

***Arqueología virtual y su utilidad en la actualidad.  
El claustro mayor del convento de San Agustín de Sevilla  
(S.XVI-XVII)***

*Autor: Alberto Morales Sanabria  
Tutor: Fernando De Amores Carredano*

*Grado de Arqueología  
Facultad de Geografía e Historia  
Universidad de Sevilla*





## Índice:

<u>Índice.....</u>	<u>1</u>
<u>Resumen.....</u>	<u>2</u>
<u>Palabras clave.....</u>	<u>2</u>
<u>Introducción.....</u>	<u>2</u>
<u>Objetivos.....</u>	<u>3</u>
<u>Metodología.....</u>	<u>3</u>
<u>Capítulo 1: La arqueología virtual.....</u>	<u>3</u>
Desarrollo de la disciplina	
La Arqueología Virtual en el contexto nacional	
Usos de la arqueología virtual	
<u>Capítulo 2: El monasterio de San Agustín de Sevilla.....</u>	<u>14</u>
Antecedentes	
Evolución histórica	
Estado actual	
<u>Capítulo 3: reconstrucción 3D.....</u>	<u>19</u>
Metodología de la Reconstrucción virtual	
Flujo de trabajo y desarrollo	
Resultado de la reconstrucción virtual	
<u>Conclusiones.....</u>	<u>42</u>
<u>Agradecimientos.....</u>	<u>43</u>
<u>Bibliografía.....</u>	<u>44</u>
<u>Anexos.....</u>	<u>45</u>



## Resumen

La elección del tema de este trabajo de fin de grado responde a un interés tanto por acercar al lector al panorama de la Arqueología Virtual y las aplicaciones que tiene en la actualidad, como hacer un pequeño análisis de uno de los bienes patrimoniales de la ciudad de Sevilla como es el Monasterio de San Agustín, enlazando ambos temas con la reconstrucción 3D del claustro mayor de dicho monumento, el cual, debido a su interés histórico-arqueológico y su estado de conservación, resulta un ejemplo interesantes para este escrito y permitirá ejemplificar un flujo de trabajo, toma de decisiones, problemas y resultados.

Tras la elaboración de este trabajo se han obtenido unos resultados óptimos tanto en la elaboración de una síntesis de la situación actual de la arqueología virtual, una redacción de la trayectoria del monumento estudiado desde su fundación hasta su estado actual y la hipótesis de desarrollo futuro más próximo y también se ha conseguido generar una hipótesis reconstructiva del claustro mayor que muestra podría haber sido este espacio entre los siglos seleccionados y que esperamos no sirva solo a los lectores de este documento para poner en valor las técnicas empleadas o el propio claustro sino que repercuta en la comunidad para que disfrute de él y sirva para tener una mejor visión de uno de los lugares históricos de la ciudad de Sevilla que, lamentablemente, se ha visto privado durante muchos años de su uso público.

## Palabras clave

Monasterio de San Agustín, Arqueología Virtual, Extended Matrix, Reconstrucción 3D, Patrimonio, Virtualización.

## Introducción

La arqueología virtual es una corriente dentro de la disciplina arqueológica que ha tenido un gran desarrollo en los últimos años debido a los avances tecnológicos, los cuales han conseguido que se pueda obtener un mayor rendimiento.

En este trabajo se pretende explicar cuál ha sido el desarrollo de esta corriente, que usos tiene y que puede aportar a la disciplina arqueológica y en qué estado se encuentra esta corriente dentro del ámbito tanto estatal como local para conocer qué proyectos, ofertas académicas o iniciativas existen actualmente.

Para expresar y comprender mejor las técnicas de esta corriente hemos decidido realizar la reconstrucción de un elemento patrimonial local del cual previamente se hará una explicación para que, antes de llegar al modelo 3D, animaciones, o infografías que se desarrollen, podamos entender cuál ha sido la trayectoria de este monumento a lo largo de la historia, porque se han elegido los datos arqueológicos que hemos seleccionado y no otros, cuál es el estado actual del



emplazamiento, por qué es necesaria llevar a cabo una labor de virtualización arqueológica y cuáles son los beneficios que se pueden conseguir con ella.

## Objetivos

El objetivo de la investigación es describir y explicar qué es la arqueología virtual y que puede aportar a la práctica arqueológica, para lo cual, se han marcado una serie de subobjetivos, a saber:

- Definir los conceptos básicos referentes a la arqueología virtual.
- Explicar el desarrollo de esta corriente hasta la actualidad
- Desarrollar un modelo 3D que sirva como ejemplo para entender las distintas técnicas de esta corriente y ayude a entender las ventajas de utilizarla.
- Analizar las distintas fases históricas del monasterio de San Agustín para entender mejor el modelo 3D generado, así como los datos histórico-arqueológicos seleccionados.
- Criticar y explicar los resultados obtenidos.

## Metodología

Este trabajo se ha dividido en tres capítulos, en primer lugar, encontramos un capítulo dedicado a la Arqueología Virtual, un segundo capítulo dedicado a una introducción del Monasterio de San Agustín de Sevilla y un tercer capítulo dedicado a la reconstrucción virtual del monumento anteriormente citado.

Se ha entendido que lo referente a la metodología empleada en el tercer capítulo de este documento tiene más sentido que se explique en un apartado concreto más adelante por lo que en este apartado se informará cuál ha sido la utilizada en el primer y segundo capítulo.

Para la elaboración de sendos capítulos se ha procedido a una recopilación bibliográfica donde el autor, consultando y comparando distintas fuentes ha procedido a resolver las preguntas que creía más importantes para cada tema como, por ejemplo, ¿Qué es la Arqueología Virtual?, ¿Cómo se desarrolla hasta llegar a la actualidad?, ¿Qué puede aportar?, ¿Qué es el Monasterio de San Agustín?, o ¿En qué estado se encuentra dicho bien patrimonial?, entre muchas otras.

Las fuentes anteriormente mencionadas han consistido en artículos y publicaciones mayoritariamente en formato digital extraídos de repositorios como researchgate o academia.edu entre otros.



## Capítulo 1: La arqueología virtual

En la primera parte de este trabajo vamos a comentar algunos aspectos sobre la Arqueología Virtual, desde la aparición de su término hasta su proyección en la actualidad, pasando por algunos elementos importantes como la carta de Londres o los Principios de Sevilla. Posteriormente, se expondrán algunos ejemplos de esta disciplina en el ámbito nacional para concluir expresando cuáles son los usos de esta joven disciplina.

En cuanto al término “Arqueología virtual”, la primera persona en emplearlo fue Paule Reilly quien, en 1990, lo definió como un “grupo de técnicas computacionales que permiten la visualización 3D y la representación virtual realista de objetos y edificios cuyos restos hemos perdido o se encuentran en tan mal estado de conservación como para hacer imposible o muy difícil su interpretación” (Reilly, 1990).

Posteriormente encontramos la aparición de otros autores como Forte, Barceló o Sanders, que a partir del año 2000 empezaron también a desarrollar escritos sobre la Arqueología Virtual y también sobre la ciberarqueología, de lo que hablaremos más adelante.

Con el paso del tiempo y debido al crecimiento exponencial de la tecnología en los primeros años del siglo XX, fue necesario, por un lado, redefinir el término de arqueología virtual que se encontraba desfasado, y, por otro lado, establecer una serie de principios que dotarán a esta disciplina de un mayor carácter científico y conseguir una mayor rigurosidad en la práctica.

En este contexto, en agosto de 2006 se publica la Carta de Londres con el título “The London Charter for the Use of 3D Visualisation in the Research and Communication of Cultural Heritage” la cual fue modificada posteriormente en 2009. En este documento se establecen los principios y directrices para el uso de tecnologías de visualización virtual para la preservación, investigación y difusión del patrimonio cultural. Los seis principios establecidos son: Implementación, Propósito y métodos, Fuentes de la investigación, Documentación, Sostenibilidad y Acceso. Además, al final de este se encuentra un glosario con la definición de algunos de los términos empleados en ella como los “paradatos”, la “transparencia intelectual” o la “visualización computarizada entre otros.

En cuanto a los principios descritos en la Carta de Londres realizaremos una pequeña descripción de cada uno de ellos con la idea también de compararlos con los principios desarrollados en su sucesor, “Los principios de Sevilla”.

El primero de ellos, como aparece reflejado anteriormente, es el principio de implementación el cual, indica que lo expuesto en la Carta de Londres es aplicable en cualquier ámbito que se usen las labores de virtualización teniendo al patrimonio cultural como sujeto de dichas labores.



En segundo lugar, el principio de Propósito y métodos hace referencia a que no siempre debe usarse el método de virtualización, sino que este debe emplearse cual sea el método más idóneo disponible tanto para la investigación como para la divulgación patrimonial.

Seguidamente, el principio de Fuentes de investigación se preocupa por asegurar la integridad intelectual de los métodos y resultados, haciendo hincapié en las fuentes empleadas para la realización de estos trabajos.

Por otro lado, el principio de Documentación sigue la misma línea del principio anterior argumentando la necesidad de recopilar suficiente información y de suficiente calidad, para que además esta pueda ser evaluada.

Como sexto principio encontramos la Sostenibilidad, es decir, que los trabajos realizados en temas de virtualización puedan desarrollarse y mantenerse en el tiempo.

Finalmente, encontramos el principio de accesibilidad, que, como su nombre indica, se preocupa porque el resultado obtenido pueda servir a “mejorar el estudio, comprensión, interpretación, conservación y gestión del patrimonio cultural”.

Como ya adelantábamos anteriormente, a principios de la década siguiente, en el año 2012 se redactan de manera definitiva “Los Principios de Sevilla”, gracias al trabajo de la Sociedad Española de Arqueología Virtual. Este documento eleva a 8 los principios de la disciplina, entre los cuales encontramos los principios de interdisciplinariedad, finalidad, complementariedad, autenticidad, rigurosidad histórica, eficiencia, transparencia científica y formación y evaluación.

Desarrollando un poco cada uno de estos principios:

En primer lugar, la interdisciplinariedad hace referencia al trabajo de equipos formados por profesionales y especialistas en varios campos como la arqueología, la restauración o la arquitectura entre muchos otros trabajando en equipo para que se produzca un intercambio de ideas y opiniones entre los distintos ámbitos de manera que el proyecto se vea enriquecido y se pueda realizar un trabajo mucho más completo. Este término de interdisciplinariedad o multidisciplinariedad es algo que en arqueología se lleva poniendo tiempo poniéndose en práctica desde la llegada del postprocesualismo, realizando trabajos con geólogos, historiadores, biólogos, físicos y muchos otros profesionales que ayudan a elaborar un discurso mucho más sólido y lógico científicamente.

Por otro lado, el principio de finalidad hace referencia a la necesidad de precisar los objetivos del proyecto y cuál es el problema que pretendemos resolver. Esta finalidad ira enmarcada en uno de los 4 usos que se definirán más adelante como son la investigación, la documentación, la conservación y la difusión.

Seguidamente, el principio de complementariedad, indica que los trabajos realizados por parte de la arqueología virtual serán siempre un complemento que aporte al bien original, no un instrumento que sustituya a otros métodos de gestión tradicionales salvo en ocasiones excepcionales como que el original este destruido o que haya un riesgo de deterioro entre otros motivos.

El cuarto principio que encontramos es el principio de autenticidad, por el cual se indica que se tiene que poder distinguir entre el bien patrimonial original y su versión digital. En este sentido una herramienta increíblemente útil que se lleva utilizando desde hace unos años es la escala de evidencia histórico-arqueológica (Fig. 1), con la cual, mediante una gradiente de colores fríos a cálidos se deja patente tanto la trazabilidad científica del modelo como también se informa por ejemplo de que partes se corresponden a restos arqueológicos reales existentes, cuales a fuentes históricas o cuales son hipótesis del autor.

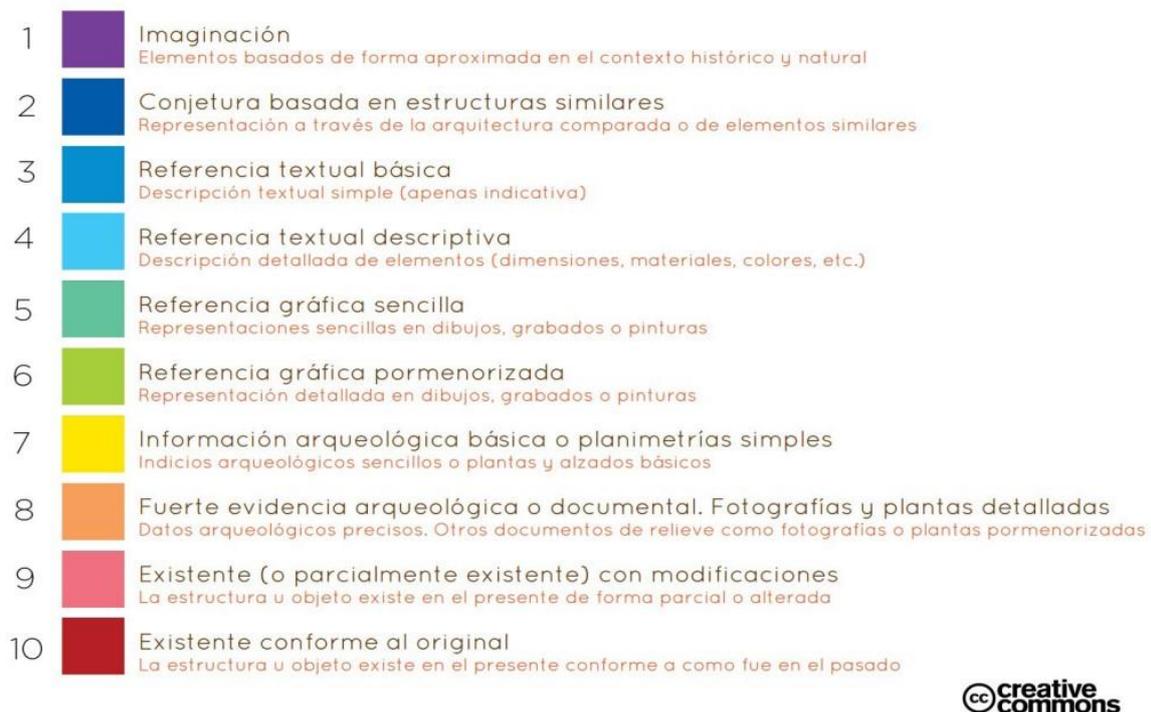


Fig.1. Escala de evidencia histórico-arqueológica. Resco y Figueiredo, 2017.

Posteriormente encontramos el principio sobre el rigor histórico, el cual, como su propio nombre indica hace referencia a la necesidad de elaborar una sólida investigación y documentación que doten a la virtualización de hipótesis firmes y respaldadas.

