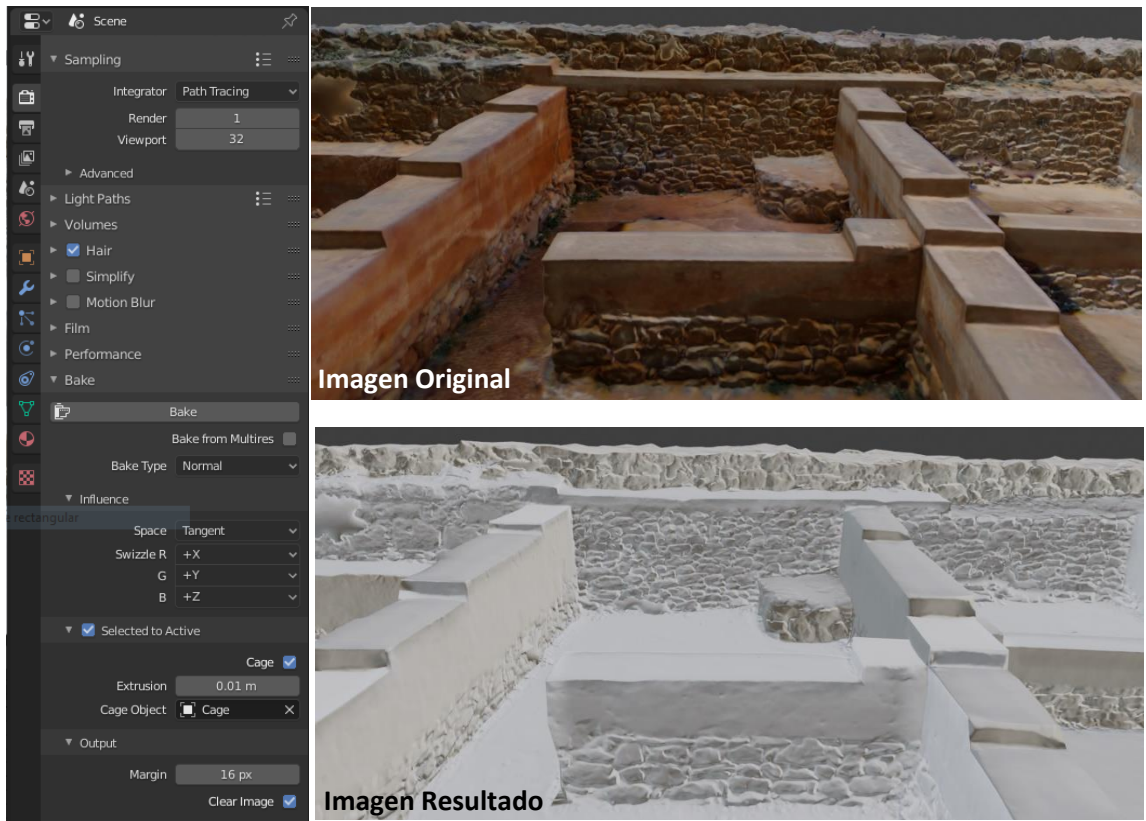


Imagen 4.23 Creación imagen de normales

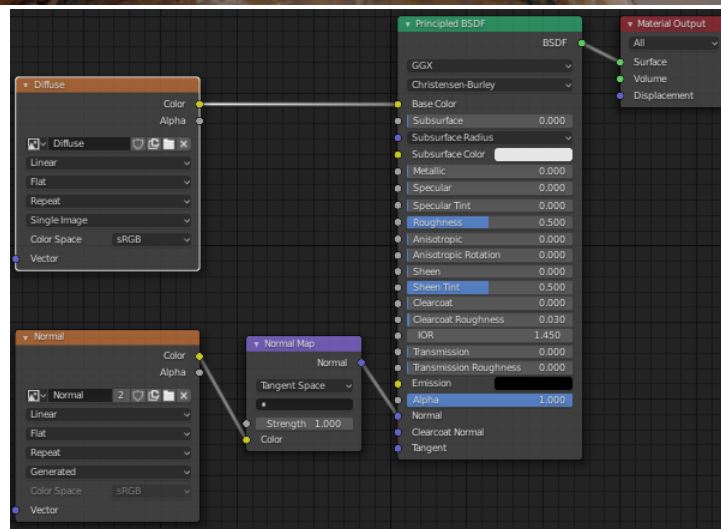
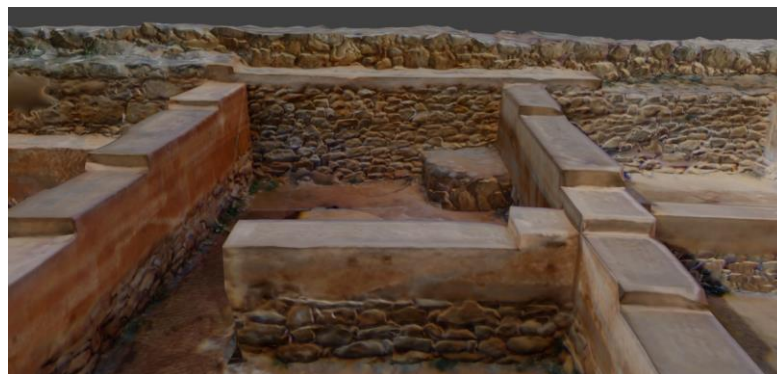
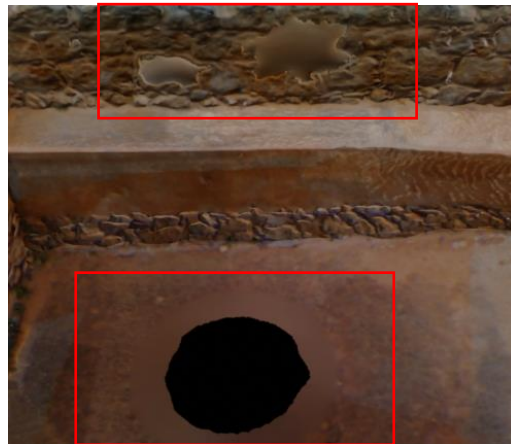


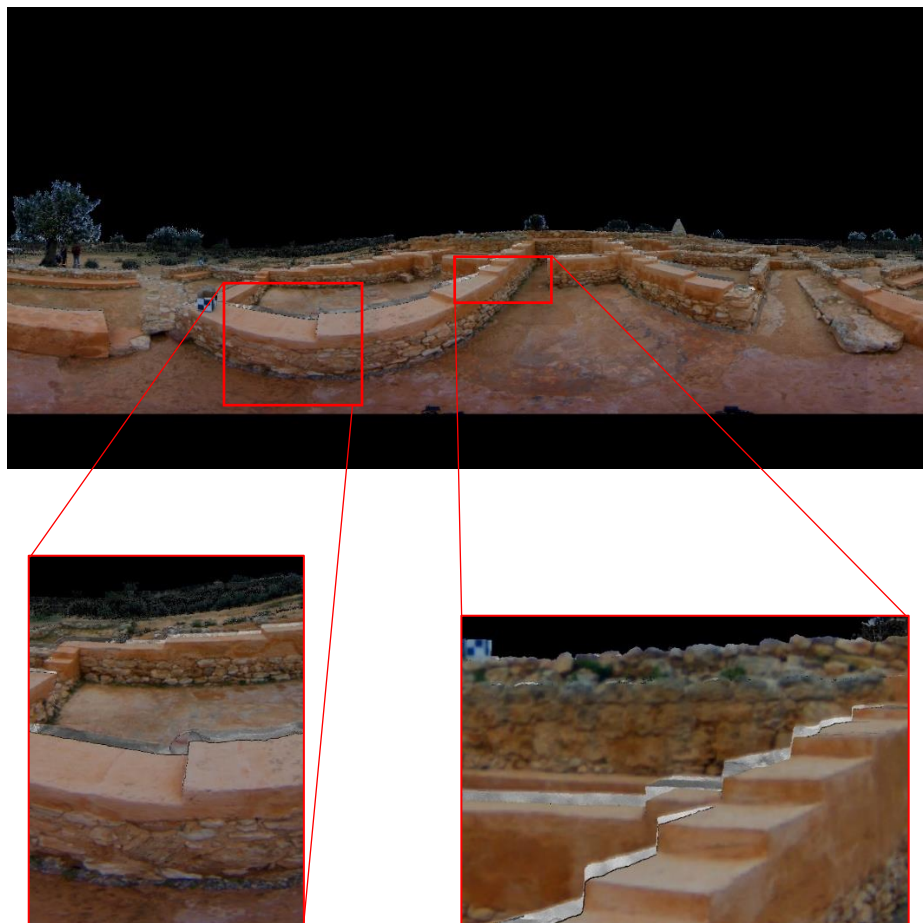
Imagen 4.24 Nodos de textura

Si nos fijamos la textura presenta algunos defectos, como podemos ver en la Imagen 4.25. Para resolver esto hemos de editar la textura desde la sección de **Texture Paint** dentro de **Blender**. La gran mayoría las podremos solucionar con la herramienta de clonado.



*Imagen 4.25 Error en texturas*

Respecto a las texturas obtenidas del láser podemos decir que no son las mejores, pues si nos fijamos en la Imagen 4.26, se trata de una de las imágenes del láser. Como se observa la imagen que ofrece el instrumento no es de la mejor calidad. Pues se pueden ver errores y como está borrosa, por lo que se pierde mucho el detalle de las texturas.



*Imagen 4.26 Imagen tomada de láser escáner*

Una vez terminadas las texturas podemos enlazarlas a nuestra estructura de nodos y exportar objetos con ellas. En la Imagen 4.27 podemos ver una comparativa de la textura previa a la edición y posterior.



*Imagen 4.27 Resultado edición de textura*

#### 4.4.4. Visualización y difusión de resultados

Tras realizar todos los pasos previos llegamos a conseguir nuestro resultado final. Nuestro resultado final es un modelo tridimensional en un proyecto de **Blender** pero no todo el mundo es capaz de abrir este tipo de proyectos, aunque recordemos que se trata de un programa libre y disponible para cualquiera, no es un producto final válido que se podría entregar a un cliente. Para convertirlo en un formato mucho más fácil de difundir se exportará por un lado el objeto en un formato **.obj** y además en un vídeo que se podrá proyectar por ejemplo en la sala del museo.

El formato **OBJ (Wavefront 3D object File)** es un formato de archivo que contiene las coordenadas 3D, las texturas y toda la información tridimensional de un objeto de estas características. Está conformado por dos ficheros, el propio **.obj** que son los archivos propios del objeto y el **.mtl** que es un formato que se puede leer como texto y que contiene la referencia o relación entre el objeto y su información de texturas, materiales y sombras.