En cuanto al sexto principio, la eficiencia, es decir, los proyectos tienen que ser sostenibles económica y tecnológicamente, obteniendo el mejor resultado con la menor cantidad de recursos posibles. Para ello, uno de los factores más importantes será desarrollar una correcta planificación.



Otro de los principios que propone este documento es el de la Transparencia científica, algo fundamental en la virtualización ya que debe ser revisable y contrastable por otros profesionales como en cualquier disciplina científica, siendo fundamental confirmar o refutar los resultados obtenidos. Para ello es importante no solo la publicación en libros, revistas científicas y otros medios sino también la incorporación de metadatos.

Por último, encontramos el principio de Formación y evaluación, por el cual, se anuncia que la arqueología virtual es una disciplina que necesita un programa de formación específica como por ejemplo el ofrecido por la Universidad de Alicante. Para evaluar los proyectos de virtualización se emplearán estudios de público en cuanto a las labores de divulgación mientras que para labores de investigación, documentación y conservación se emplearán evaluaciones por pares, congresos y otros métodos compartidos con otras disciplinas científicas. Es importante destacar también que la calidad final de un proyecto no se medirá por la vistosidad del mismo sino por el rigor científico y el grado de cumplimiento de los principios propuestos en 2016 en Sevilla.

Los principios de Sevilla también incluyen, aunque en esta ocasión al principio, un glosario donde se definen nuevos términos relacionados con la disciplina que era muy importante aclarar como la diferenciación entre restauración virtual, reconstrucción virtual y recreación virtual, términos que aun hoy en día se siguen empleando equívocamente como sinónimos.

Otro detalle importante de este glosario es la aparición de una nueva definición de arqueología virtual: “Es la disciplina científica que tiene por objeto la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico” (Principios de Sevilla, 2012). 22 años después de la definición de Reilly encontramos una nueva explicación de la Arqueología Virtual, donde ya se define como una disciplina científica no solo como un grupo de técnicas, haciendo referencia a una metodología científica y no se limita únicamente a “la visualización y representación virtual de objetos y edificios” sino a “la investigación y desarrollo” para aplicar estas técnicas “a la gestión integral del patrimonio arqueológico”. dándole una mayor profundidad y ampliando considerablemente los objetivos de la Arqueología Virtual.

Nos ha parecido interesante realizar una pequeña comparación entre La Carta de Londres y Los Principios de Sevilla ya que ambos documentos intentan proponer una “regularización” en la disciplina y también expresan una preocupación por la veracidad y valor científico de los proyectos realizados.

En este sentido, una de las primeras diferencias entre ambas es la aportación de nuevos objetivos como “generar criterios fácilmente comprensibles y aplicables por toda la comunidad de expertos”, “establecer principios y criterios que sirvan para medir los niveles de calidad de los proyectos” o “abrir nuevas puertas a la aplicación de métodos y técnicas digitales de investigación, conservación e interpretación arqueológica” (Principios de Sevilla, 2012).



Siguiendo con las diferencias entre sendos documentos, la mayor de ellas la encontramos en referencia a los propios principios, tanto en número; 6 en la Carta de Londres y 8 en los principios de Sevilla, como en su contenido, ya que ninguno de los principios del primer documento aparece repetido en el segundo pero sí que se observa la presencia de alguno de ellos dentro de los nuevos principios expuestos como por ejemplo los referentes a las fuentes de la investigación y la documentación, los cuales aparecen los Principios de Sevilla como parte de la rigurosidad histórica, otros como el de implementación se han dado por supuestos y, finalmente, hay algunos como la transparencia científica (si aparece en el glosario pero no en los principios) y la formación y evaluación que han sido añadidos sin que hubiesen ningún precedente en la Carta de Londres.

Por último, los Principios de Sevilla también añaden un nuevo acopio de definiciones entre las que encontramos una definición actualizada de la arqueología virtual o la diferencia entre reconstrucción y recreación virtual, además de la ya mencionada nueva definición de la Arqueología Virtual.

Otro aspecto importante que hay que mencionar son la publicación de una serie de cartas y declaraciones internacionales que se inicia con la Carta de Atenas de 1931, que intentan regularizar las intervenciones y actuaciones en los bienes patrimoniales, así como las labores de restauración. Estos documentos son conocidos como Cartas del Restauo, y cada una recibe el nombre de lugar donde fueron realizadas.

Estas cartas, en un primer momento fueron orientadas a hacia la restauración y conservación física de los elementos ya que la disciplina virtual aun no se había establecido, pero, con el paso de los años, esta disciplina se incluye también en estas labores.

Esta diferenciación entre físico y digital es importante remarcarla ya que la arqueología Virtual incorpora mucha terminología tanto de la restauración como la a propia arqueología tradicional y otras ramas del conocimiento. Algunos de estos elementos los encontramos por ejemplo en los procesos de “Anastilosis Virtual”, o al elaborar la Extended Matrix, que será explicada con posterioridad, al hablar de unidades estratigráficas virtuales, o unidades reconstructivas.

Como ya hemos comentado con anterioridad, a raíz de los principios de Sevilla, en España se desarrolla mucha actividad relacionada con la Arqueología Virtual. Un organismo importante que destacar dentro de este contexto y que ya ha sido mencionado varias veces en este texto es la Sociedad Española de Arqueología Virtual, SEAV. Se trata de una organización sin ánimo de lucro fundada en 2008, con Alfredo Grande León como presidente y que en un primer momento está formada por 9 grupos de investigación de universidades españolas, una cifra que para 2013 se eleva a 28 grupos de investigación de 25 universidades, 23 empresas dedicadas a la arqueología virtual, musealización, interpretación del patrimonio virtual entre otros. Este aumento en poco más de 4 años refleja la acogida e implicación de esta sociedad con la disciplina provocando ese crecimiento exponencial. Entre sus labores también destacan la realización de congresos entre los cuales destaca arqueológica 2.0, un congreso internacional con sede en Sevilla. En 2020 realizaron por última vez su Máster sobre “Arqueología y



Patrimonio Virtual: Patrimonio en la era Digital”, a partir de este momento no se ha encontrado más actividad sobre esta asociación.

En la actualidad siguen desarrollándose propuestas importantes relacionadas con esta disciplina de las cuales hemos seleccionado dos relacionadas con la enseñanza, el máster de patrimonio virtual de la universidad de Alicante y Koré Formación, de la empresa 3D Stoa, la cual también será utilizada como ejemplo de empresa dedicada a la Arqueología Virtual.

En cuanto al máster de patrimonio virtual, se trata de un máster propio de la universidad de Alicante, que se encuentra en su séptima edición y el cual se desarrolla de manera online. Actualmente en su plan de estudios encontramos asignaturas como “ética y estrategias de intervención”, “métodos de captura 3D, fotogrametría digital” o “motores de juegos: Unreal Engine” entre otras.

El equipo docente del máster está formado por un equipo multidisciplinar de profesores entre los que se encuentran arqueólogos, arquitectos, ingenieros, conservadores o periodistas entre otros. Por poner algún nombre sobre la mesa, uno de estos docentes es Jaime Molina, catedrático de la Universidad de Alicante.

Esta institución no solo se dedica a la docencia en materia de Arqueología Virtual, sino que también realiza proyectos relacionados con esta disciplina como son la reconstrucción del Molí del Mànec, la recreación 3D de la Domus del Palmeral y su visualización en realidad virtual, o la documentación 3D del pecio Bou-Ferrer.

Por otro lado, encontramos a Koré Formación, una iniciativa que ofrece un amplio repertorio de cursos relacionados con la Arqueología virtual como reconstrucción virtual con Blender, introducción a la fotogrametría, fotogrametría avanzada u optimización y postproceso de modelos 3D fotogramétricos entre otros.

De entre los profesionales que imparten esos cursos destacar la presencia de Pablo Aparicio y Néstor F. Marqués, dos de los fundadores de la plataforma, los cuales tienen un extenso y prestigioso curriculum en la disciplina.

Tanto Aparicio como Marqués forman parte también de 3D Stoa, una PYME fundada en 2021 por los profesionales anteriormente citados junto con Miguel Fernández Díaz. Esta empresa se dedica íntegramente a trabajos relacionados con el patrimonio virtual como la documentación 3D, la creación de museos virtuales o el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual entre otras muchas labores.

Entre sus últimos trabajos destacan la creación de gemelos digitales mediante fotogrametría en varios museos de Euskadi, su participación en la creación de La Carta Arqueológica del Madrid Islámico y la creación de Alveus XR, un repositorio online de modelos 3D históricos realizados con un gran rigor histórico-arqueológico el cual se puede observar en cada una de las fichas técnicas de los modelos, donde podemos encontrar tanto paralelos históricos como bibliografía



que se ha empleado para la realización de estos modelos, los cuales pueden ser utilizados por otros profesionales para incluirlos en reconstrucciones y recreaciones virtuales. En la actualidad cuentan con dos grandes colecciones, una relacionada con el mundo romano y otra con la España renacentista. Alveus XR es un proyecto que cuenta con el apoyo del ministerio de cultura y deporte del gobierno de España gracias a las ayudas a la modernización e innovación de las industrias culturales.

Con el paso del tiempo y el desarrollo exponencial de la tecnología, los modelos y procesos virtuales han ido obteniendo cada vez mayor definición y calidad tanto en poligonaje como en textura, al contar con equipos más potentes y el desarrollo de nuevos softwares específicos como son el caso de Substance 3Dpainter para la creación de texturas, MakeHuman, para la creación de personajes o Marvelous Designer, para la creación de tejido, por poner algunos ejemplos.

Una de estas herramientas más destacadas en los últimos años para la trazabilidad científica que surge por la necesidad de representar las fuentes empleadas y la toma de decisiones en modelos 3D patrimoniales, La extended Matrix. Esta propuesta es desarrollada por el arqueólogo italiano Emanuel Demetrescu, el cual se apoya en los sistemas de matrices de Harris empleados en estratigrafía.

La Extended Matrix consiste pues en elaborar una relación estratigráfica entre los elementos conservados y aquellos reconstruidos y, además, permite incluir parámetros que hacen referencia al lugar de procedencia de la información seleccionada para elaborar la hipótesis de esta reconstrucción.

Para ello, se emplean unos nodos con diversas formas y colores, blanco para los objetos conservados, negro para las reconstrucciones, que se interrelacionan entre ellos como en una matriz de Harris tradicional (Fig. 2). Además, incluye también unos nodos de validación que sirven para representar en el diagrama cuales son esos parámetros donde encontramos que información se ha obtenido para cada una de las partes reconstruidas en una escena (Fig. 3).

Además, este proceso no queda únicamente limitado a ese diagrama, sino que se puede representar gráficamente en el modelo mediante unas escalas de colores enlazando esa matriz con el modelo de blender (Fig. 3) mediante un add-on.

Finalmente, vamos a comentar cuales son los usos que puede tener la Arqueología Virtual en lo relacionado al patrimonio. Para ello, vamos a partir de una cita de SEAV sobre cuál era la finalidad de esta sociedad y a partir de ahí profundizaremos en cada uno de los usos que se plantean.

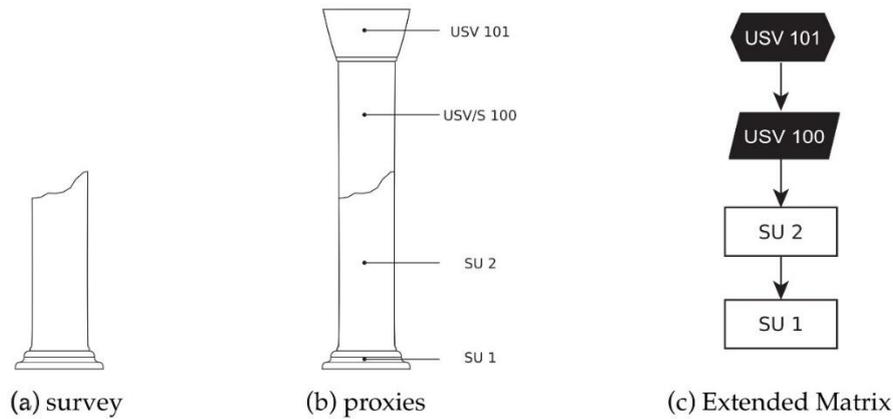
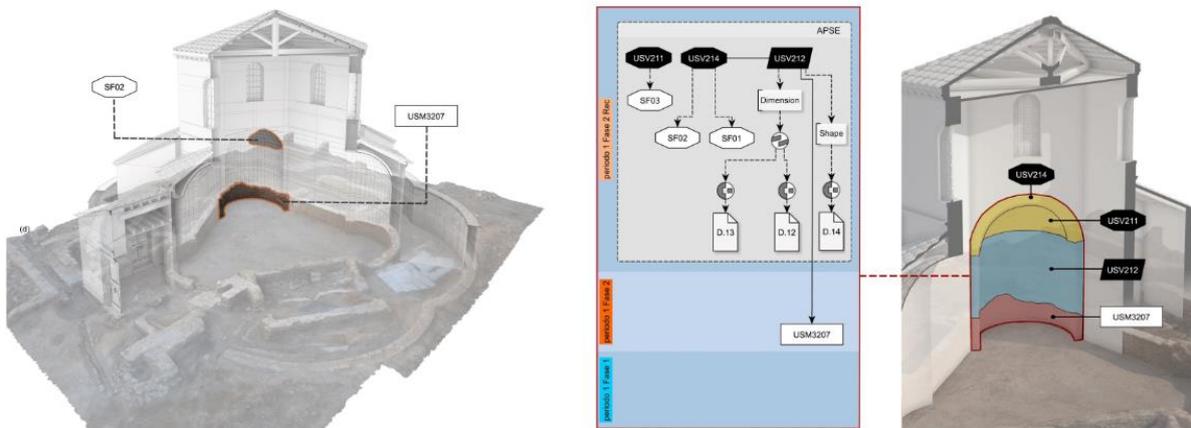


Fig. 2. Ejemplo básico del diagrama de una Extended Matrix. Demetrescu y Ferdani, 2021.



APSE	PROPERTIES	INFOS	INTERPRETATION	SOURCES
USV 212	EXISTENCE: SHAPE: DIMENSION: MATERIAL:	CERTAIN APSE DIAM. 16 Ft HEIGHT. 24 Ft LIMESTONE + WHITE PLASTER	EVIDENCES COMPARISONS 3D SURVEY DEDUCTION EVIDENCES	USM 3207 LATE ROMAN BUILDING (D.14) 3D MODEL (D.12) THEORY OF PROPORTION (D. 13) USM 3207 ( <i>IN-SITU</i> ) – EA 01 ; EA 2 ( <i>NON-IN-SITU</i> )

Fig. 3. Ejemplo de Extended Matrix donde podemos observar tanto el diagrama como las escalas de colores en la reconstrucción sobrepuesta del modelo fotogramétrico real. Demetrescu y Ferdani, 2021.

“SEAV persigue como finalidad promover la investigación, documentación, preservación y difusión del patrimonio arqueológico acorde con el desarrollo tecnológico que el siglo XXI nos presenta” (<https://knowmetrics.org/humanidadesdigitales/sociedad-espanola-de-arqueologia-virtual-seav/>).

A partir de la afirmación anterior podemos obtener cuatro usos fundamentales de la arqueología virtual: Investigación, documentación, conservación (preservación) y difusión.

Según Manuel Guzmán y Bert Verstappen, “la documentación es un proceso compuesto por varias tareas” como “determinar cuál información es necesaria e identificar los medios para adquirirla, registrar la información descubierta y almacenarla en los contenedores apropiados



[...], organizar los documentos para hacerlos más fácilmente accesibles” y “transmitir de manera de manera concreta los documentos a los usuarios que tienen necesidad de información a cualquier parte específica de este proceso” (Guzmán y Verstappen, 2002).

Trasladando esta definición a la disciplina que se trata en este trabajo podríamos decir que la documentación en Arqueología Virtual consiste en la elaboración de gemelos digitales de los restos arqueológicos intervenidos, así como informes donde se recoja información útil y necesaria sobre los mismo. También, estos gemelos deben ser sometidos a un proceso de optimización y postproceso que no afecte al rigor científico (pérdida de geometría en la malla generada, variaciones en los colores de elemento analizado, etc.) y que permita y transmitirlo mediante repositorios de modelos 3D para que puedan servir a otros investigadores a desarrollar sus labores, especificando que se trata de una documentación y no de un modelo divulgativo. Actualmente, para realizar estas labores de documentación las técnicas más empleadas son la fotogrametría digital, ya sea terrestre o mediante dron, y el escaneado laser.

Partiendo de este proceso de documentación y generación de gemelos digitales llegamos a los dos siguientes usos propuestos; la conservación y divulgación del patrimonio.

La conservación queda ligada al propio proceso de documentación ya que mediante la generación del gemelo digital se produce una réplica del bien patrimonial que se está interviniendo, conservando así su estructura, formación, materiales empleados y estado de conservación entre otros muchos datos.

También, conservación, la Arqueología Virtual permite crear impresiones 3D de buena calidad que permitan sustituir algunos bienes mientras estos son tratados o, colocar estas replicas en el lugar original para aguantar mejor las inclemencias del tiempo y conservar el original en algún museo o institución oficial dedicada al patrimonio, pudiendo conservar el bien patrimonial pero también permitiendo comprender el contexto original del resto histórico. Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por Néstor Marques en el acueducto de Segovia en 2019 donde se generó un gemelo digital de la virgen que se encontraba en una hornacina, se imprimió en resina y se colocó en el lugar que ocupaba anteriormente la escultura original del siglo XVI, la cual fue limpiada y consolidada y desde entonces se encuentra en la Real Casa de la Moneda segoviana.

En lo referente a la divulgación, este es uno de los usos más conocidos de esta disciplina ya que permite recrear o reconstruir monumentos que a simple vista en el terreno o en imágenes podrían ser complicados de entender por la sociedad, además sirve como elemento para democratizar el patrimonio, haciéndolo más accesible a personas que por condición física o por cualquier otro motivo no puedan acceder con facilidad a museos tradicionales, yacimientos arqueológicos o lugares históricos y que ahora tiene esa posibilidad gracias a iniciativas como la creación de museos virtuales.

También, en los museos tradicionales se pueden añadir estas mejoras incluyendo códigos Qr que permitan visualizar la reconstrucción de algunas piezas arqueológicas que se encuentren fragmentados, que hayan perdido su color original u otro tipo de causas. Un buen ejemplo de



institución que incluye estas técnicas es el Museo Arqueológico de Barcelona, el cual cuenta con gafas de realidad virtual en algunas de sus salas que permiten observar recreaciones de poblados y otros elementos históricos relacionados con la sala en la que se encuentra, ayudando así al visitante a formar una idea más concreta y a contextualizar mejor la información que se le ha ofrecido durante su visita.

Esta divulgación también se aplica a la enseñanza de la historia en los colegios, institutos y universidades tal y como expresa M<sup>a</sup> Pilar Rivero Gracia, “tras más de veinte años de trabajo en arqueología virtual/ciberarqueología, las reconstrucciones 3D se han convertido en un recurso frecuente y accesible para la didáctica y difusión del patrimonio arqueológico” (Rivero Gracia, 2011).

Por último, en cuanto a la investigación, como ya se ha comentado anteriormente, la arqueología Virtual se desarrolla como una disciplina científica a partir de los Principios de Sevilla por lo que una de sus intenciones más fundamentales es la investigación de los restos arqueológicos participando en proyectos de investigación con equipos multidisciplinares donde trabaje con otras disciplinas siguiendo una metodología científica. A nuestro parecer esta labor de investigación de la Arqueología Virtual se formaría con la agrupación de todos los usos ya mencionados anteriormente ya que todos se pueden dar dentro de un proyecto de investigación, desde la documentación mediante fotogrametría digital de los restos estudiados, su conservación como gemelo digital y su difusión en un artículo científico que permita transmitir las ideas expuestas por el equipo de investigación apoyando las hipótesis planteadas por el mismo.

Se entiende que se pueden realizar labores de divulgación y conservación mediante Arqueología Virtual que no tengan un carácter científico, pero no se entiende a la inversa, es decir, una actividad de esta disciplina de carácter de investigación que no contemple la conservación de los bienes patrimoniales intervenidos ni la divulgación de los resultados obtenidos.

Por último, nos parece importante hacer una pequeña diferenciación terminológica entre la arqueología virtual y la ciberarqueología ya que, aunque a veces se utilicen como sinónimos, realmente son prácticas enfrentadas, llegando al punto de que la ciberarqueología se plantea en contra del uso de reconstrucciones virtuales.

Ambas disciplinas tienen como figura importante al ya mencionado Maurizio Forte, quien para el año 2000 publicaba junto a Juan Barceló y Donald Sanders “Virtual reality in Archaeology” y que en 2010 publica “Cyber-Archaeology”, decantándose finalmente por esta última.

Para Forte, la Arqueología virtual es una disciplina visual y representativa orientada al fotorrealismo mientras que la ciberarqueología es digital, inmersiva, interconectiva y que genera un conocimiento enactivo, autopoyético y regido por las affordances.



Esta segunda disciplina está muy influenciada por la filosofía posmoderna y la puesta en duda de la veracidad científica por lo cual se niega que se puedan realizar reconstrucciones virtuales y sí que se realicen simulaciones

## Capítulo 2: El Convento de San Agustín

En la realización de este trabajo se ha creído conveniente incluir un capítulo para contextualizar el ejemplo de reconstrucción virtual que se ha realizado, además de ofrecer al lector los datos que se han empleado para la reconstrucción, como un primer indicador de veracidad y rigor científico. Este ejemplo no es otro que el Claustro Mayor del Convento de San Agustín de Sevilla entre los siglos XVI y XVII.

Se decidió también abarcar únicamente el sector del claustro mayor debido al tiempo de realización del trabajo y a la gran extensión que tendría el convento en la época seleccionada, la cual ha sido también elegida debido a que es la fecha de la que más restos se han encontrado en las intervenciones realizadas.

Como fuente principal se ha utilizado la memoria de intervención realizada por Fernando Amores en 2018, en la que se realizaron “Análisis de Estructuras Emergentes y Sondeos Arqueológicos en el Antiguo Convento de San Agustín (Sevilla)” (Amores Carredano, 2019).

El convento de San Agustín es un monumento reconocido como Bien de interés Cultural ubicado en el municipio de Sevilla más concretamente en la calle San Alonso de Orozco nº4 en la zona conocida como puerta de Carmona.

Esta construcción, también conocido como Casa Grande (Montero de Espinosa, 1817), se funda en 1292 en una zona extramuros de la ciudad, cercana a la puerta de Carmona de la muralla. Con anterioridad a la construcción del convento, en época almohade, encontramos una zona de viviendas colocadas a extramuros y, tras la conquista cristiana en 1248, se establece una agrupación de casas que servían como convento de religiosas, con el nombre de Sancti Spiritus. Posteriormente, el solar es comprado por Arias Yáñez de Carranza y su esposa doña Peregrina, quienes se lo entregan a los agustinos. (Amores Carredanos, 2019).

A partir del 15 de noviembre de 1347, la familia Ponce de León, con Pedro Ponce de León, se convirtieron en patronos del convento, contando con una zona de la capilla mayor para los enterramientos (Montero de Espinosa, 1817). Algunos símbolos de este patronato de los Ponce de León lo podemos observar en las ménsulas donde aparece el escudo familiar, las ménsulas de yeso con forma de león (Fig. 4) que, se comentaran posteriormente, aparecen en los arcos renacentistas ubicados en las esquinas del claustro, o también en algunos de los azulejos de Valladares donde vuelve a aparecer el escudo familiar (Fig. 5).



*Fig. 4. Ménsula de yeso ubicada en los arcos renacentista. Posee forma de león como referencia a los Ponce de León. Amores Carredano, 2019.*



*Fig. 5. Azulejo de Valladares donde aparece representado el escudo de los Ponce de León. Esta imagen ha sido tomada por el autor en el Palacio de la Condesa de Lebrija, 2023.*



El convento se mantiene sin muchos cambios, a excepción de la apertura de algunos vanos en el muro de la iglesia y en el muro Sur, hasta la segunda mitad del siglo XVI, donde ya encontramos la cronología en la que se enmarca nuestro trabajo.

Es en esta época cuando comienza a realizarse una reforma renacentista que durará hasta principios del siglo XVII. Durante este proceso se construyen el compás y la portada de Hernán Ruiz, se añade un primer piso en el claustro mayor, se reforma la iglesia y se coloca un zócalo de azulejos de Hernando de Valladares, ceramista trianero que también colocará azulejos similares en la iglesia del Monasterio de Santa Paula. Durante este proceso también se ciegan varios de los vanos del muro que comunicaba la iglesia con el claustro mayor.

La construcción del primer piso del claustro mayor llevó a que se redujera la altura de la galería original para poder sostenerlo pasando de tener un arco túbido a un arco de medio punto y se añaden también bóvedas de arista y ménsulas de yeso en los arcos de las esquinas. También era necesario un método de acceso hacia el nuevo piso por lo que en la esquina noreste se construyó una escalera monumental. (Amores Carredanos, 2019).

Pese a la reforma renacentista se mantuvieron algunos cambios de fases constructivas anteriores como el cuerpo de los pilares, los cuales si sufrirán una modificación a partir del terremoto de Lisboa. Por otro lado, entre la fundación y este proceso constructivo en el que nos centramos no encontramos una variación en la cota, la cual se encuentra a 8'32 metros, aproximadamente 1 m sobre el pavimento de dess almohade que pertenece al arrabal comentado anteriormente (Amores Carredano, 2019).

En cuanto a la extensión que tendría en convento tras esta reforma, la planimetría más antigua que se ha podido localizar data de 1835 (Fig. 6) y es realizado por León y Canales. Entre la planta del proceso histórico en el que estamos centrando este trabajo y la que aparece en el plano anteriormente citado solo se diferencia la construcción de la capilla de Sahagún que se realiza en 1661, por lo que se puede utilizar para entender la extensión del inmueble y las dependencias que tendría. Se ha localizado otro plano de 1850, que sirvió a María Teresa Pérez Cano y Javier Navarro de Pablos para elaborar una gran hipótesis reconstructiva del convento, pero no puede ser aplicada en nuestro caso ya que para ese momento el convento ya ha sido desamortizado, justo en 1835, y se han realizado grandes modificaciones arquitectónicas debido, entre otros sucesos, a la reconversión de este inmueble en Presidio Peninsular en 1837.

Acorde a este plano y la información que aparece en el Plan Especial de Protección, para finales del siglo XVI y principios del XVII encontramos en el convento algunos espacios como la iglesia, el claustro mayor, el refectorio, diecisiete capillas entre las que encontramos la capilla mayor, el compás, la portada de Hernán Ruiz II o una hospedería entre otros.

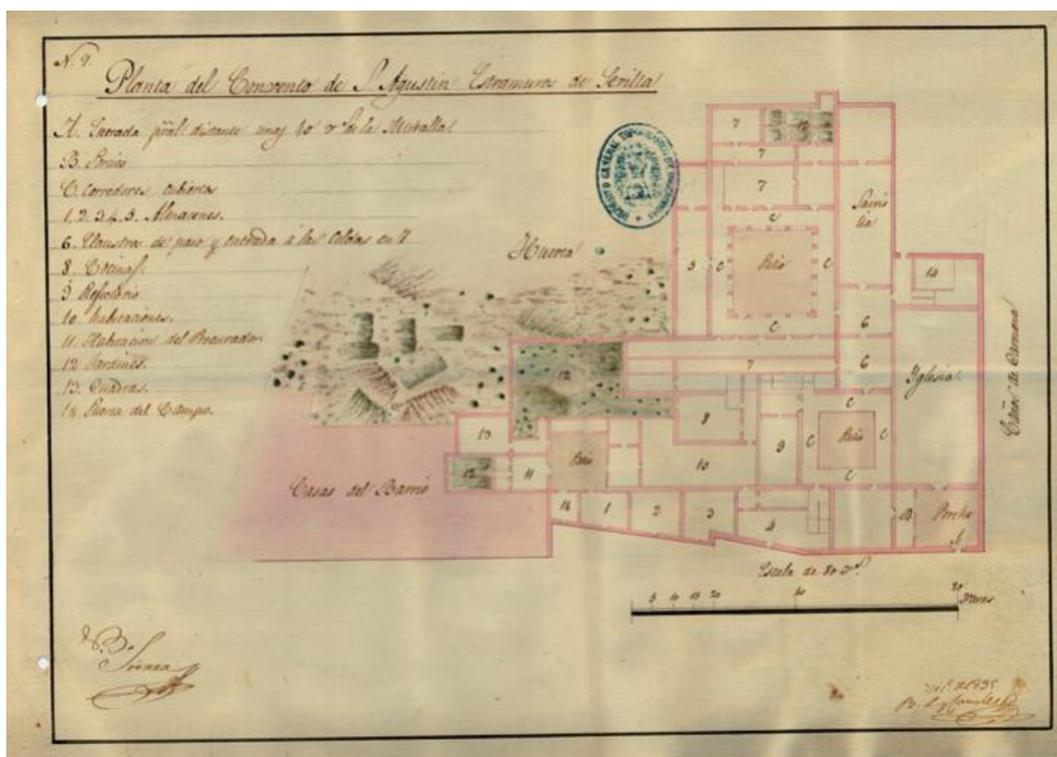


Fig. 6. Plano del Convento de San Agustín de Sevilla de 1835 realizado por B. León y Canales. Fernández González, 2013.