Para exportar en un fichero de este tipo es tan sencillo como dirigirnos a **File > Export > OBJ** escogiendo así la opción y definiendo en la ventana emergente los parámetros de exportación que nos interesen. Este fichero se puede abrir con el visor 3D que viene integrado en el sistema operativo de **Windows** por lo que resulta muy interesante a la hora de difundirlo ya que cualquier persona que tenga acceso a un equipo con dicho sistema operativo tiene la capacidad de abrirlo y navegar en él. El resultado de esta exportación se puede encontrar en la carpeta del anexo 6.

Así mismo, se genera un fichero de vídeo que se podrá abrir con cualquier reproductor de video y que ofrece un paseo virtual por las ruinas. Para generar el vídeo se han seguido los siguientes pasos en **Blender**.

En primer lugar, nos hemos de asegurar que el modelo tiene la iluminación adecuada. Para ello incluiremos dos fuentes de luz de tipo Sol y las dispondremos en la escena con el ángulo y las características adecuadas para poder visualizar el modelo iluminado como nos gustaría.

El siguiente paso es grabar el movimiento de la cámara. Añadimos una cámara a nuestra escena. Para hacer esta parte existen dos maneras de ello. La primera es mediante objetos físicos o rutas definir por donde va a pasar nuestra cámara. Y la segunda opción, la cual es la que se ha optado por utilizar es realizar el trayecto con la cámara en modo de navegación tipo andar mientras se está grabando, editando después el trayecto grabado. Para ello una vez añadida la cámara, la posicionamos en el punto inicial de nuestro paseo virtual. Pulsamos la tecla **O** para poder visualizar lo que se vería a través de nuestra cámara. Inicializamos la grabación – **botón de grabar de la línea temporal de vídeo** – e iniciamos la marcha de tiempo **espacio**. Ponemos en modo de navegación como andar, seguimos la siguiente ruta **View > Navigation > Walk navigation** o también a través de **Shift+F**. Empezamos a movernos por la escena con ayuda del ratón para rotar y las teclas **Q – W – E – A – S – D**. La navegación es similar a la de un videojuego.

Cuando estemos satisfechos con nuestro trayecto de la cámara desde el menú **Graph Editor** podemos editarlo. Vamos a editarlo seleccionando la escena inicial y la escena final y añadir con la tecla **I** escenas intermedias. Después seleccionamos todas las escenas con **A** y después **Shift+Alt+O** para suavizar la transición entre aquellas escenas entre las que no haya grabado nada y conseguir así un movimiento más natural sin saltos. Finalmente, con **Shift+O** podemos acabar de suavizar todo el recorrido.

Con el recorrido ya definido podemos dirigirnos al apartado de renderizado para definir los parámetros del render. En la Imagen 4.28 vemos los nodos de renderizado, así como la configuración empleada. Es interesante tener esta configuración de nodos si se desea obtener un vídeo de alta calidad sin tener que dedicar un tiempo excesivo en su renderizado. El vídeo realizado se puede encontrar en la carpeta del Anexo 7.



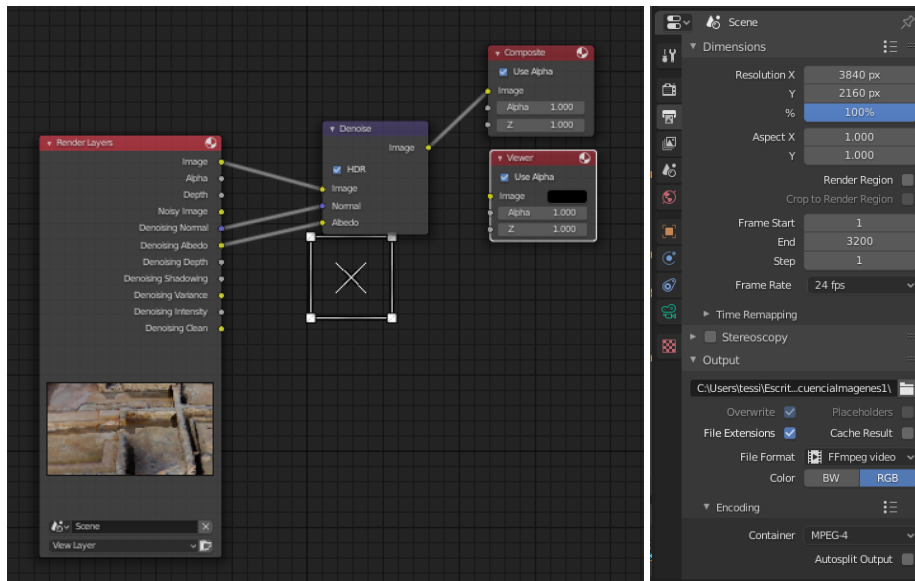


Imagen 4.28 Configuración de renderizado

## 5. Recreación

A modo de continuación del proyecto y con el fin de investigar más ampliando así nuestros conocimientos se realiza una recreación de las ruinas a como debieron ser originalmente. Para elaborar esta recreación se ha tenido una conversación con el arqueólogo donde éste nos informaba y ponía en situación acerca de cómo debieron ser las ruinas en su punto original. Por cuenta propia además se ha investigado acerca de los iberos y su manera de vivir. Nos hemos documentado sobre como construían y se han consumido muchas imágenes de internet para tener una idea aproximada del modelo 3D final que se quiere obtener.

El flujo de trabajo para este apartado viene reflejado en la Ilustración 5.1 siguiente.

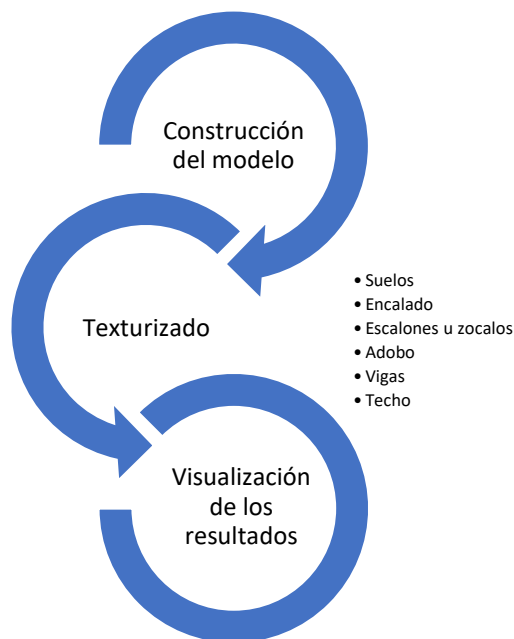


Ilustración 5.1 Proceso recreación ruinas

## 5.1. Construcción del modelo

Utilizando nuestro modelo como referencia vamos a generar un modelo tridimensional recreación de como deberían de haber sido las ruinas originalmente.

Las paredes de las antiguas casas iberas, como se explicaba en el *Contexto histórico*, estaban construidas por un zócalo de piedras, un interior de adobe y posteriormente todo ello estaba cubierto con encalado. En cuanto al techo se refiere estaba formado por vigas de madera y el techo estaba hecho ramas de madera entrelazadas y ligas, para impermeabilizarlo se colocaba por encima una generosa capa de barro.

Construiremos en primer lugar las paredes que componen las casas. Crearemos un plano que vamos a ir editando, extrudiendo en las diferentes direcciones para cubrir la totalidad de nuestro modelo. Es interesante destacar que tras conversaciones con el arqueólogo se llega a la conclusión que la altura de las paredes es como las que podemos observar en el fondo. El techo de las casas se apoyaría en la muralla que hay detrás. Con esta referencia en mente vamos a levantar en el eje z lo necesario para alcanzar ese punto.

Dado que queremos realizar una sección en la pared para que se pueda visualizar el interior como estaba formado vamos a crear el interior de las paredes. Por un lado, con la misma técnica empleada antes podemos crear la parte de adobe ya que es más sencilla. Sin embargo, para el caso de las piedras vamos a utilizar una técnica un poco más compleja debido a que posteriormente cuando asociemos las texturas nos vamos a encontrar con un problema si creamos polígonos simples. Lo que haremos para crear los zócalos de piedras, bancos y escalones será en primer lugar crear un objeto simple al cual vamos a añadir varios modificadores para alterar su forma, como se muestra en la Ilustración 5.2 posteriormente entraremos en la opción **Cell Fracture Selected Mesh Object**, que nos permitirá romper o fracturar la malla. Es un proceso lento pero dado que no lo vamos a repetir por todo el modelo es interesante para conocer el interior de las paredes. Configuramos el operador como se muestra en la Ilustración 5.2.

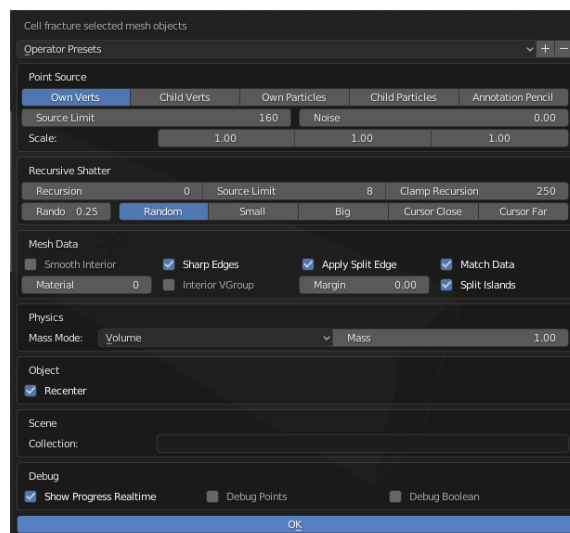


Ilustración 5.2 Generación de piedras

Cuando el proceso haya concluido vamos a seleccionar las piedras resultado, que tienen un aspecto bastante feo y poco aproximado a como sería una piedra, y les vamos a añadir los modificadores que se visualizan en la Ilustración 5.3 Modificadores piedras. para darles una forma más redondeada y parecida a la de una piedra.