Respecto a su estado actual, encontramos muchas diferencias con respecto al de los siglos XVI y XVII debido a las continuas modificaciones y abandonos que ha sufrido este espacio puesto que en 1810 es ocupado por los franceses y no volverá a manos de los agustinos hasta cuatro años más tarde, perdiéndolo nuevamente y de manera definitiva en 1835 a raíz de la desamortización de Mendizábal siendo reformado y empleado como presidio peninsular desde 1837 hasta 1880 cuando sale a subasta pública y se convierte en un mercado de abastos. (Plan Especial de Protección, 2018).

En la Fig. 7 podemos observar la hipótesis de reconstrucción 3D del estado actual del convento, la cual ha sido llevada a cabo por los ya mencionados María Teresa Pérez Cano y Javier Navarro de Pablos, en la cual podemos observar cómo únicamente se mantiene la zona del Claustro mayor.

Como consecuencia de la secuencia cronológica anteriormente explicada, el Claustro mayor se ve afectado por una gran cantidad de modificaciones arquitectónicas como la construcción de un tercer cuerpo sobre las galerías norte y este. También se abrieron nuevos accesos para el tránsito de vehículos, se adaptaron los espacios del segundo piso para instalar las celdas del presidio, la cota ha aumentado hasta llegar a los 9'65m en algunos puntos en la actualidad, mostrando también un relleno de aproximadamente 1m que se produce entre 1880 y 1881 (Amores Carredano, 2019).





## Capítulo 3: La reconstrucción virtual

### Metodología de la reconstrucción virtual

La metodología empleada en la elaboración de esta reconstrucción virtual ha consistido, en primer lugar, en una intensa labor de recopilación, lectura, y síntesis de fuentes relacionadas con el Convento de San Agustín, con el fin de elaborar una hipótesis reconstructiva del inmueble citado. Para este trabajo ha sido fundamentales los resultados de la memoria de intervención del profesor Fernando Amores, mediante los cuales hemos podido observar los restos de las distintas etapas constructivas de este bien patrimonial.

Una vez establecida la hipótesis constructiva, se ha llevado a cabo un levantamiento 3D utilizando el programa Blender. La elección de este software es debido a que se trata de un programa de Código abierto con un gran potencial para el modelado 3D.

Otros Softwares empleados han sido Adobe Photoshop para la creación de texturas e infografías como se mencionará más adelante.

### Flujo de Trabajo y desarrollo

El primer paso a la hora de realizar una reconstrucción patrimonial es siempre la documentación y la elaboración de hipótesis reconstructivas. Un punto positivo de las reconstrucciones 3D es que a medida que se vayan realizando también irán dando validez a algunos de los elementos planteados en esa hipótesis como “posibles” e irán descartando otros que no concuerden.

En nuestro caso, se realizó la lectura bibliográfica y posteriormente en un A3 se comenzó a realizar un resumen de algunos de los elementos arquitectónicos de los que se había encontrado referencias y por último se llevaron a cabo bocetos y croquis de las vistas del edificio (Fig. 9).

En segundo lugar, comenzamos con el modelado, y para ello, se importaron en Blender las distintas planimetrías obtenidas de la memoria de intervención de 2018 de Fernando Amores, las cuales se escalaron e hicieron coincidir para, mediante la extrusión de vértices, realizar un primer levantamiento (Fig. 10).

Después de realizar este proceso se llevó a cabo una mejora gráfica de la primera maqueta para lo cual se realizó el cerramiento de los muros (Fig. 11) y el añadido del suelo, el cual como se puede observar muestra un doble nivel, por un lado, el nivel del pavimento de la galería y por el otro el nivel del patio esta diferencia de altura se ha podido obtener a partir de hipótesis reconstructivas en 2D pertenecientes al documento citado anteriormente como por ejemplo la que encontramos en la imagen X (Fig. 12).

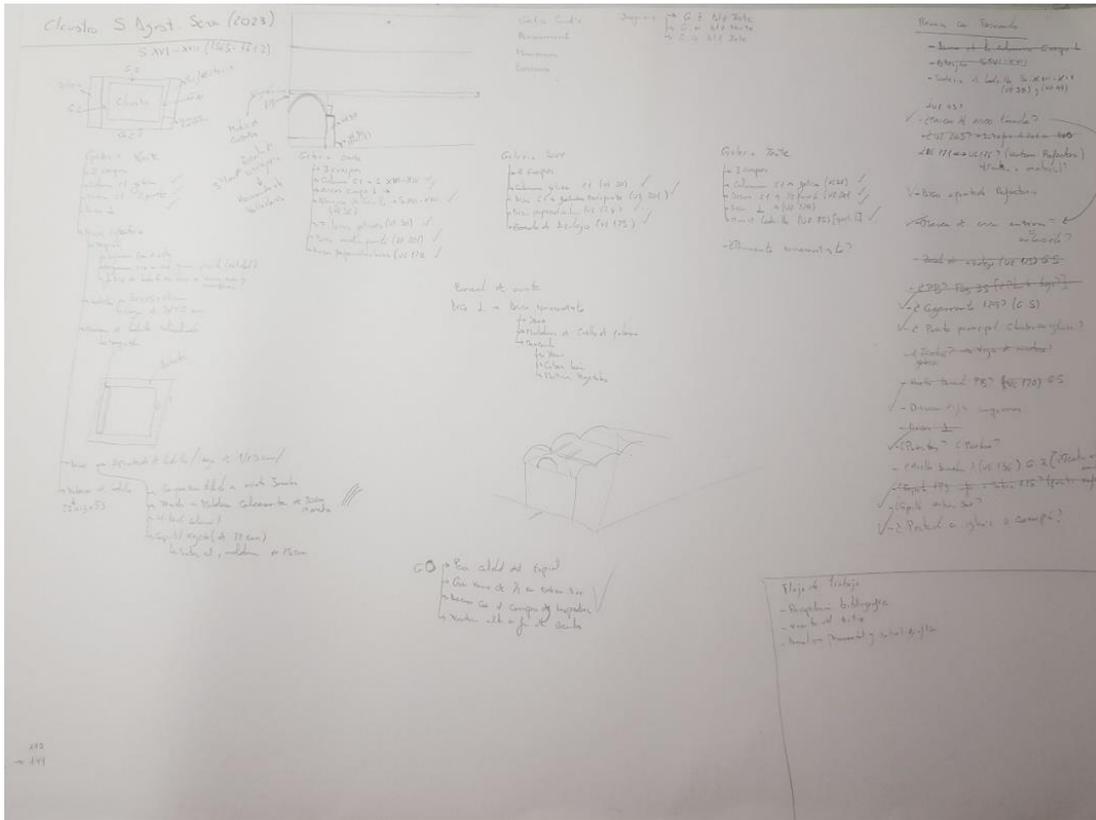


Fig. 9. Hipotesis reconstructiva. Elaboración propia

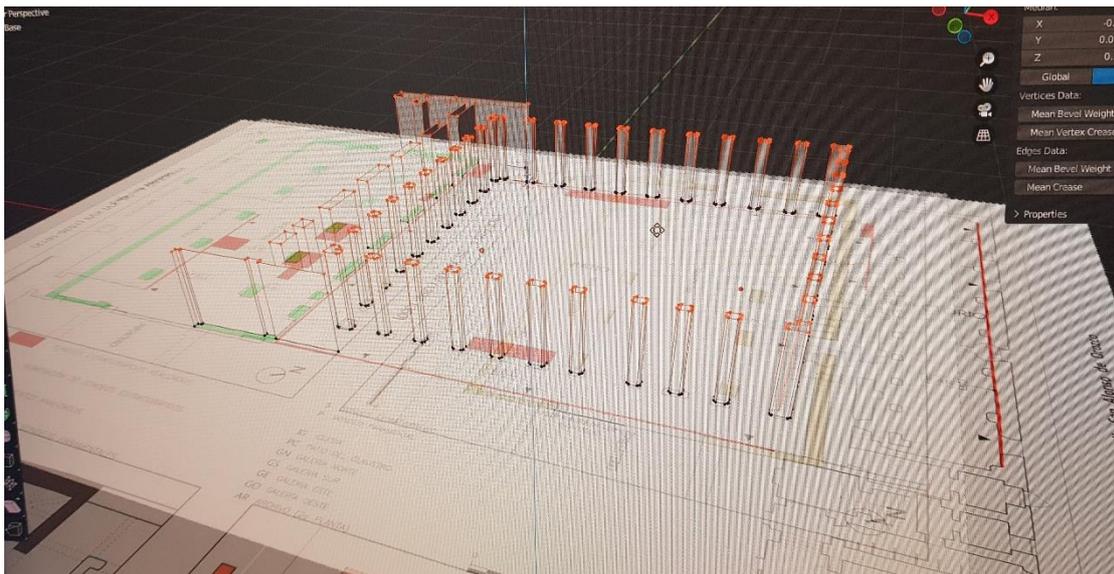
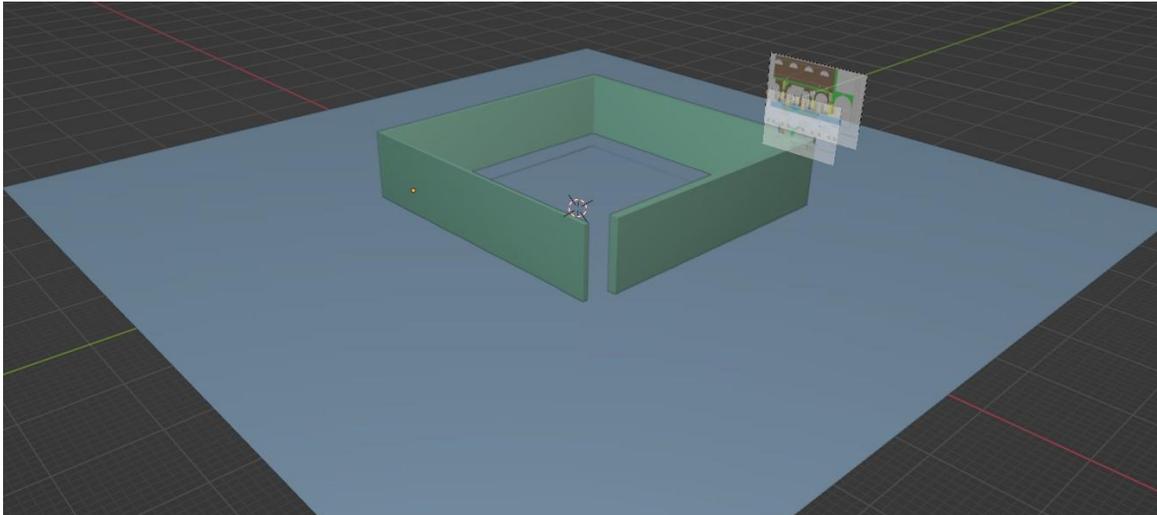
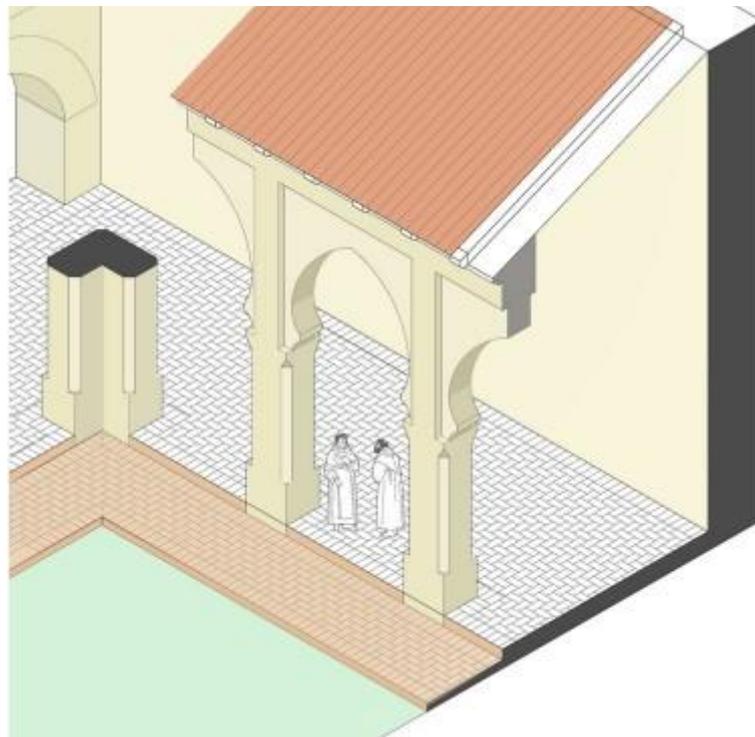


Fig. 10. Levantamiento inicial del claustro del Convento de San Agustín de Sevilla. Elaboración propia.