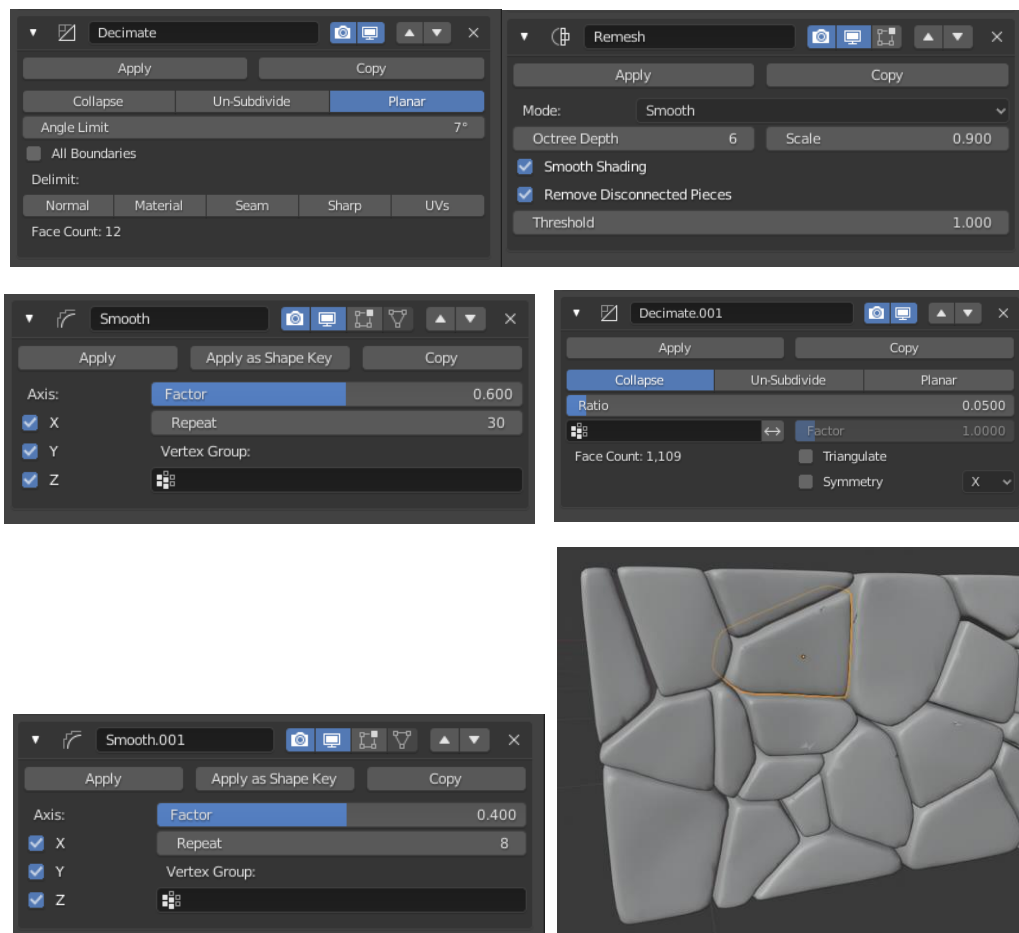


Ilustración 5.3 Modificadores piedras

El techo lo construiremos formando por un lado las vigas y por otro la parte impermeabilizada. Para crear las vigas de madera, simplemente generaremos polígonos en forma de prisma aplanados que vamos a ir distribuyendo sobre el polígono. La geometría del techo es tal vez la más difícil de conseguir puesto que nosotros mismos hemos de elaborar la forma que tiene modelándola con las herramientas que tiene el programa. Partiremos con un plano al que iremos dando la forma de cada uno de los habitáculos. Hemos de prestar especial atención al modelado de las esquinas de conexión entre una pared y otra. Cuando ya tenemos la distribución vamos a extrudir en z para darle una pequeña altura. Como el techo no es completamente plano con la herramienta **Bevel** vamos a crear curvaturas en las zonas de conexión entre habitaciones. También le vamos a dar inclinación a las zonas exteriores.

Como extra final, para darle mayor realismo vamos a añadir un plano en la parte inferior para simular el suelo. Dicho plano debe tener la extensión todo el polígono. Crearemos, también, otro plano más grande que simule la zona exterior. Con todos estos pasos realizados, la parte de modelado estaría completada

## 5.2. Texturizado del modelo

Para que nuestro modelo no aparezca con una textura lisa y apariencia incolora hemos de crear materiales y asociarle texturas. Todos los ficheros de imágenes han sido descargados de páginas gratuitas.

### 5.2.1. Suelos

Para darle un mayor realismo en este caso realizaremos un material compuesto por la mezcla de dos texturas ya que no se ha encontrado una textura específica que complazca las características buscadas.

En ocasiones cuando se realiza una textura así de grande y sobre superficies más o menos planas se puede apreciar un patrón de repetición en la propia textura. Para darle un mayor realismo y naturalidad al objeto lo ideal es que ese patrón no apareciera ya que en nuestro entorno real no podemos encontrar una explanada de terreno que siga patrones.

Una de las posibles soluciones obtener una imagen sumamente grande y resolución 8K para perder el patrón. La problemática de esta solución es que a menudo, a pesar de lo grande que es la imagen, seguiremos viendo trozos borrosos si hacemos zoom. Además, supondría una carga de memoria muy elevada para poder visualizar un único material.

Para evitar el patrón de repetición se realizan los siguientes pasos. Dado que **Blender** no dispone de ningún modificador propio o funcionalidad que realice una serie de las tareas que desempeñemos a continuación vamos a realizarlos gracias a una serie de grupos de nodos de **Poliigon** facilitados por **Blender Guru**.

#### *Giro de mosaico*

Cuando realizamos una textura con un tamaño muy grande lo que sucede es que la imagen se repite construyendo un mosaico cuadrículado. Si nosotros rotamos cada uno de los cuadrados de este mosaico de forma independiente perderemos esa continuidad. En este caso utilizaremos el grupo de nodos llamado **Poliigon Uber Mapping**. Reemplazaremos el habitual nodo de mapeado por este facilitado por **Blender Guru**. Modificaremos las configuraciones del nodo a nuestro gusto. Por otro lado, para hacer las costuras menos notorias a la vista humana vamos a suavizarlas haciendo que no sean líneas rectas sino onduladas. En la Ilustración 5.4 Resultado de rotación de mosaico podemos ver la comparativa de antes de aplicar el giro del mosaico (izquierda) y el resultado tras esta modificación (derecha), además, lo visualizamos en versión de cuadrícula para que sea más intuitivo entender que está pasando.

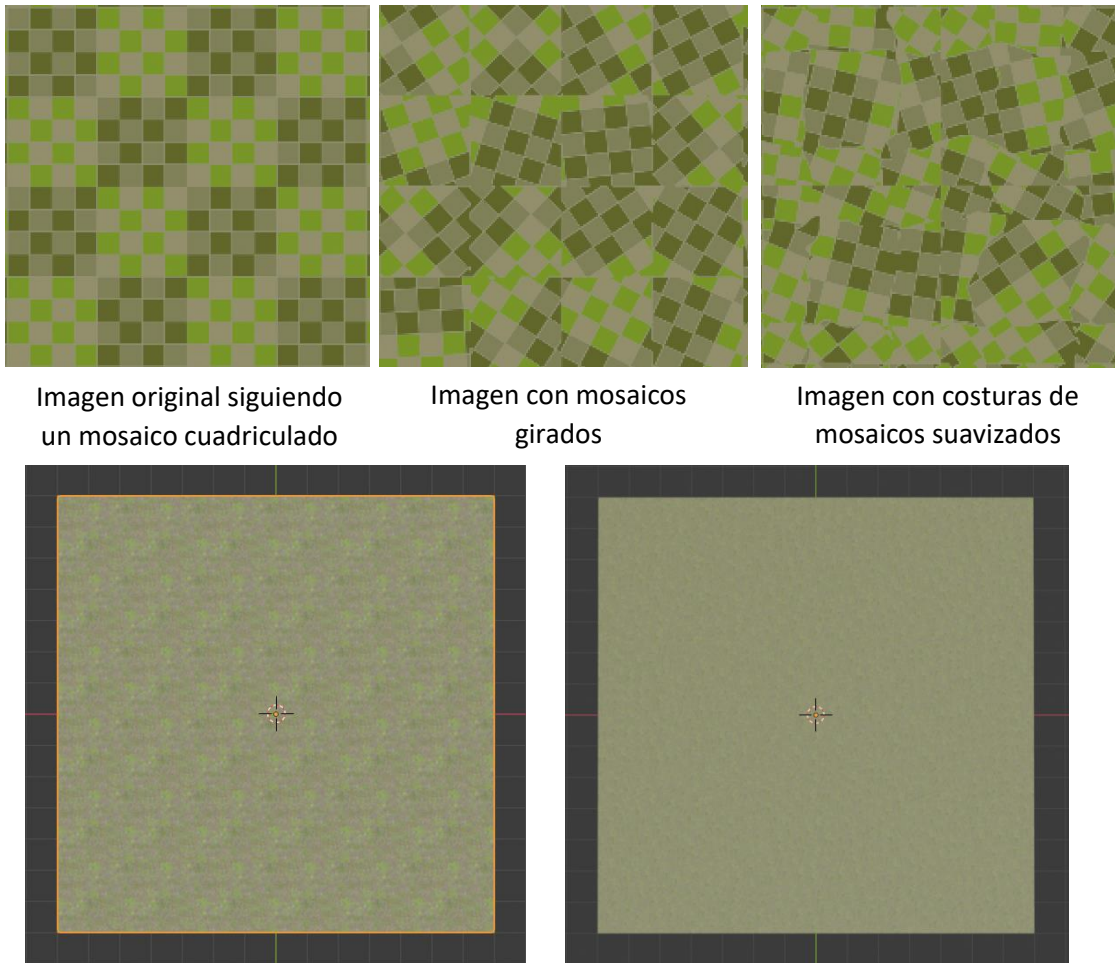


Ilustración 5.4 Resultado de rotación de mosaico

#### Variación de color

En la naturaleza no nos podemos encontrar materiales de un color uniforme continuo, siempre hay pequeñas variaciones en el color de las superficies. Ya sea porque una superficie está desgastada, sucia o simplemente la manera natural de la misma es discontinua, como es el caso de un campo de hierba.

Esto lo podemos conseguir con programas como **Photoshop**, pero dado que **Blender** también nos permite jugar con los colores a través de modificadores y que hemos obtenido los grupos de nodos previamente mencionados vamos a utilizar el grupo de nodos llamado **Poliigon Color Variation** y lo vamos a aplicar únicamente al nodo de color. Modificamos los colores a nuestro gusto siguiendo la configuración del grupo de nodos.

#### Mezclar varios materiales

Para mayor realismo vamos a mezclar varias texturas. Con ayuda del grupo de nodos **Poliigon PBR Mixer** que nos permite mezclar varias texturas o imágenes diferentes en un único material de forma más fácil. Modificamos la configuración hasta conseguir la textura deseada. Mezclaremos una imagen de hierba con la imagen de tierra que usamos para el interior.

### Resultado final

Estos pasos los vamos a llevar a cabo solo para dar textura a los suelos ya que son superficies relativamente planas y grandes. Realizar estos pasos para otro tipo de superficies o con texturas por ejemplo de ladrillos que sí siguen un patrón podrían no funcionar correctamente.

Para el caso del suelo interior de la casa realizaremos sólo los pasos de los suelos ya que con ellos es suficiente para obtener la textura deseada. En la Ilustración 5.5 podemos ver el resultado final y una captura de todos los nodos aplicados.

En la Tabla 5.1 a continuación podemos ver los nombres de los archivos que están vinculados a los materiales de las texturas.

Nombre de textura	Nombre de ficheros de imágenes
Suelo exterior	exteriorCOLOR.jpg exteriorDISP.jpg exteriorGLOSS.jpg exteriorNRM.jpg
Suelo interior	interiorCOLOR.jpg interiorDISP.jpg interiorGLOSS.jpg interiorNRM.jpg

Tabla 5.1 Nombres de imágenes utilizadas para los suelos

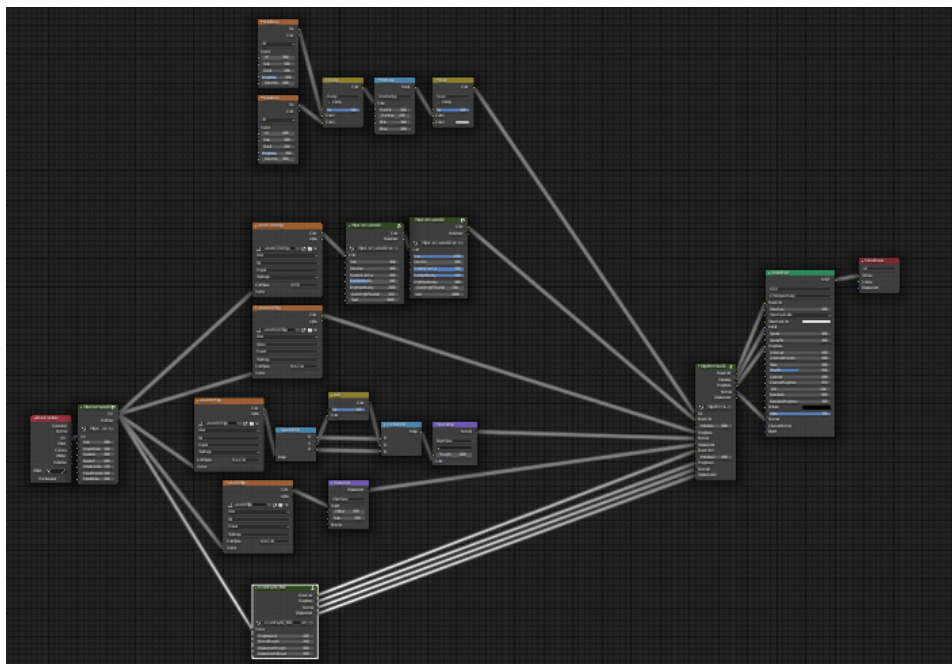
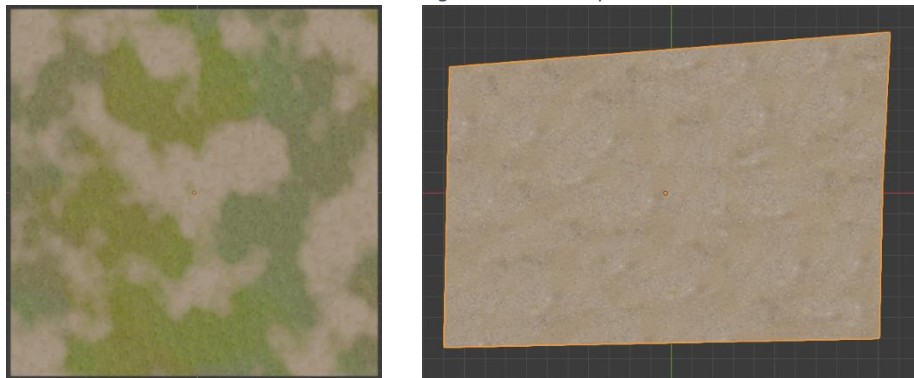


Ilustración 5.5 Resultado final para el suelo exterior e interior y nodos textura suelo exterior

### 5.2.2. Encalado

Para el caso del encalado vamos a trabajar con nodos más simples. Una vez tengamos nuestro objeto completado vamos a entrar en el modo de edición para crear un mapa del objeto. Dentro de edición seleccionamos todo con **A** y a continuación **W** y escogemos la opción **Smart UV Project**.

Tras esto vamos a crear un nuevo material simple. En la Ilustración 5.6 Podemos ver el resultado final de los nodos utilizados. En la Tabla 5.2 podemos ver el nombre de los ficheros empleados para conseguir el encalado.

Nombre de textura	Nombre de ficheros de imágenes
Encalado	encaladoALBEDO.tif
	encaladoNORMAL.tif
	encaladoROUGHNESS.tif
	encaladoAO.tif

Tabla 5.2 Nombres de imágenes utilizadas para los suelos

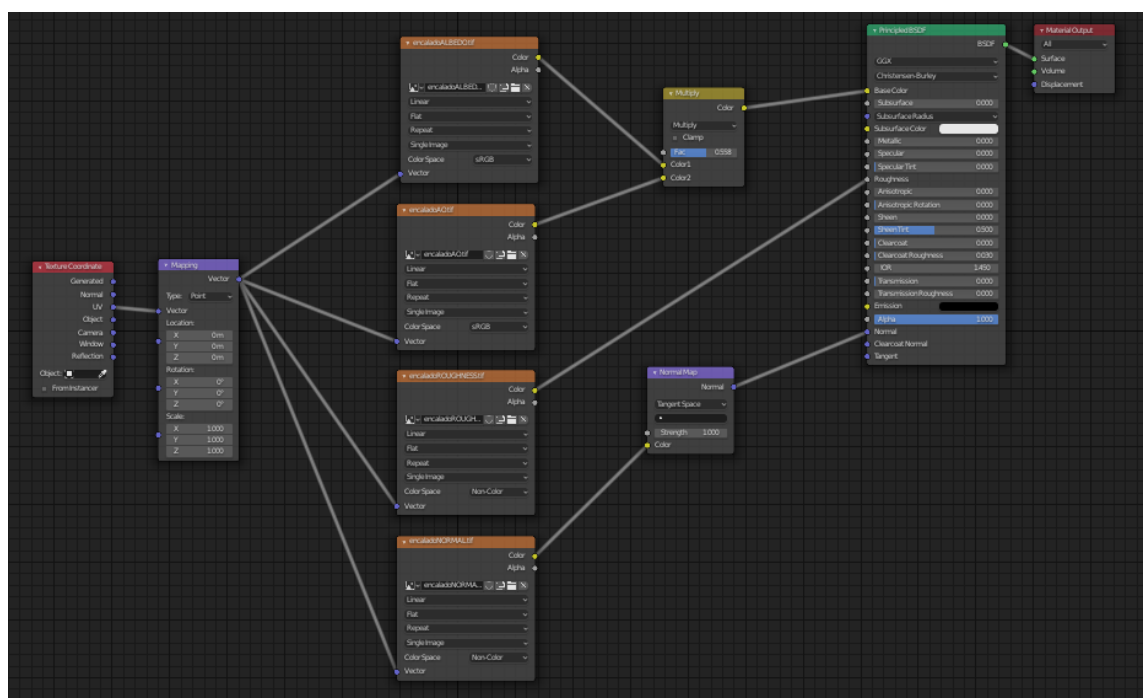


Ilustración 5.6 Nodos textura de encalado

### 5.2.3. Escalones y zócalo de piedra

Para crear los escalones y la parte del zócalo no vamos a utilizar una serie de imágenes que darán la textura. Ya que cada piedra tiene un color y para no seguir una uniformidad vamos a crear el material a partir de los propios nodos como podemos ver en la Ilustración 5.7. En líneas generales estos nodos lo que realizan es asociar un color aleatorio de la rampa de color definida a cada uno de los elementos.

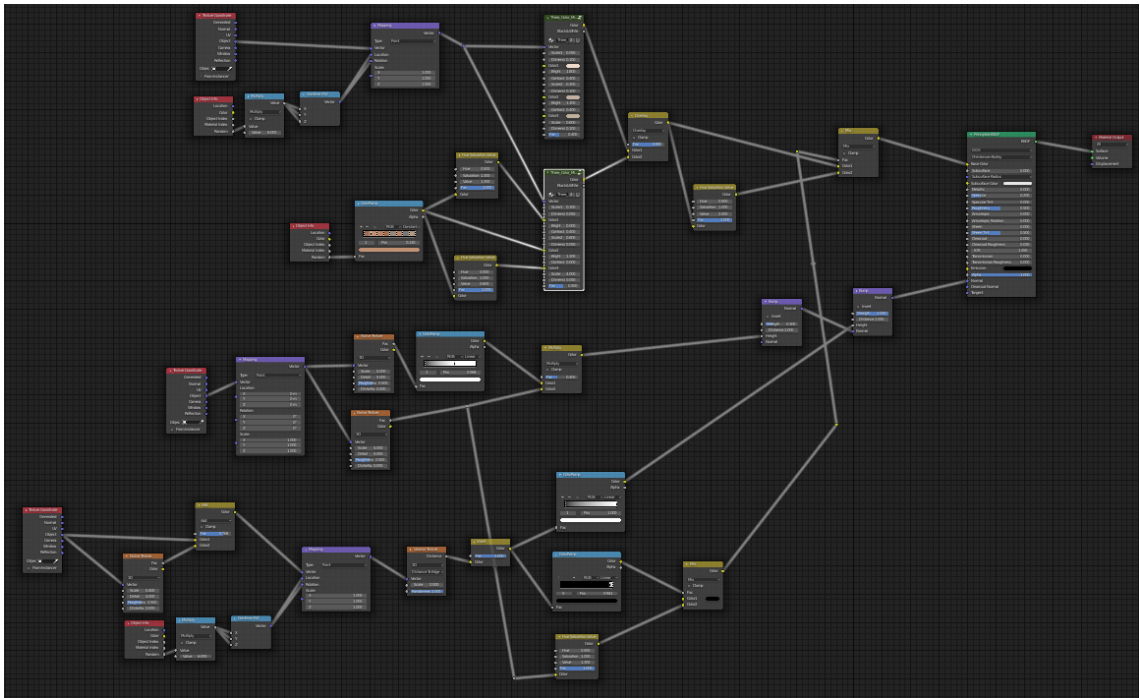


Ilustración 5.7 Nodos textura de piedras

#### 5.2.4. Vigas

Dado que las vigas no se van a ver demasiado vamos a aplicar un material y textura muy simples como podemos ver en la Ilustración 5.8. Simplemente añadiremos la imagen de la madera que queremos.