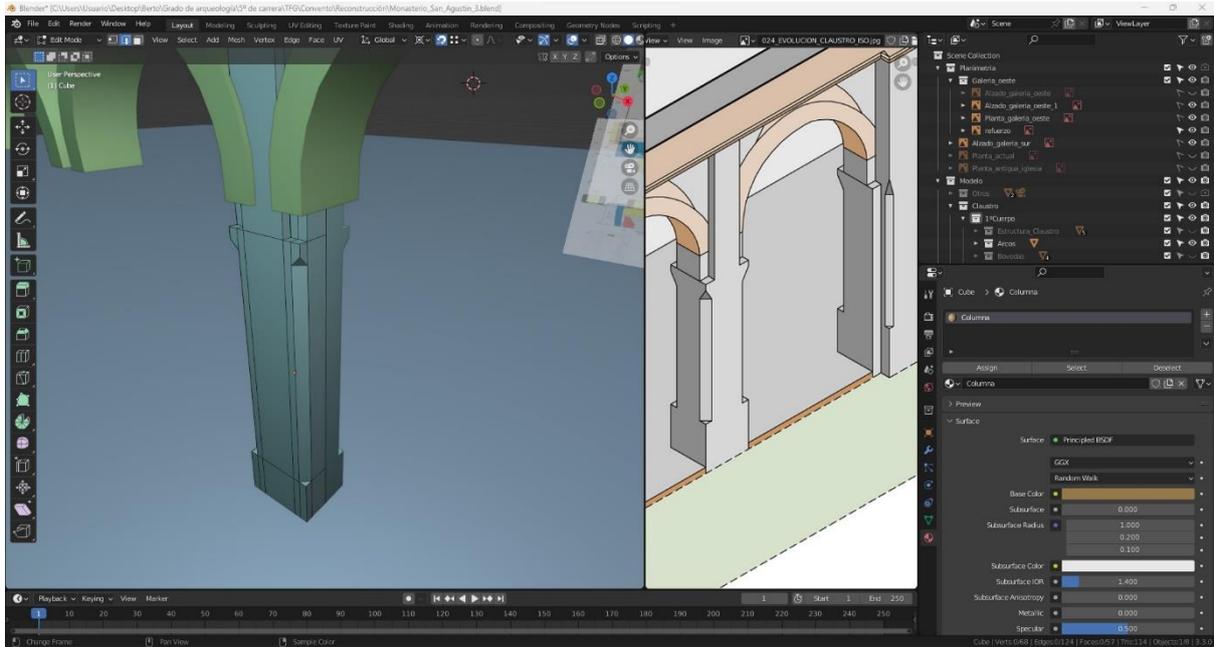


*Fig. 11. Cerramiento de muros y colocación del suelo del claustro mayor del convento de San Agustín de Sevilla. Elaboración propia.*



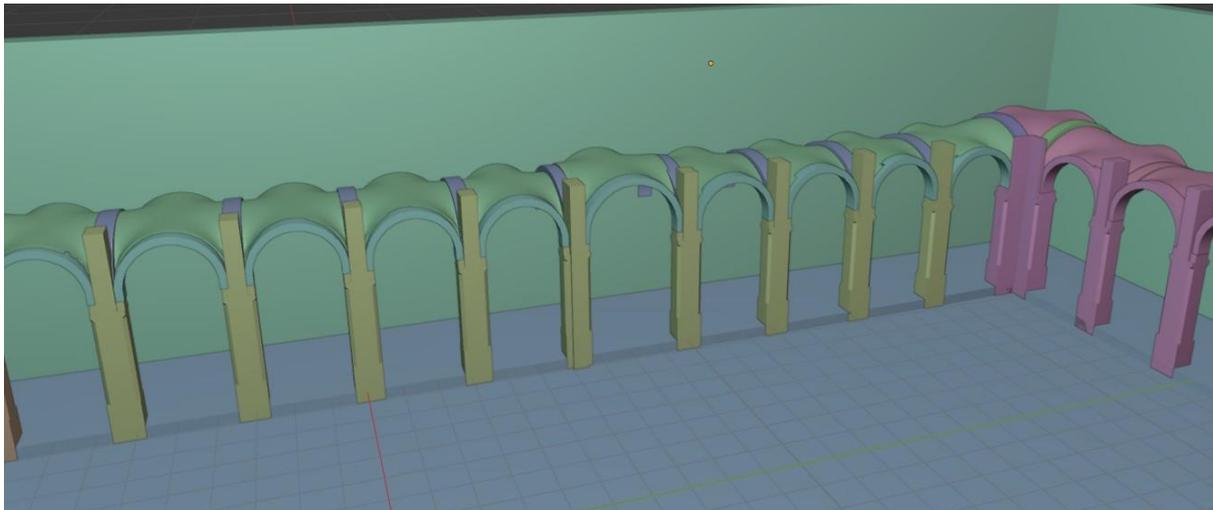
*Fig. 12. Hipótesis reconstructiva donde se aprecia el desnivel del suelo que se mantendría tras la reforma renacentista. Núñez Arce en Amores Carredano 2019.*

Una vez creadas las estructuras básicas del claustro se pasó a la creación de las galerías. En cuanto a las columnas y los arcos en un primer momento se desarrollaron unos modelos muy simplificados ajustándolos al espacio de la planta (Fig. 10, levantamiento inicial) y, posteriormente se desarrollaron para dotarlos de mayor calidad (Fig. 13).



*Fig. 13. Modelado de columnas y arcos de las galerías. Elaboración propia.*

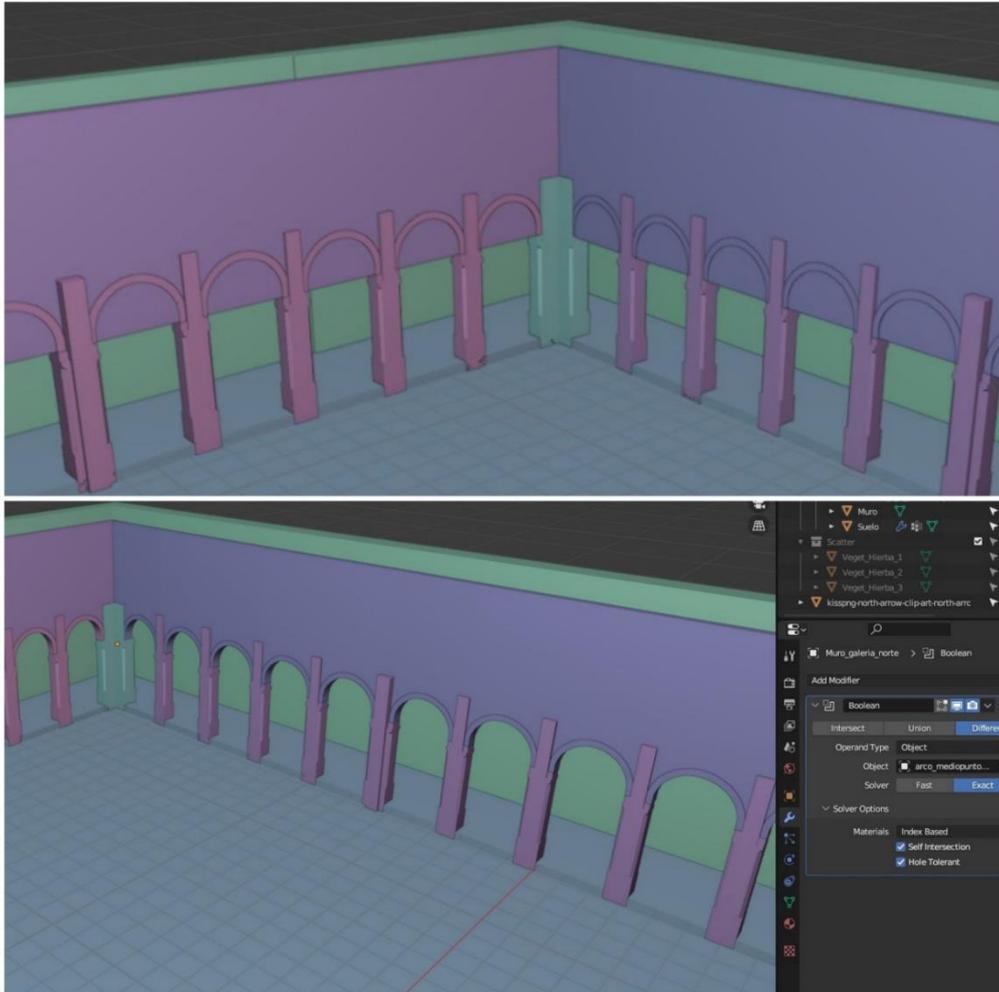
Para concluir con las galerías se realizaron las bóvedas de arista y todos los arcos (Fig. 14), incluyendo los renacentistas que se ubican en las esquinas y los cuales presentan un mayor tamaño.



*Fig. 14. Modelado de los elementos de las galerías; pilares, arcos y bóvedas de arista. Elaboración propia.*

Una vez completado el modelado básico del primer cuerpo se comenzó con la realización del segundo, para lo cual se colocaron planos perpendiculares al suelo y se alinearon en su lugar siguiendo las distintas planimetrías empleadas. Estos planos tapaban los huecos de los arcos que daban hacia el patio del claustro por lo que se aplicaron una serie de booleanas que eliminaron esa intersección para que se pudiese apreciar tanto el plano como el espacio de los arcos (Fig. 15). Seguidamente, se crearon más caras en ese plano que sirvieron para crear el muro inferior que se encuentra entre las distintas columnas de la primera planta y el muro

superior donde se encuentran los arcos, para lo cual se utilizó la misma técnica de booleanas que se había empleado en la planta baja. Finalmente, se colocaron el suelo con un plano paralelo al de la planta baja, y las mismas bóvedas y arcos que se había empleado con anterioridad para crear las galerías de la primera planta (Fig 16).



*Fig. 15. Comparación entre muro sin (arriba) y con (abajo) booleanas. Elaboración propia.*

Una vez completado el modelo básico de las dos plantas del claustro mayor, se pasó al modelado del hueco de la escalera que conectaría ambas plantas.

Dado que no se podía acceder al inmueble en la realización de este trabajo, en un principio, observando la planimetría actual del edificio, se pensaba que el acceso estaría ubicado en la esquina noreste y se empezó modelando con la planimetría actual (Fig. 17) obtenida en la memoria de Amores Carredano de 2018. Para la altura de los escalones de la escalera se utilizó la planimetría del Plan Especial de Protección (Fig. 18). Fue en este punto cuando cambio la hipótesis sobre donde se encontraría el acceso a la escalera ya que, faltaba todo el tramo de escalera que se encontraría bajo el recreado del suelo de épocas posteriores, y, aun así, los escalones contactaban con el muro que marcaba el final del hueco de escalera (Fig. 19). Por este motivo, se optó por la hipótesis de que el acceso a la escalera se realizaría por algún acceso al que se llegaría por un vano encontrado en el muro Este, muy cercano a la zona de la escalera.

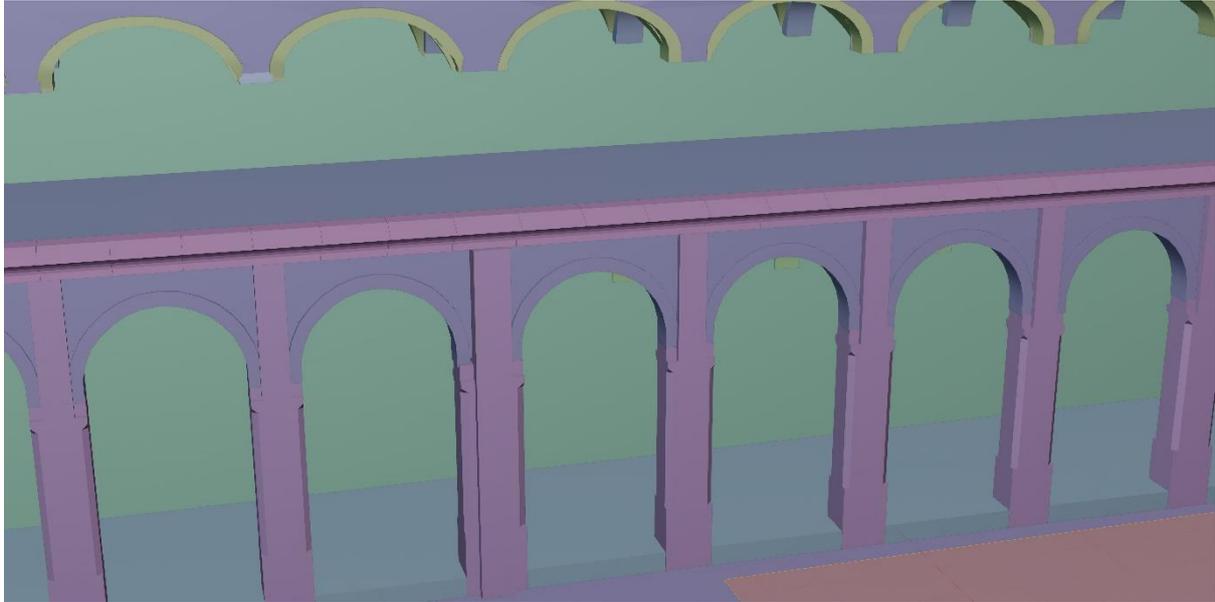


Fig. 16. Creación de los dos cuerpos del convento. Elaboración propia.

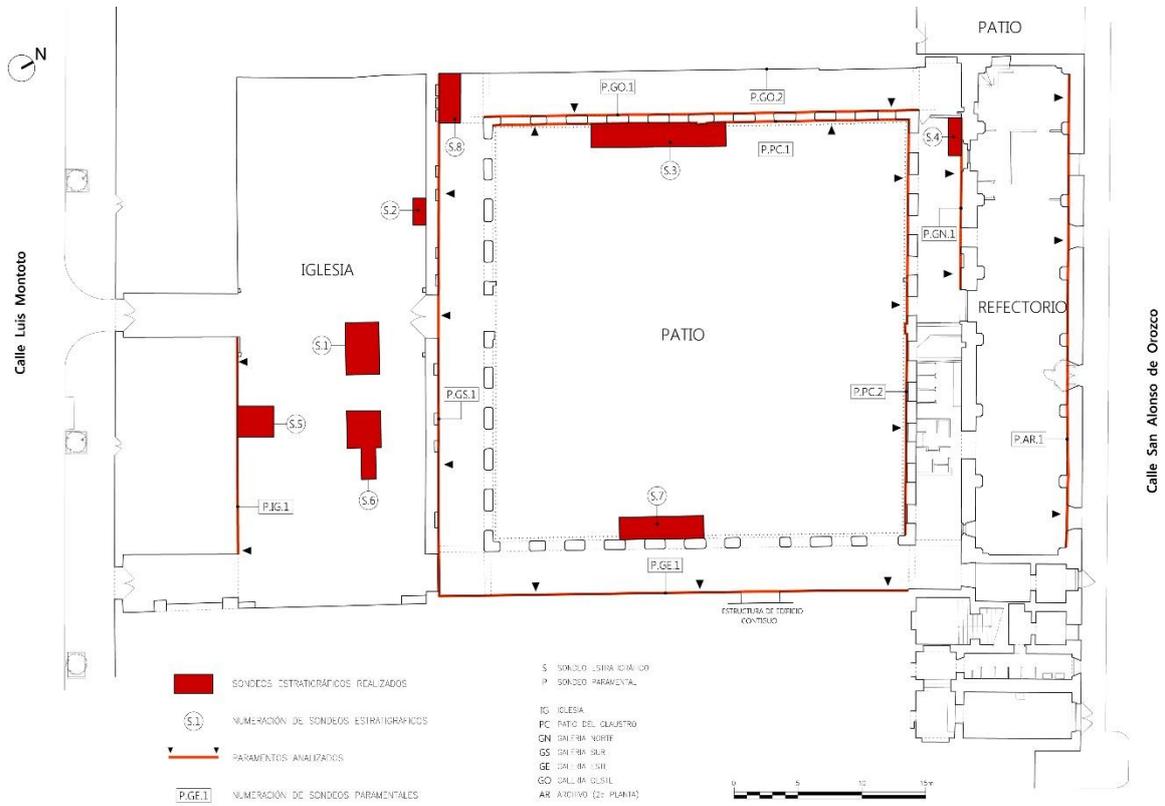


Fig. 17. planimetría actual del Convento. Amores Carredano, 2019.



Fig. 18. Planimetría Sección de la escalera renacentista. Plan Especial de Protección “Convento de san Agustín”, 2018.

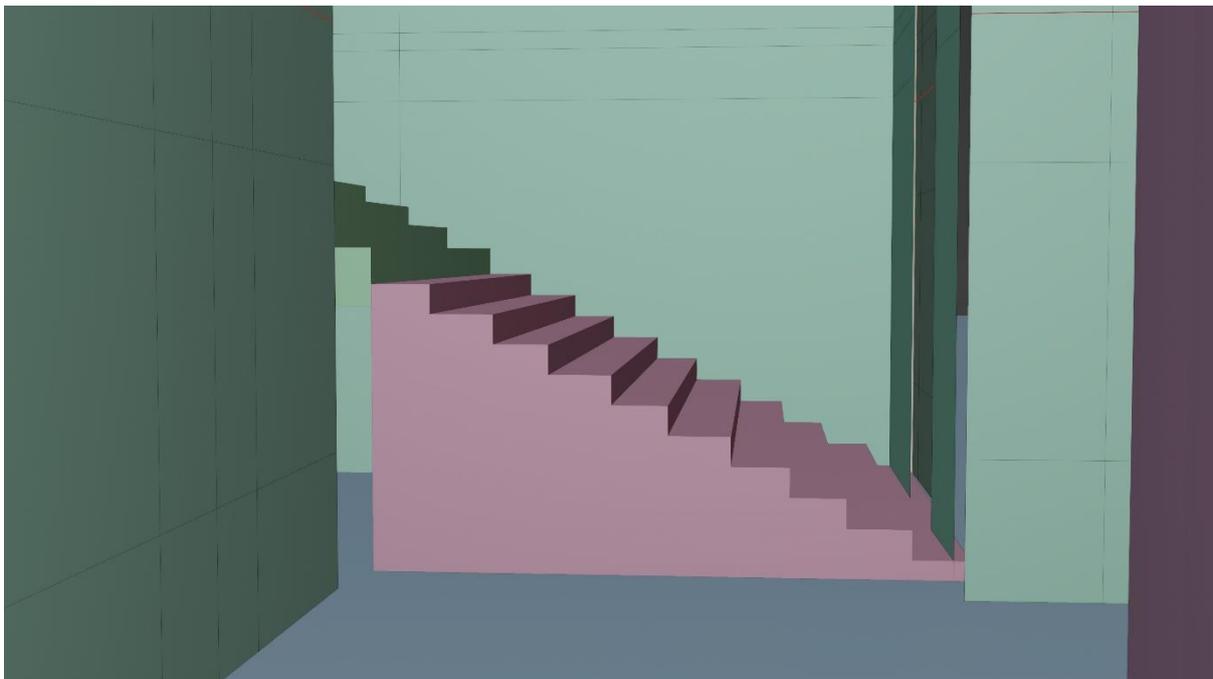
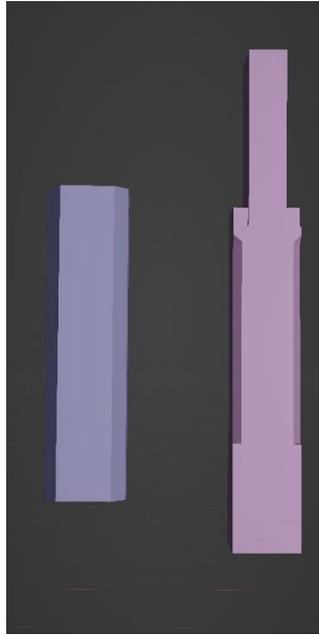


Fig.19. Reconstrucción de la escalera. Elaboración propia.

Tras el modelado de básico de ambas estructuras, se inició el diseño modular, es decir, el modelado individualizado de cada uno de los elementos de la escena; columnas, pilares, ménsulas, y otros más, los cuales sustituirían a los elementos Low Poly o de bajos polígonos realizados en el proceso anterior. En la imagen 20 podemos observar la diferencia entre la

creación de un pilar Low Poly (LP a partir de ahora) y su versión High Poly o de altos polígonos (HP a partir de ahora). La diferencia entre estos términos hace referencia a la cantidad de polígonos que presenta el objeto, lo cual afecta al rendimiento del modelo. Estos términos son habituales cuando hablamos de los Levels Of Details (LODs a partir de ahora).



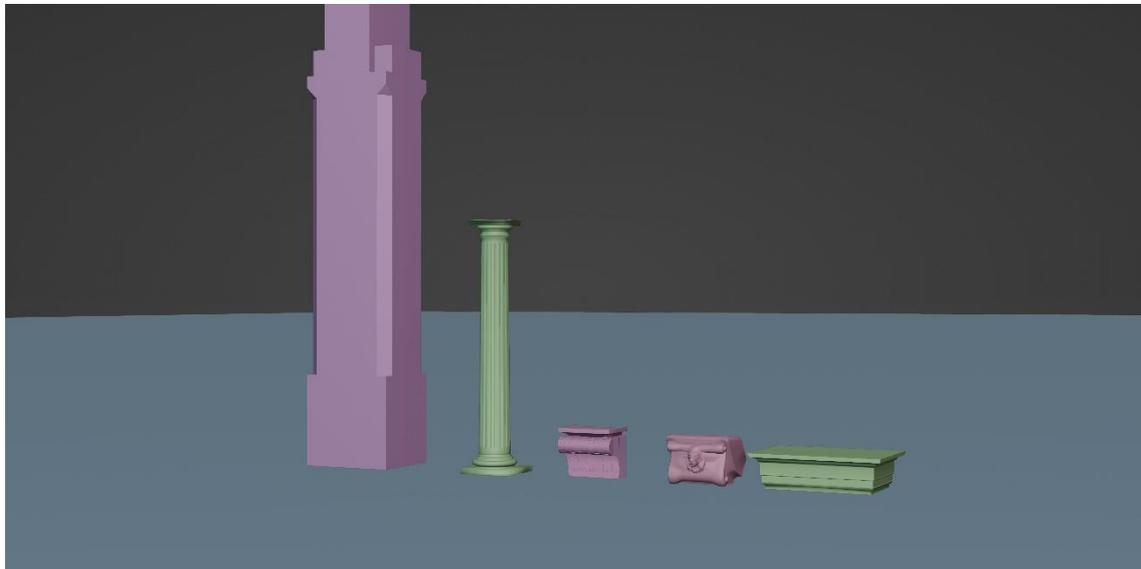
*Fig.20. Comparación entre pilar LP(Izq.) y HP(Der.). Elaboración propia.*

Los LODs son distintos modelos de un mismo objeto que se realizan con un distinto nivel de poligonaje y de calidad de texturas. De esta forma aquellos modelos con más detalles se colocarán más cerca del observador mientras que los más lejanos tendrán un nivel de calidad menor ya que esta disminución de calidad no será perceptible y la escena en cambio mejorará su rendimiento. También es habitual en este proceso realizar un backeado de los mapas de texturas del modelo HP para posteriormente reproyectarlos sobre un modelo LP al que se le ha aplicado un proceso de retopología para reducir drásticamente su nivel de poligonaje. Esto implica que, aunque el modelo LP obtenido debería verse con muy mala calidad, al utilizar no solo el mapa de color del modelo HP sino también los mapas de normales y de desplazamiento (Displacement/Height), se logra un “engaño” y apenas se aprecia esa disminución de calidad. Podemos observar un ejemplo de este proceso en el Anexo 1.

Algunos ejemplos de diseño modular realizados en esta reconstrucción han sido las columnas, pilares, ménsulas o arquitrabes (Fig. 21). También en este paso se ha decidido añadir una fuente en el centro del patio (Fig. 22), no se han encontrado restos de esta debido al recrecido del suelo y a que las labores de Amores Carredano no llegaron a la zona central donde se encontraría, pero si aparece referenciado en su memoria de 2018 que debería existir una en esa zona, hipótesis que se obtiene del plano de Balbino Marrón de 1850 (Fig. 23).

El césped del claustro se ha elaborado mediante un sistema de partículas modelándolo como si de pelo se tratase para dar esa sensación de hojas finas (Fig.22).

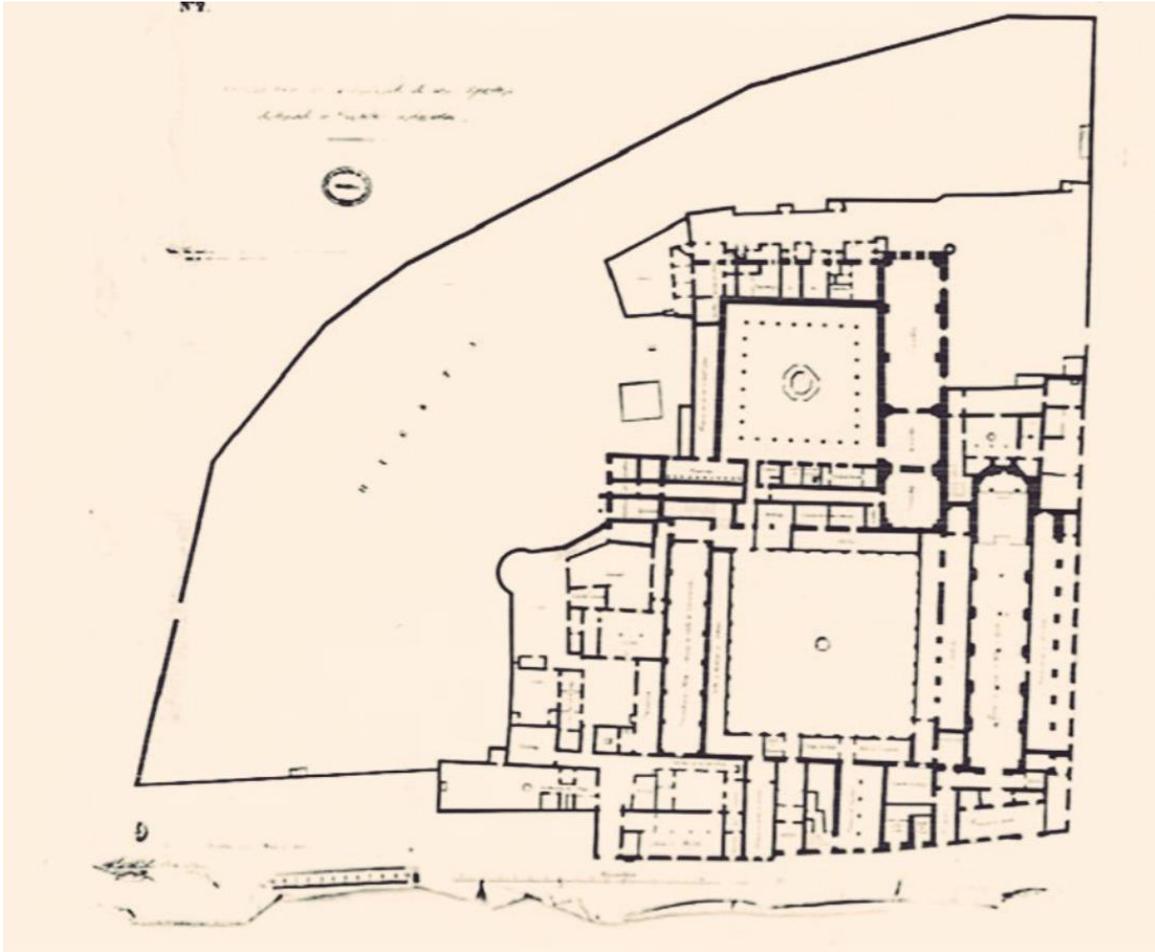
Por último, en cuanto a modelaje 3D, hemos de destacar la inclusión de sólidos capaces que representan espacios como el refectorio, la iglesia o la torre de la escalera, que al no ceñirse estrictamente al espacio del claustro mayor y por la escasez de tiempo disponible se han querido representar para dar un mejor contexto al espacio, pero no se ha podido desarrollar su modelado definido (Fig. 24).



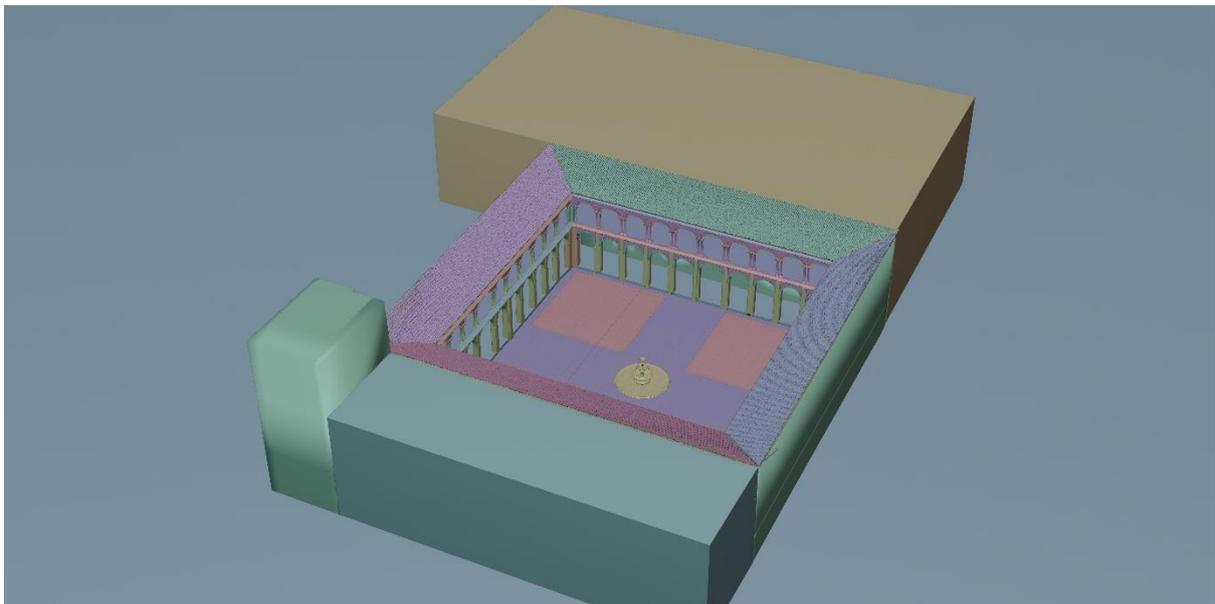
*Fig. 21. Ejemplos de diseño modular. Elaboración propia.*