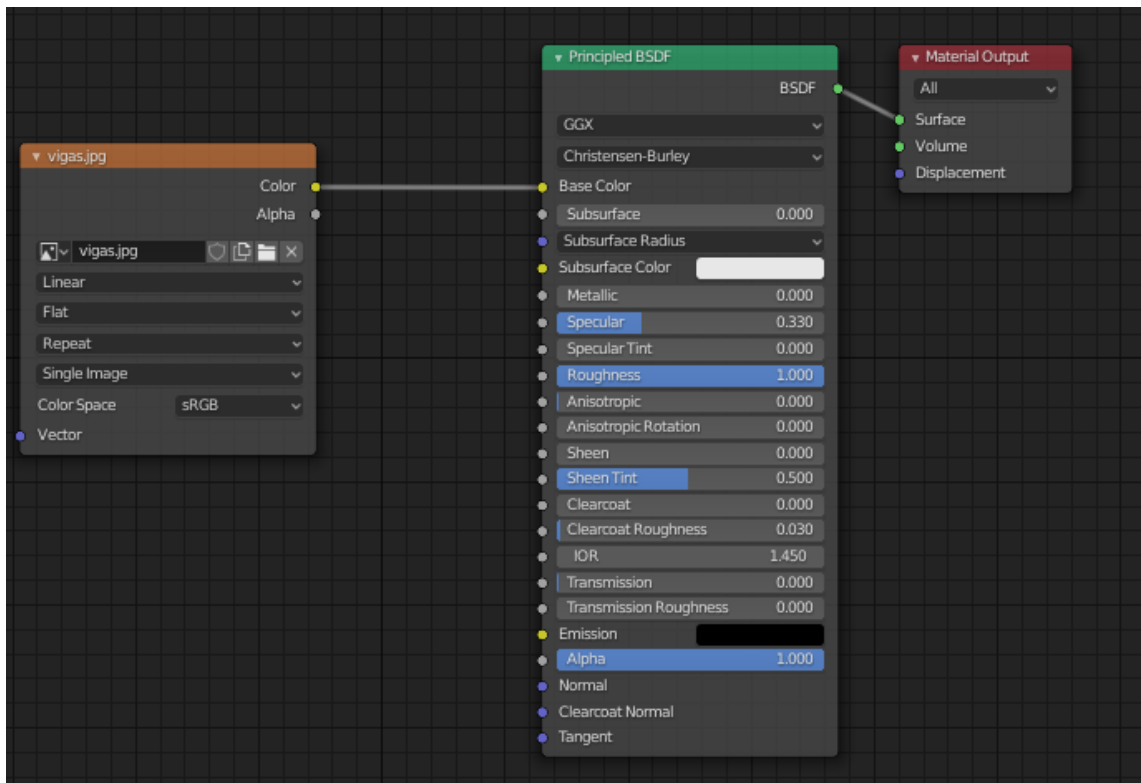


Ilustración 5.8 Nodos textura de viga



### 5.2.5. Techo

Para el caso del techo seguiremos el mismo procedimiento y estructura de nodos que la utilizada para las paredes encaladas. Nuevamente podemos encontrar los nombres de los archivos en la Tabla 5.3 y la estructura de nodos en la Ilustración 5.9 a continuación.

Nombre de textura	Nombre de ficheros de imágenes
Techo	techoAO.jpg                      techoCOLOR.jpg techoNORMAL.jpg techoROUGHNESS.jpg

Tabla 5.3 : Nombres de imágenes utilizadas para los suelos

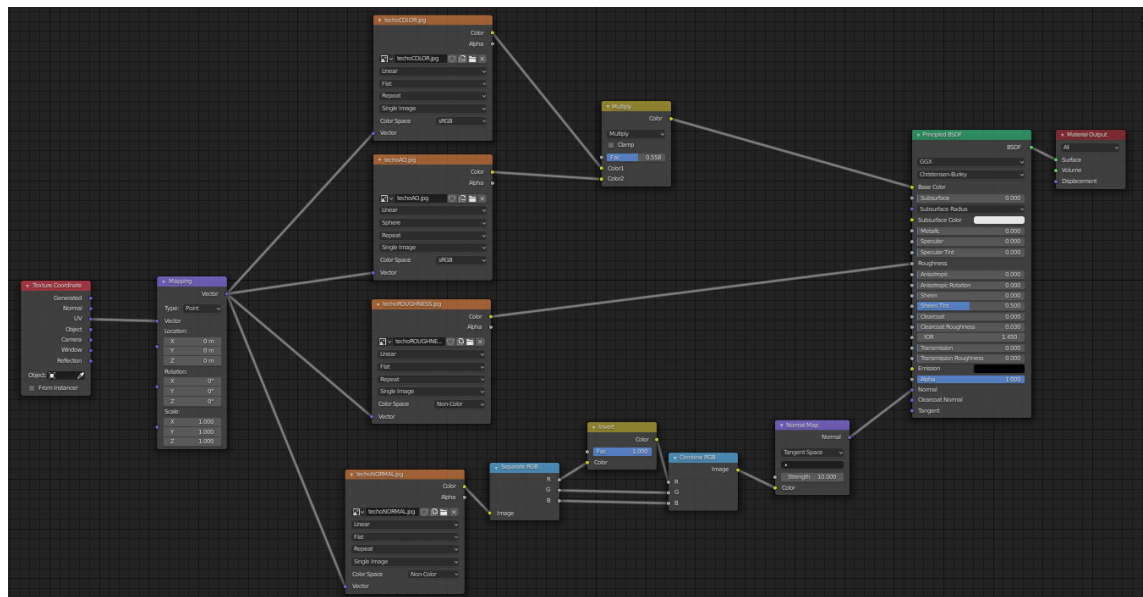


Ilustración 5.9 Nodos textura de techo

### 5.3. Modelo final

Para poder ver de que está compuesta la pared vamos a crear un agujero de tal manera que seccione toda la pared dejando al descubierto las diferentes capas e incluso la parte interior de una de las casas. Para realizar el corte hemos de entrar en modo edición de cada una de las capas y con la herramienta de cuchillo, **K**, seccionaremos las capas. Obtendremos el resultado que se muestra en la Ilustración 5.10.



Ilustración 5.10 Sección casa

Cuando ya estemos seguros de cómo va a ser el resultado final procedemos a realizar como en el caso anterior un vídeo.

Para poder exportar el modelo en fichero **OBJ** tenemos que unir todos los objetos de modo que debemos tener un único objeto.

A continuación, hemos de hacer un despliegue de las paredes, que como recordamos se hace desde el modo edición, seleccionando todo, tecla **U** y escogemos la opción de despliegue.

Cuando tengamos el mapa de islas del objeto tenemos que generar la textura realizando **Baking** sobre cada una de ellas. De esta manera obtendremos una única textura que contenga todas las demás texturas. Lo haremos dos veces, una para el color y otra para obtener el mapa de normales.

Finalmente crearemos un nuevo y único material que asociaremos a nuestro objeto y en el cual pondremos esta última textura. Con todo esto ya estaríamos listos de crear nuestra exportación al fichero deseado, puesto que la textura se quedaría embebida y todos los objetos que lo forman son ahora uno único.

Podemos encontrar todos los resultados en los Anexos 6 y 7 además del proyecto **Blender** completo en el anexo 9, tanto de este como del apartado anterior.

## 6. Diseño de página web

### 6.1. Investigaciones previas

Para difundir el resultado final se plantea que otras opciones pueden suponer un valor añadido. Como hacer que los modelos resulten amables para cualquier usuario. Y que tenga capacidad para integrarse con otros entornos. Para ello se realiza una exhaustiva investigación y se plantean tres posibilidades.

Cabe destacar que todas estas técnicas han sido probadas como parte de este proyecto para poder conocerlas mejor y poder así crear una opinión propia del funcionamiento de cada una de ellas.

#### 6.1.1. Unity

Se trata motor de videojuegos multiplataforma cuya plataforma de desarrollo está a la disponibilidad de todo el mundo. Nos permite incrustar nuestros modelos en un mundo virtual y crear acciones sobre ellos.

Podemos introducir nuestro modelo y crear un personaje mediante el cual poder visualizar y movernos por el entorno como si de un videojuego se tratara. O podemos incluso crear una experiencia mucho más inmersiva y que nos permita mediante gafas de realidad aumentada y mandos especiales sentir como verdaderamente estamos dentro de las ruinas.

Unity permite además añadir videos, sonidos y con ayuda de programación desarrollar muchas más posibilidades. Por ejemplo, añadir burbujas de información que al pulsarla se desplieguen y aparezcan textos de información.

En general, nos permite crear un mundo virtual y poder integrar nuestro modelo con diferentes físicas. Nos permite tras esto exportar nuestro proyecto como un programa independiente que podemos facilitar a cualquier persona en diferentes sistemas operativos.

Esta opción ofrece un amplio abanico de posibilidades y nos permite cargar modelos muy grandes, con mallas muy complejas y que otros programas encuentran difíciles de manejar. Sin embargo, a la hora de subir un modelo desde **Blender** podemos encontrarnos con dificultades. No permite importar algunos objetos, como por ejemplo algunas de las partículas que podemos crear en **Blender**. **Unity** tampoco ofrece la posibilidad de desarrollar contenido para páginas web desde su versión 5.4.0.

Aunque es un programa libre y tiene grandes capacidades otro punto en contra es que es bastante complejo de utilizar. Para lograr dominarlo a un nivel básico el tiempo empleado es muy grande. Sin lugar a duda es necesario realizar un curso (ya sea gratuito o pagado, on-line o presencial) para conocer al menos sus funcionalidades básicas y a partir de ahí ampliar los conocimientos que nos interesen.

#### 6.1.2. Verge3D

Se trata de un renderizador en tiempo real que nos permite crear experiencias 3D y ejecutarlas en sitios web. Es completamente compatible con **Blender** ya que podemos instalarnos un **Add-on** y trabajar sobre nuestro propio proyecto. En la Imagen 6.1 podemos ver como hemos añadido el **Add-on** a **Blender**.