*Fig. 22. Modelado de fuente central y césped. Elaboración propia.*



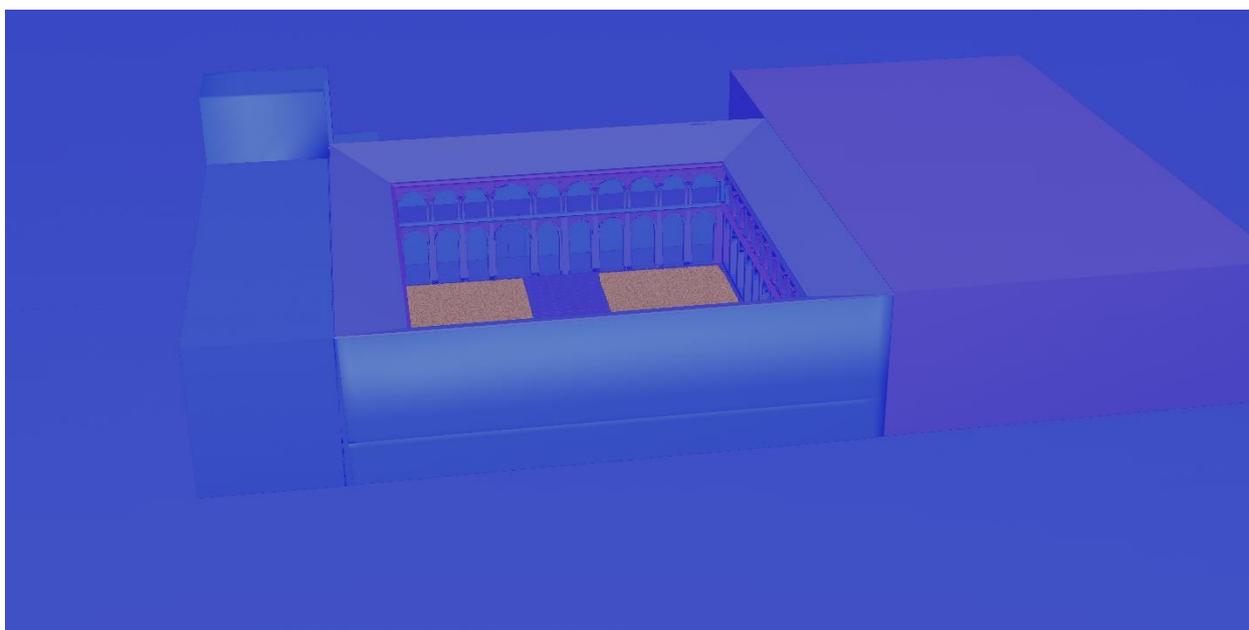
*Fig.23. Plano de 1850 donde se observa la presencia de fuentes en el convento. (Balbino Marrón, 1850).*



*Fig.24. Modelado completo. Elaboración propia.*

El siguiente paso en la reconstrucción ha consistido en el texturizado del modelo para lo cual se han llevado a cabo varios procesos como la corrección de la orientación de las caras, la creación del mapeado UV o la búsqueda de las propias texturas entre otros.

En primer lugar, como ya se ha comentado anteriormente se realizó la corrección de la orientación de las caras de los modelos. Todos los polígonos presentan dos direcciones, Hacia afuera (azul) y hacia adentro (roja), para que la textura se adapte adecuadamente esta debe colocarse en la dirección hacia el exterior. En la Fig. 25 podemos observar que las caras de los polígonos se encuentran correctamente orientadas.



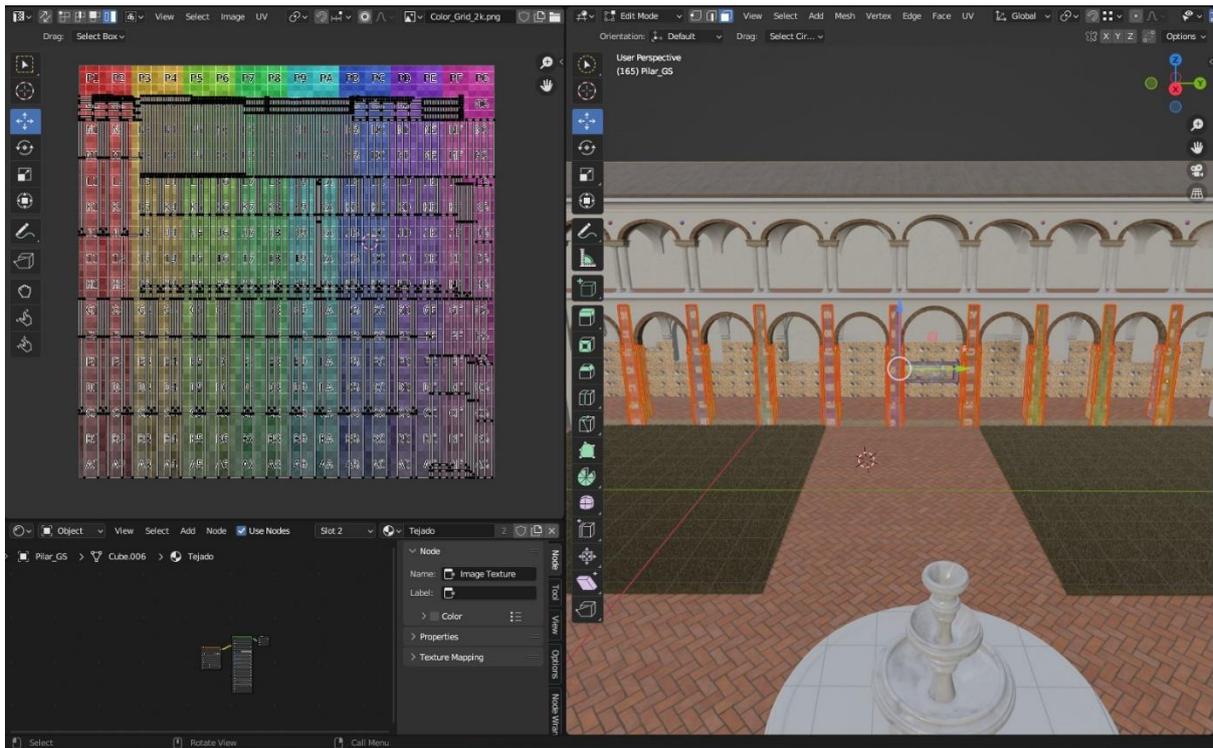
*Fig. 25. Corrección de la orientación de las caras poligonales. Elaboración propia.*

El siguiente paso una vez comprobada la orientación de las caras de los polígonos ha sido el mapeado UV de los distintos objetos de la escena. Este proceso consiste en desplegar esos polígonos para adaptarse a una imagen plana. Para ello se han realizado cortes denominados “Seams” para indicarle al software por donde debe cortar los objetos a la hora de desplegarlos. Una vez realizado el proceso, se ha creado un “Color Grid” para revisar que el proceso se hubiese realizado correctamente y la textura se viese con buena calidad (Fig. 26).

Para la elección de las diferentes texturas del modelo se han realizado dos procesos distintos. Por un lado, el que se ha utilizado en la mayoría de ellas, la búsqueda de estas texturas en repositorios virtuales como Textures.com o PolyHeaven, los cuales ofrecen un gran abanico de mapas de texturas en varias calidades. Por otro lado, en el caso concreto del zócalo de azulejos, al tratarse de algo de particular interés y de un detalle característico de este sitio, se decidió por crearlos intentando ser lo más fiel a los originales posibles.

Para conseguir el objetivo anteriormente propuesto, en primer lugar, se localizó la información de estos objetos decorativos en la memoria de Amores Carredano, donde se puede conocer que

el autor de los mismo había sido Hernando de Valladares y también, que algunos de ellos habían sido trasladados al Palacio de la Condesa de Lebrija de la calle Cuna de Sevilla.



*Fig. 26. Mapeado UV de las columnas. Elaboración propia.*

Sabiendo estos datos, se realizaron fotografías de esos azulejos entre los cuales se seleccionaron las composiciones de la Mitra y el Corazón, símbolos de San Agustín, el escudo de los Ponce de León, patrones del convento, una representación demoniaca, la representación de una columna y un patrón (Fig. 27).

Estas imágenes fueron tomadas en formato CR2 (formato RAW de Canon) y se utilizó una tarjeta de grises para que, al revelar la imagen en Photoshop, el color de estos azulejos se acercara todo lo posible al auténtico. Tras eliminar la perspectiva, y retocar las imágenes para tener vistas “ortográficas” se consiguió el mapa de color de cada uno de los azulejos.

Antes de seguir desarrollando el proceso de creación de las texturas creemos que es importante hacer un inciso en los mapas de texturas que se han elaborado y que aportan cada uno de ellos al material del objeto.

En primer lugar, el ya mencionado mapa de color o color map, es uno de los mapas de texturas más importantes ya que, como su propio nombre indica, va a ser el encargado de aportarle color al material.

En segundo lugar, el mapa de normales o normal map, da la sensación de relieve, ya que representa las distintas direcciones que debería adoptar la superficie representada.

En tercer lugar, el mapa de roughness muestra información sobre el brillo del material, siendo las partes blancas más brillantes y las partes oscuras más mates.

Por último, el mapa de displacement, suaviza el relieve del objeto, de ahí que su representación sea una imagen difuminada.



*Fig. 27. Fotografías de los distintos azulejos empleados como texturas. Elaboración propia.*

Una vez explicado los cuatro mapas de texturas empleados, el siguiente paso fue crear los tres restantes, es decir, los mapas de normal, roughness y displacement, los cuales se elaboraron a partir del mapa de color, para lo cual se siguió empleando el software Adobe Photoshop. En la Fig. 28 podemos observar el resultado de estos procesos con el ejemplo de la mitra.

Conforme se iban obteniendo todas las texturas, tanto las de los azulejos como las del resto de objetos, estas se fueron incorporando a la escena utilizando el apartado de Shading de blender,

para lo cual mediante un sistema de nodos se coordinan tanto las texturas como los shaders dentro de un material (Fig. 29).

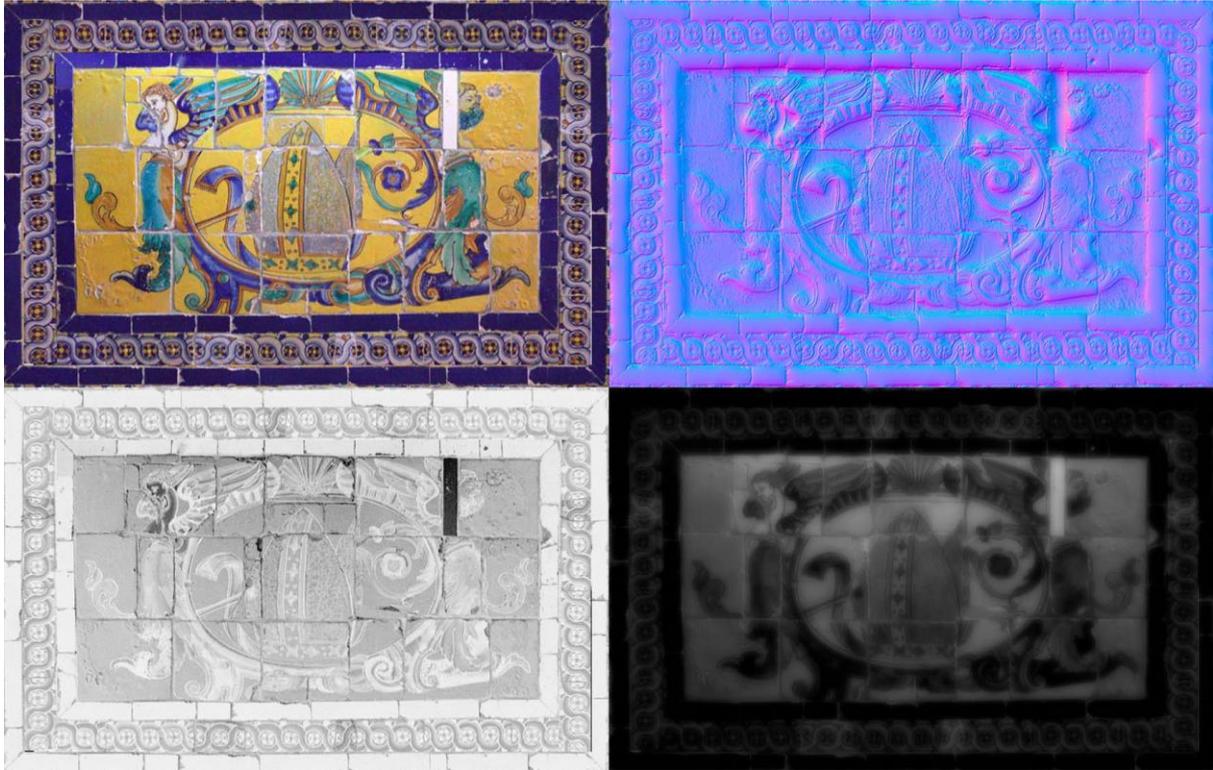


Fig.28. Mapas de color, normales (arriba izq. Y der.), roughness y displacement (abajo izq. Y der.) respectivamente. Elaboración propia.

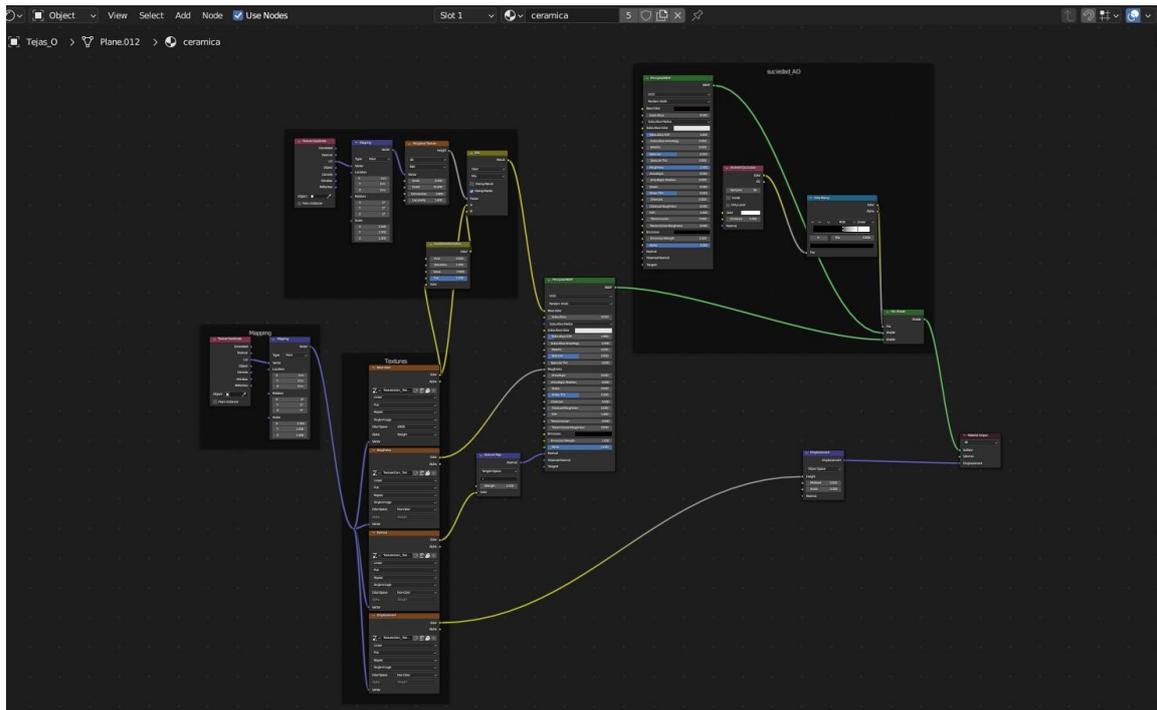


Fig.29. Apartado de Shading en blender donde se observa el sistema de nodos. Elaboración propia.