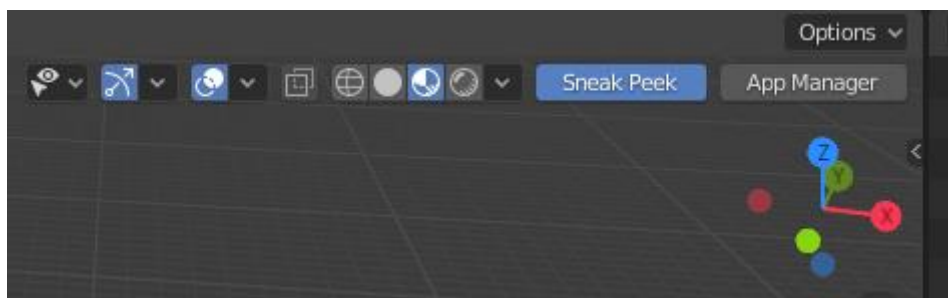


Imagen 6.1 Add-on Verge3D

Mediante **Sneak Peek** podemos visualizar en tiempo real en una página web local como quedaría nuestro modelo. Mientras que en **App Manager** podemos entrar a la página web oficial donde encontraremos la documentación de cómo utilizarlo además de plantillas y objetos prediseñados que podemos visualizar.

Para poder generar un modelo básico y poder incrustarlo en una página web tan solo hemos de entrar al **App Manager** crear un nuevo proyecto. Una vez creado el nuevo proyecto pulsando el botón remarcado rojo en la Imagen 6.2, hemos de abrir el proyecto de **Blender** que se autogenera (el fichero naranja que aparece) y ahí añadir nuestro objeto 3D con sus texturas. Podemos realizar aquí modificaciones en la malla, añadir luces e incluso sonidos. También podemos crear animaciones que posteriormente se podrán ejecutar al pulsar sobre algún objeto, es decir, podemos hacer que el usuario interactúe con el modelo.



Imagen 6.2 Verge3D App Manager

Para poder generar este tipo de lógicas lo hemos de hacer programando. En este caso se hace utilizando lógica basada en puzles a la que podemos acceder pulsando sobre el botón con forma de pieza de puzle que se encuentra en la parte de operaciones. En el ejemplo de la Imagen 6.3 podemos ver la lógica de uno de los modelos de ejemplo. Asociaremos diferentes interacciones con nuestro modelo y la propia ventana.

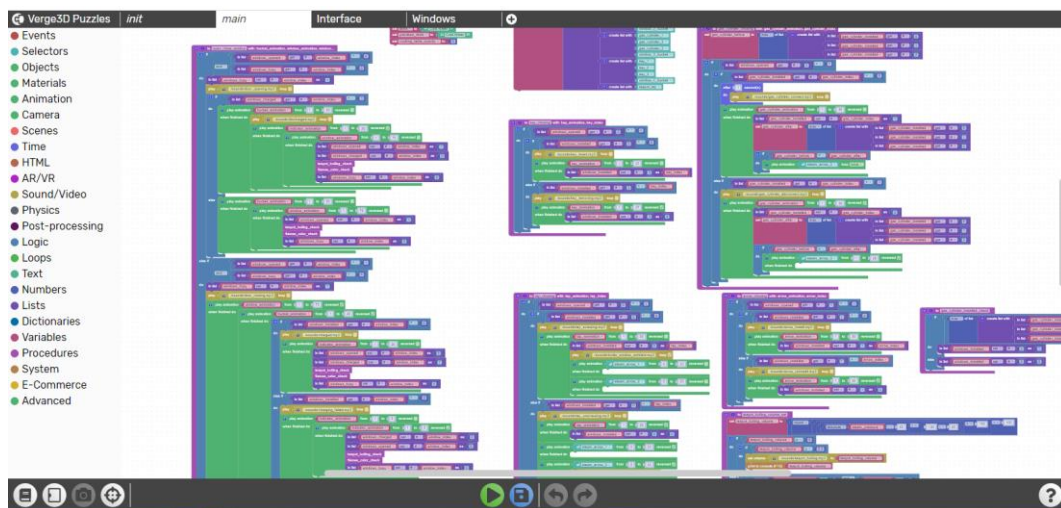


Imagen 6.3 Lógica en Verge3D

Podemos estar modificando nuestro modelo y la lógica que interactúa con él mientras a la vez visualizamos lo que está pasando en paralelo. Cuando tengamos nuestro modelo como nos gustaría desde el propio mánager y pulsando sobre la flecha de la parte de operaciones podemos publicar nuestro proyecto. Esto nos generará enlaces para compartirlo en nuestras redes sociales o la línea de código que nos permitirá introducirlo dentro de nuestra página web, en la Imagen 6.4 podemos ver cómo nos ofrece poder difundirlo tras publicarlo.

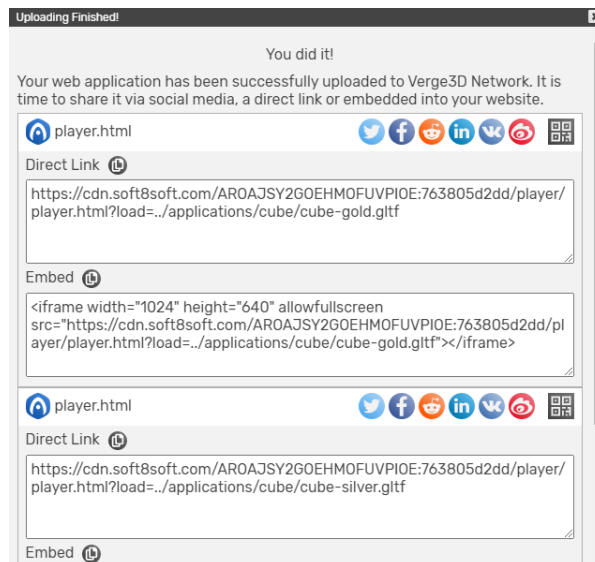


Imagen 6.4 Publicación de modelo con Verge3D

En general, se trata de una herramienta fácil de utilizar, bastante intuitiva y que ofrece grandes posibilidades. Pero presenta una serie de problemas. En primer lugar, tiene dificultades a la hora de cargar geometrías complejas cullas mallas están formadas por muchas caras. Y, por otro lado, la versión gratuita solo permite tener publicado tú modelo durante 30 días. En el caso de que sea de tu interés utilizar modelos durante periodos de tiempo más prolongados se ha de contratar la licencia del producto.

### 6.1.3. Página WEB con THREE.js

Como alternativa por completo al caso anterior podemos plantear el desarrollo total de una página web utilizando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Para poder incrustar el modelo dentro de nuestra página lo haremos utilizando la librería **THREE.js** que nos permite crear un **Canvas** en el cual introducir un modelo tridimensional adquirido desde diferentes tipos de exportaciones, aunque el más recomendado es el formato **.gltf** que es el que más detalles es capaz de conservar.

Dicha librería contiene mucha información en su sitio web oficial. Podemos aprender cómo utilizarla navegando y revisando la documentación disponible.

De todas las metodologías mencionadas en este apartado, esta parece muy interesante y tentadora. No supone gran coste computacional, los modelos que ya tenemos realizados nos valdrían, y, es gratuita. Además, existe muchísima documentación y tutoriales en los que nos podríamos apoyar, sin contar con la gran cantidad de ejemplos realizados por otros y compartidos en la red. No debemos olvidar todo lo positivo que podría aportar una página web, ya que podemos compartir cualquier tipo de información.

Llevadas a cabo dichas investigaciones optamos por esta metodología para difundir el modelo. Debido a su amplio alcance, la posibilidad de publicar en internet el modelo y la facilidad de manejo y elaboración.

## 6.2. Elaboración de página web

Para crear la página web vamos a partir de una plantilla obtenida del sitio web <https://html5up.net/> la cual vamos a modificar a nuestro gusto. Es importante destacar que debido a la falta de un servidor en el que publicar esta página, el diseño de esta se ha hecho en local.

El flujo de trabajo que se seguirá para elaborar nuestra página web será el que se muestra en la Ilustración 6.1 de forma resumida y que pasamos a explicar detalladamente a continuación.

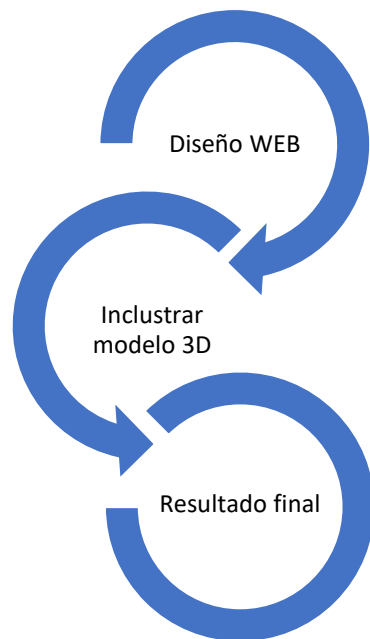


Ilustración 6.1 Proceso diseño web

### 6.2.1. Diseño WEB

Aunque no se ha planteado un diseño previo de cómo ha de ser la página sí se tienen en cuenta una serie de características. Se busca un diseño *responsive*, que resulte cómodo de navegar y tenga la capacidad de añadir cualquier tipo de contenido. Como se explicaba previamente se ha optado por tomar una plantilla para el desarrollo de la página web. En este caso se ha tomado la plantilla **Helios** disponible en la página web <https://html5up.net/>. Se ha tomado este diseño porque ofrece las posibilidades de distribuir el contenido como nos interesa.

El diseño web que vamos a realizar se utiliza integrando lenguaje **HTML**, **CSS** y **JavaScript**.

- **HTML (HyperText Markup Language)**. Se trata del lenguaje básico de diseño web. Con él crearemos diferentes etiquetas para introducir el contenido mejorado y modificado mediante **CSS** y **JavaScript**.
- **CSS o Hojas de estilo**. Mediante las hojas de estilo vamos a dar formato a como se visualizan los elementos dentro de nuestra página web.
- **JavaScript** es utilizado para definir el comportamiento de los elementos dentro de nuestra página web.

Para crear nuestra página vamos a generar varios ficheros **.html** uno por cada apartado o sección que se quiera añadir en nuestra página. Una vez creados los ficheros mediante programación **HTML** vamos a distribuir y añadir el contenido que nos interesa, en este caso se trata sólo de los textos e imágenes.

Dado que nuestra plantilla ya tiene la estructura de ficheros **.html**, **.css**, **.js** definidos y por lo tanto establecidos los estilos y algunos otros parámetros de los elementos que aparecen en la página, vamos a limitarnos a modificar el contenido a nuestro gusto.

Cuando se tenga la información añadida podemos pasar al siguiente punto, para introducir el modelo 3D dentro de una sección de la página web. Todo el código de la página se deja en el anexo 8.

### 6.2.2. Incrustar modelo 3D

En la Ilustración 6.2 podemos ver el funcionamiento de la librería **THREE.js** para poder introducir un modelo 3D en una página web. Como se explica en el esquema hemos de añadir un render a nuestra página web, posteriormente crear una escena que vamos a posicionar en el lugar que nos interese de nuestra página. Dentro de dicha escena es donde vamos a introducir nuestra cámara, las mallas y las luces. Las mallas las definiremos mediante la geometría exportada por **Blender** al igual que los materiales que a su vez están formados por texturas.

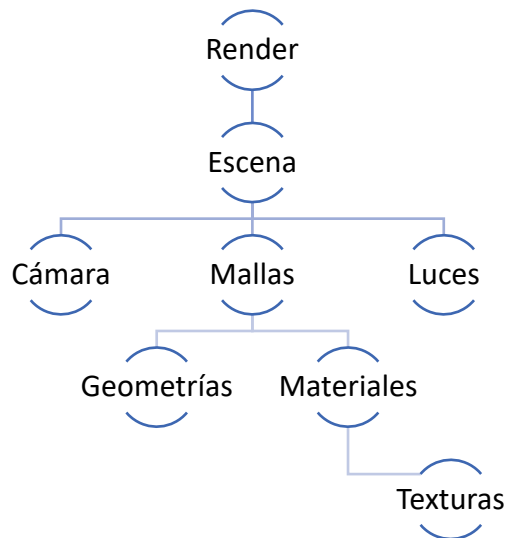


Ilustración 6.2 Esquema funcionamiento THREE.js

Se toma la decisión de realizar dos ficheros **.js** a parte para introducir los modelos en la página, uno por cada modelo que se quiera incrustar. En la Imagen 6.6 siguiente se puede ver el fragmento de código de como incrustar el modelo de las ruinas en formato **OBJ**, se ha hecho en este formato porque es el que habíamos exportado con anterioridad. Los pasos que se siguen para introducir un modelo 3D en la página web con la librería **THREE.js** aparecen comentados en verde en la misma

Imagen 6.6, pero a continuación desarrollaremos algunos de ellos.

A la hora de añadir la cámara podemos optar por dos tipos de cámara. Puede ser de tipo ortográfica o perspectiva. Dado que queremos que parezca que la vista de la cámara es la más similar a la que se tendría desde el ojo humano se ha escogido la cámara en perspectiva.

Hacer que nuestro modelo sea **“responsive”** hoy en día es algo vital. Esto significa que se podrá visualizar bien, sin distorsionarse, en cualquier tipo de pantalla. Además, cuando cambiamos el tamaño de la ventana también se ha de tener en cuenta para evitar los mismos posibles fallos.

Introducir controles es algo opcional, pero en nuestro caso parece algo muy interesante. De esta manera el usuario al abrir la página web puede moverse alrededor del modelo y a través de él para verlo mejor.

En cuanto a la luz se refiere llegamos a un punto muy importante y peliagudo. Existen diversos tipos de luz que están bastante bien documentados en la página oficial. Del tipo de luz del nos decidamos dependerá la calidad con la que verdaderamente se ve el modelo en la página web. En la Imagen 6.5 podemos ver la diferencia de calidad entre el modelo con un tipo de luz puntual (izquierda) y con luz de ambiente (derecha).

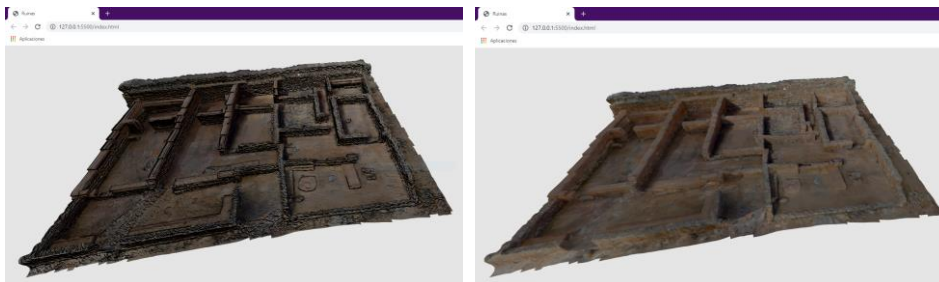


Imagen 6.5 Comparativa luces THREE.js

Posteriormente se cargan los materiales, que han de cargarse previamente al objeto y después el objeto indicando el formato y la ruta de ambos. Se define la ubicación donde queremos que se cargue dentro de nuestra pantalla y a que escala.

Finalmente informamos al navegador que queremos hacer una animación de modo que se actualiza para siguiente ciclo.



```
index.html JS scripts.js X # style.css
JS scripts.js > ...
1 //Añadimos escena:
2 var scene = new THREE.Scene();
3
4 //Añadimos cámara:
5 var camera = new THREE.PerspectiveCamera(75, window.innerWidth/window.innerHeight, 0.1, 1000);
6
7 //A continuación indicamos y cargamos la manera de renderizar nuestro modelo:
8 var renderer = new THREE.WebGLRenderer({antialias: true});
9 renderer.setClearColor('#e5e5e5');
10 renderer.setSize(window.innerWidth, window.innerHeight);
11 document.body.appendChild( renderer.domElement );
12
13 //Vamos a hacer que sea responsive:
14 window.addEventListener('resize', () => {
15     renderer.setSize(window.innerWidth, window.innerHeight);
16     camera.aspect = window.innerWidth/window.innerHeight;
17     camera.updateProjectionMatrix();
18 });
19
20 camera.position.z = 80;
21
22
23 //Para poder mover nos al rededor del objeto instalamos controles:
24 var controls = new THREE.OrbitControls(camera, renderer.domElement);
25 controls.enableDamping = true;
26 controls.dampingFactor = 0.25;
27 controls.enableZoom = true;
28
29 //Añadimos iluminación:
30 var amblight = new THREE.AmbientLight( 0x404040, 3 );
31 scene.add(amblight);
32
33
34 //Cargamos el material del objeto:
35 var mtlLoader = new THREE.MTLLoader();
36 mtlLoader.setTexturePath('/model/');
37 mtlLoader.setPath('/model/');
38 mtlLoader.load('ModeloRuinas.mtl', function(materials){
39     materials.preload();
40
41     //Añadimos nuestro modelo:
42     var objLoader = new THREE.OBJLoader();
43     objLoader.setMaterials(materials);
44     objLoader.setPath('/model/');
45     objLoader.load('ModeloRuinas.obj', function(object) {
46         object.position.set(0,-15,25);
47         object.rotation.set(0,0,0);
48         object.scale.set(2,2,2);
49         scene.add(object);
50     });
51 });
52
53
54 var animate = function (){
55     requestAnimationFrame (animate);
56
57     controls.update();
58
59     renderer.render(scene, camera);
60 };
61
62 animate();
63
64
```

Imagen 6.6 Fragmento de código para visualización objetos 3D con THREE.js

## 7. Propuestas para el museo y futuros trabajos

Actualmente el museo no dispone de página web, tan solo cuenta con un apartado dentro de la página del Ayuntamiento de Moncada, en donde publica noticias e información a modo de *blog*.

Para dar más visibilidad al Museo se propone realizar una página web dividida en secciones y apartados diferentes, conforme ellos prefieran como la elaborada en este proyecto. A parte de los típicos apartados de información, contacto, venta de entradas, etc., incluir información acerca de las exposiciones, noticias, proyectos en los que se participa. Además de ofrecer visitas virtuales tanto del museo como de las ruinas. Sería interesante dedicar una página entera a las ruinas. Esta página web es muy interesante no solo para labores de difusión sino también para tener un repositorio online donde guardar documentación de las piezas del museo. El coste económico de realizar esto no es tan elevado, tan solo se ha de pagar un espacio en la web y la dedicación para la elaboración de la propia página.

Otra propuesta interesante sería trabajar con realidad aumentada para visualizar las ruinas dentro del museo, a través de una aplicación o mediante gafas y mandos como se explicaba en el apartado de **Unity**. El coste de llevar esta acción dependería de qué tipo de realidad aumentada se desea. Si se pretende realizar una aplicación para móvil el coste sería menor, sin embargo, si se quiere tener realidad aumentada a través de gafas y mandos sería superior debido a que se ha de comprar el equipo necesario.

## 8. Presupuesto

En este apartado se explicarán los costes que supondría llevar a cabo este proyecto. Para elaborar el presupuesto se han tenido en cuenta los parámetros que se explican a continuación y que se pueden ver reflejadas en la tabla de forma desglosada más adelante.

Como instrumentos de trabajo se considerarán el precio de un láser escáner como el que hemos utilizado, además de todo el material utilizado den campo. También se tendrá en cuenta el coste del ordenador que se utiliza en el laboratorio que ha de ser muy potente para poder reducir los tiempos de renderizado y la posibilidad de cargar modelos complejos. Así mismo se tendrán en cuenta los costes de las licencias de todos los programas.

Para el caso de las texturas y materiales empleados hemos utilizado bibliotecas gratuitas, pero si se desean unos resultados más realistas tal vez se deba de hacer uso de texturas de pago. Puesto que en este caso no se han tenido en cuenta no se consideran para la elaboración del presupuesto.

Respecto al coste de mano de obra para la elaboración de este proyecto hemos de consultar el sueldo base según el **Convenio colectivo** para el caso de las **Empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos**. Podemos encontrar este convenio en la página web oficial del **Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball** siguiendo la siguiente ruta **Normativa > Convenios colectivos > Listado de convenios > Empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos** en este caso figura en la tabla salarial del **Boletín Oficial del Estado del Viernes 18 de octubre de 2019**. En la Tabla 8.1 adjunta podemos ver las diferentes categorías salariales, así como el cómputo anual entre los años 2019 y 2020. Según dicha tabla y teniendo en cuenta que se han realizado los estudios de Graduado en **Ingeniería Geomática y Topografía** y el **Máster en Geomática y Geoinformación** nos podemos ubicar en la categoría salarial primera, **LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.er CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA**. Para la elaboración del presupuesto, evidentemente, se tiene en cuenta el computo del año 2020.

Año 2019

Niveles	Tabla salarial según art. 33		Plus convenio anual según art. 38 convenio	Total anual
	Mes x 14	Anual		
1 LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA	1.699,67	23.795,38	2.269,69	26.065,07
2 DIPLOMADOS Y TITULADOS 1.º CICLO UNIVERSITARIO. JEFE SUPERIOR	1.271,96	17.807,44	2.269,69	20.077,13
3 TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO, JEFE DE 1.º Y PROGRAMADOR DE ORDENADOR	1.226,53	17.171,42	2.269,69	19.441,11
4 DELINEANTE-PROYECTISTA, JEFE DE 2.º Y PROGRAMADOR DE MAQ. AUXILIARES	1.124,49	15.742,86	2.269,69	18.012,55
5 DELINEANTE, TÉCNICO DE 1.º, OFICIAL 1.º ADMTVO. Y OPERADOR DE ORDENADOR	993,69	13.911,66	2.269,69	16.181,35
6 DIBUJANTE, TÉCNICO DE 2.º, OFICIAL 2.º ADMTVO., PERFORISTA, GRABADOR Y CONSERJE	856,11	11.985,54	2.269,69	14.255,23
7 TELEFONISTA-RECEPCIONISTA, OFICIAL 1.º OFICIOS VARIOS Y VIGILANTE	827,40	11.583,60	2.269,69	13.853,29
8 AUXILIAR TÉCNICO, AUX. ADMTVO., TELEFONISTA, ORDENANZA, PERSONAL DE LIMPIEZA Y OFICIAL 2.º OFICIOS VARIOS	770,11	10.781,54	2.269,69	13.051,23
9 AYUDANTE OFICIOS VARIOS	737,88	10.330,32	2.269,69	12.600,01

Año 2020

Niveles	Tabla salarial según art. 33		Plus convenio anual según art. 38 convenio	Total anual
	Mes x 14	Anual		
1 LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA	1.712,42	23.973,88	2.349,69	26.323,57
2 DIPLOMADOS Y TITULADOS 1.º CICLO UNIVERSITARIO. JEFE SUPERIOR	1.291,04	18.074,56	2.349,69	20.424,25
3 TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO, JEFE DE 1.º Y PROGRAMADOR DE ORDENADOR	1.244,93	17.429,02	2.349,69	19.778,71
4 DELINEANTE-PROYECTISTA, JEFE DE 2.º Y PROGRAMADOR DE MAQ. AUXILIARES	1.141,36	15.979,04	2.349,69	18.328,73
5 DELINEANTE, TÉCNICO DE 1.º, OFICIAL 1.º ADMTVO. Y OPERADOR DE ORDENADOR	1.019,82	14.277,48	2.349,69	16.627,17
6 DIBUJANTE, TÉCNICO DE 2.º, OFICIAL 2.º ADMTVO., PERFORISTA, GRABADOR Y CONSERJE	878,63	12.300,82	2.349,69	14.650,51
7 TELEFONISTA-RECEPCIONISTA, OFICIAL 1.º OFICIOS VARIOS Y VIGILANTE	849,16	11.888,24	2.349,69	14.237,93
8 AUXILIAR TÉCNICO, AUX. ADMTVO., TELEFONISTA, ORDENANZA, PERSONAL DE LIMPIEZA Y OFICIAL 2.º OFICIOS VARIOS	790,36	11.065,04	2.349,69	13.414,73
9 AYUDANTE OFICIOS VARIOS	757,29	10.602,06	2.349,69	12.951,75

coe: BOE-A-2019-14817  
Verificable en <http://www.boe.es>

Tabla 8.1 Tablas salariales  
Fuente: Boletín Oficial del Estado del Viernes 18 de octubre de 2019

A continuación, podemos encontrar el desglose de los precios y el presupuesto final detallado en la Tabla 8.2. Para la elaboración del presupuesto se han tenido en cuenta todos los parámetros antes explicados.

	VALOR	Nº PAGAS	TOTAL
Sueldo base	1.712,42 €	14	23.973,88 €
Plus de Convenio	2.349,69 €		2.349,69 €
SUELDO BRUTO ANUAL			26.323,57 €
<b>COSTE POR HORA</b>			<b>14,69 €</b>

Material	
Láser escáner	13.916,93 €
Esféras imantadas (set de 6 esferas)	599,00 €
Ordenador de sobremesa	1.262,53 €

Software	
Licencia Trimble Real Works	7.169,33 €
Licencia Agisoft Metashape Professional	5.912,93 €
Blender (gratuito)	- €
Paquete Office	18,99 €

Mano de obra			
500h de técnico Graduado + Máster	14,69€	500	7.344,75 €
<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>36.224,45 €</b>

Tabla 8.2 Presupuesto del proyecto

## 9. Conclusiones

El objetivo del proyecto era crear un modelo tridimensional de las ruinas de *El Tòs Pelat de Moncada* además de realizar una recreación para ver como debieron ser las ruinas originalmente. La idea de elaborar este modelo de las ruinas es para que pueda servir posteriormente como material útil para arqueólogos y/o restauradores, ya sea con fines divulgativos, de documentación o de estudio del estado del monumento y control de cambios.

Como se comentaba a lo largo de todo el trabajo, el avance tecnológico ha hecho que sea imprescindible poder digitalizar todo lo que nos rodea y compartirlo en formatos compatibles. Guardar un repositorio en la nube, y no sólo por escrito y de forma material, garantizan la preservación de nuestros bienes culturales. No olvidemos el caso del incendio *Notre Dame* en París, si no fuera por la documentación digital que se ha realizado las futuras generaciones tal vez no serían capaces de conocer cómo eran. Como este caso ha habido muchos a lo largo de la historia y lamentablemente, habremos perdido mucho de los conocimientos debido a la falta de documentación. La combinación de las diferentes tecnologías es algo sumamente importante. Gracias a la geomática y la fotogrametría podremos obtener modelos digitales 3D precisos y georreferenciados.

Para este proyecto en concreto, con los datos tomados y la técnica empleada, se ha podido generar un modelo tridimensional y una recreación de las ruinas de *El Tòs Pelat de Moncada* para el cual se proponen diversas maneras de difusión, entre ellos, la elaboración de una página web que se ha llevado a cabo. El resultado obtenido del modelo de las ruinas es mejorable ya que no se consigue reflejar el detalle deseado. Por un lado, tenemos que las texturas, es decir la información de las imágenes, es algo pobre por lo que no conseguimos el nivel de detalle que se planteaba en un momento inicial. Esto puede ser debido a que la cámara del láser escáner tal vez este dañada o que esté mal calibrada. Para mejorar la visualización de las texturas se planteó una salida con cámara fotográfica a campo a tomar imágenes de las paredes de las ruinas, pero dado a la situación actual finalmente no se llevó a cabo. Por otro lado, en el propio modelo se han encontrado diversas zonas de sombras y puntos de errores bastante graves, que en la mayoría de los casos se han podido solucionar. Quizás una dedicación aún mayor podría dar lugar una malla más pulida y por lo tanto a un modelo mejor. Otra manera de mejorar el modelo sería no simplificarlo tanto, pero el coste computacional para el ordenador sería muy elevado, lo cual haría que la tarea de rectificación de la malla sea más tediosa.

Respecto a los motivos por los que me he decidido para hacer este proyecto, a parte de la finalización de los estudios de máster, ha sido para poder crear un producto que posteriormente resulte útil, y que no acabe guardado y olvidado en un cajón. Además de que a lo largo de la carrera he descubierto lo apasionante y enriquecedor que pueden ser esta clase de trabajos. Gracias al proyecto he podido ampliar mis conocimientos y tocar en mayor o menor medida casi todo lo aprendido a lo largo de mi paso por la universidad. Sin lugar a duda, no me gustaría dejarlo aquí, me gustaría poder seguir colaborando con el Museo cuando me sea posible, ya sea para este o para otros proyectos que se presenten.

## Bibliografía

- Bétera. (26 de Junio de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9tera>
- Blender Guru. (27 de Marzo de 2020). *How to Tile a Texture Without Repetition - Blender Tutorial*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=-VgtSL5ZpYc>
- Eme Uve. (18 de Marzo de 2020). *Quitar ruido y puntos blancos en Blender Tutorial Blender español para principiantes Elimina el ru*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=xO66nQ6-Ulc&t=601s>
- Fernández, R. B. (Abril, 2014). *MODELIZACIÓN 3D DE LA FACHADA PRINCIPAL DEL*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía - Universidad Politécnica de Madrid.
- Hami Sertcan. (7 de Mayo de 2020). *Blender Stone Wall/ Blender Taş Duvar (Free Download)*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=65jU1AtSXXk&t=111s>
- INC, T. (Mayo 2017). *Trimble TX6/TX8 3D Laser Scanner | User guide*. Sunnyvale, USA: Trimble.
- Materials, C. T.-P. (s.f.). *CC0 Textures - Public Domain PBR Materials*. Obtenido de <https://cc0textures.com/>
- Moncada. (05 de Septiembre de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Moncada>
- Pelat, E. T. (24 de Julio de 2019). *Ayuntamiento de Moncada*. Obtenido de <https://www.moncada.es/es/page/tos-pelat>
- Poblado ibérico amurallado del Tos Pelat. (25 de Enero de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Poblado\\_ib%C3%A9rico\\_amurallado\\_del\\_Tos\\_Pelat](https://es.wikipedia.org/wiki/Poblado_ib%C3%A9rico_amurallado_del_Tos_Pelat)
- Polyfjord. (10 de Marzo de 2020). *Tutorial: Quick Smooth Camera Movements in Blender*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=a7qyW1G350g&t=180s>
- Textures.com. (s.f.). *textures.com*. Obtenido de <https://www.textures.com/>
- THREE.js. (s.f.). *THREE.js*. Obtenido de <https://threejs.org/>
- Trimble RealWorks, S. A. (s.f.). *AllTerra Central: Surveying, Mapping/GIS + Marine Solutions*. Obtenido de <https://allterracentral.com/trimble-realworks-advanced.html>
- Trimble TX6 3D Laser Scanner, T. (s.f.). *Trimble Surveying Equipment Specialist Sales, Support, and Service*. Obtenido de <https://geomaticslandsurveying.com/product/trimble-tx6/>

TX6, T. (s.f.). *Trimble TX6 | Escaneo láser 3D | Trimble Geospatial*. Obtenido de <https://es-la.geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-tx6>

Unity. (s.f.). *Unity*. Obtenido de <https://unity.com/es>

Verge3D. (s.f.). *Soft8Soft*. Obtenido de <https://www.soft8soft.com/>