Una vez realizados todos los procesos de texturizado, modelo estaría listo, por lo cual, pasaríamos al tercer paso, la producción de los resultados.

Con un modelo 3D se pueden obtener muchos resultados en función de la necesidad y creatividad del autor o equipo. Algunos de ejemplos pueden ser infografías, renderizados, secciones arquitectónicas, ortofotos o animaciones entre otras muchas opciones.

En nuestro caso hemos optado por la elaboración de infografías, renderizados fotorrealistas y la creación de un entorno de 360º que pueda hacerse inmersivo mediante el uso de unas gafas de realidad virtual o, un entorno de realidad aumentada interactivo.

Para la obtención de estos resultados es necesario en primer lugar la creación de cámaras virtuales, las cuales captaran la escena en función de las propiedades establecidas. Estas cámaras pueden ser perspectivas, ortográficas o panorámicas, y se pueden modificar también otros parámetros como la distancia focal, el Depth of Field o los clips starts y end, los cuales serán interesantes manejar a la hora de realizar secciones ya que indican el rango en el que actúa la cámara.

Otro elemento que hay que tener en cuenta a la hora de sacar los resultados son las propiedades de salida, donde encontramos los parámetros de resolución o de calidad entre otros.

Por otro lado, también contamos con las propiedades de renderizado, donde hemos elegido Cycles como motor de renderizado. En este apartado también se pueden utilizar los parámetros de film para obtener un fondo en Alpha, bakear texturas, o activar el freestyle para obtener renderizados en forma de bocetos.

Finalmente, también es importante establecer las propiedades del mundo, donde en nuestro caso hemos optado por usar el parámetro Sky Texture, Nishita, lo cual crea un entorno photorealista donde podemos controlar opciones como la intensidad, rotación o elevación del sol.

Para la creación de secciones encontramos dos opciones. Por un lado, podemos variar las opciones de clip start, para que el inicio del rango de la Cámara (en modo ortográfica) corte el objeto deseado en un punto concreto, de manera que solo aparezca representado desde ese punto en adelante.

Otra opción es la utilización de booleanas, donde hagamos desaparecer una zona concreta de la estructura permitiendo ver el resto de los elementos.

## Resultados de la reconstrucción virtual

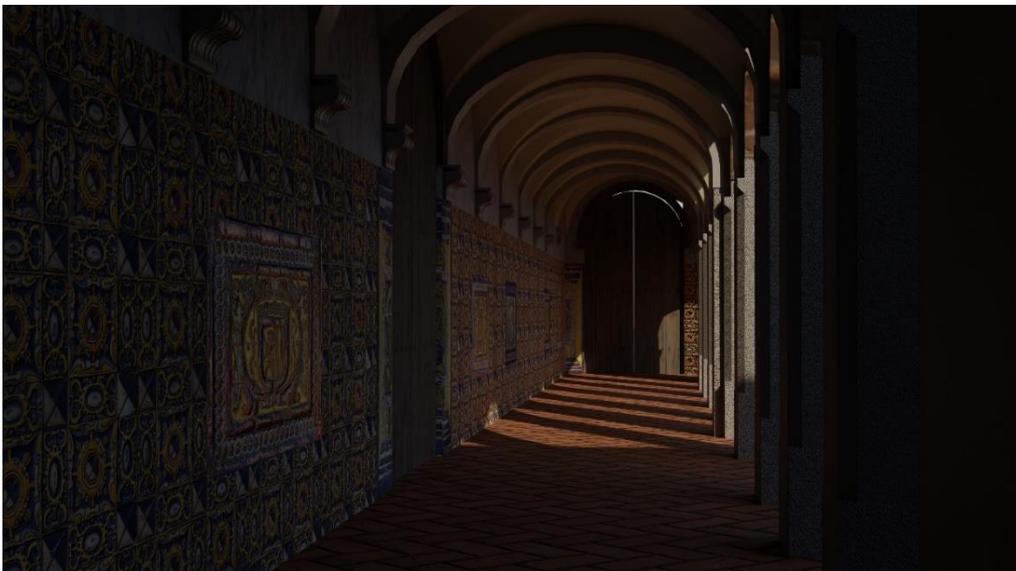
Llegamos a la parte final de este proyecto, la presentación de los resultados obtenidos.

Como ya mencionamos con anterioridad, para este trabajo se han obtenido: Renderizados fotorealistas, secciones arquitectónicas y una panorámica 360° que se puede visualizar tanto en realidad ampliada como en realidad virtual con el uso de unas gafas HMD.

Nos ha parecido interesante también realizar una pequeña evaluación de estos resultados comparando los renderizados con las imágenes reales. Por lo que las imágenes 30 a 39 representan estas comparaciones en cada una de las galerías inferiores y una vista del patio del claustro.



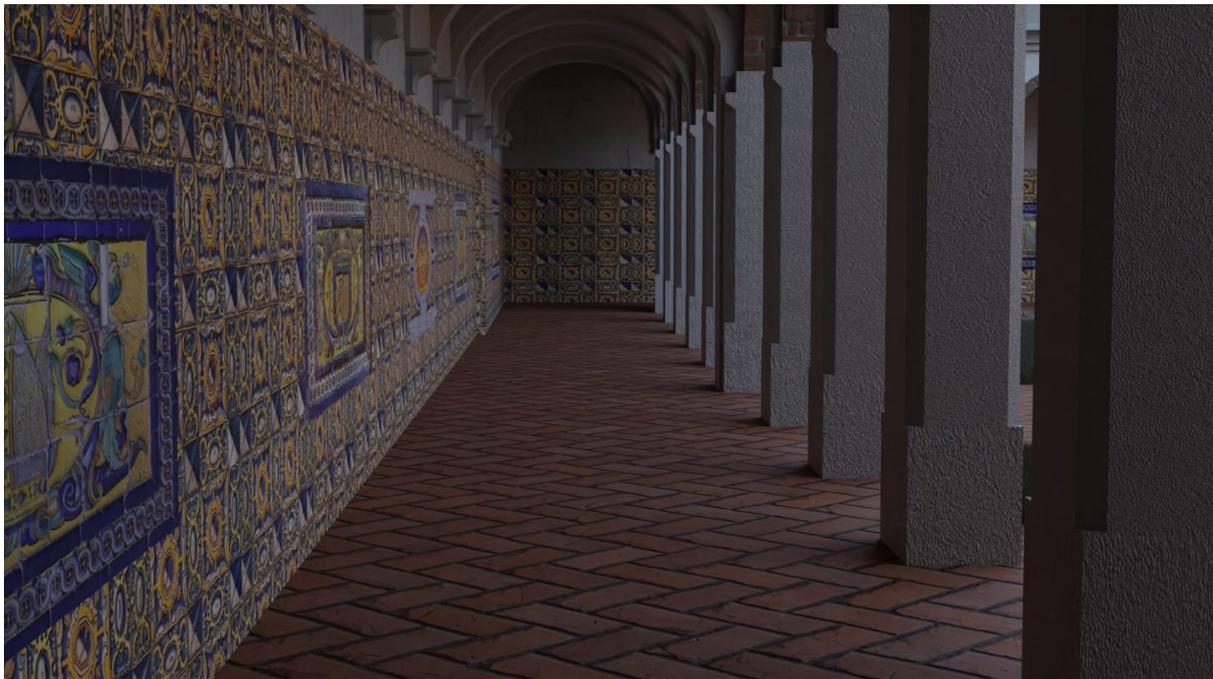
*Fig. 30. Fotografía Galería Este. Amores Carredano, 2019*



*Fig. 31. Reconstrucción Galería Este S. XVI-XVII. Elaboración propia.*



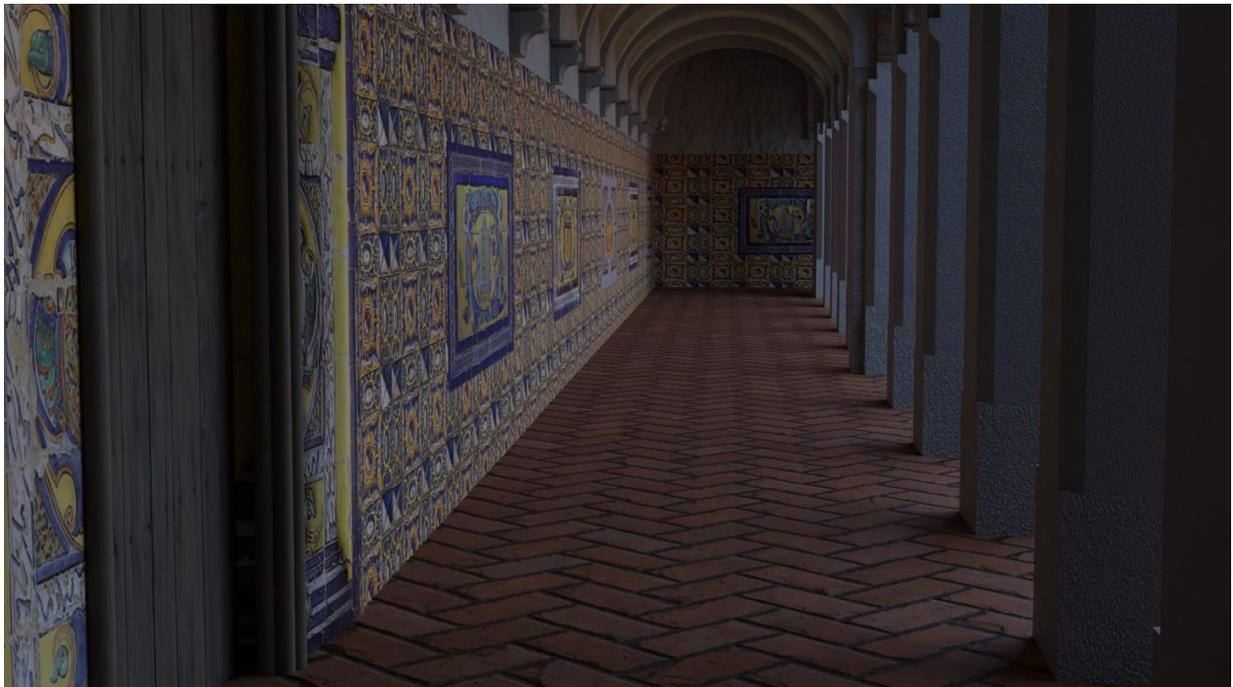
*Fig. 32. Fotografía Galería Oeste. Amores Carredano, 2019*



*Fig. 33. Reconstrucción Galería Oste S. XVI-XVII. Elaboración propia.*



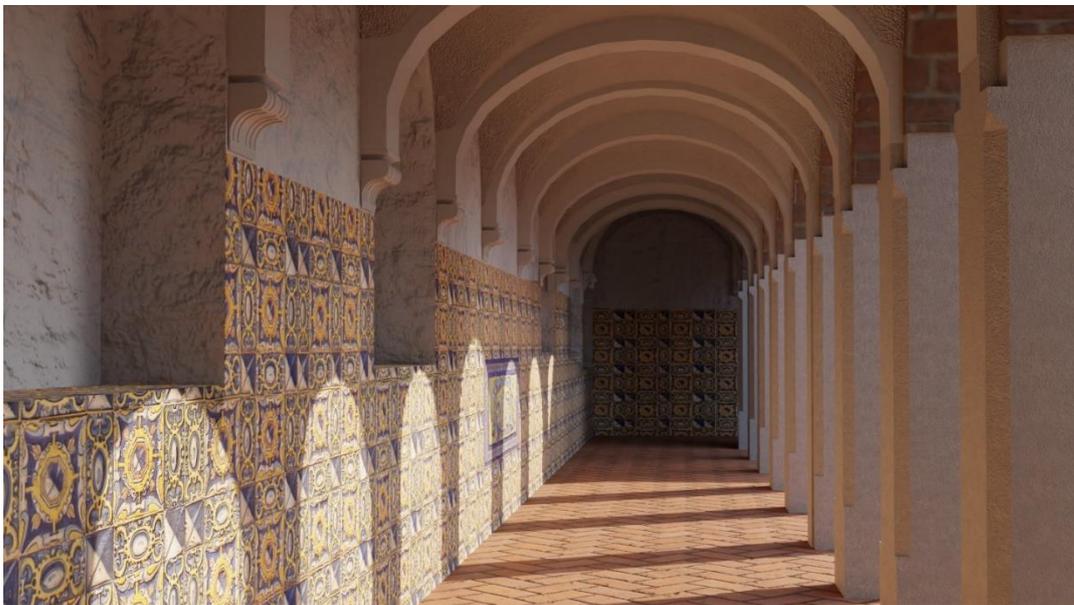
*Fig. 34. Fotografía Galería Norte. Amores Carredano, 2019.*



*Fig. 35. Reconstrucción Galería Norte S. XVI-XVII. Elaboración propia.*



*Fig. 36. Fotografía Galería Sur. Amores Carredano, 2019.*



*Fig. 37. Reconstrucción Galería Sur S. XVI-XVII. Elaboración propia.*



*Fig. 38. Fotografía Patio. Amores Carredano, 2019.*



*Fig. 39. Reconstrucción Patio S. XVI-XVII. Elaboración propia.*

A continuación, mostraremos las dos secciones que se han realizado, en primer lugar, una sección cuyo corte se sitúa en el centro del patio, con sentido oeste-este. En segundo lugar, una sección de la esquina suroeste del claustro realizada con booleanas, donde podemos observar los elementos de ambas plantas, así como el patio desde una vista exterior.



*Sección Claustro Mayor  
 Convento de San Agustín  
 Sevilla  
 S. XVI-XVII*

0 5 m

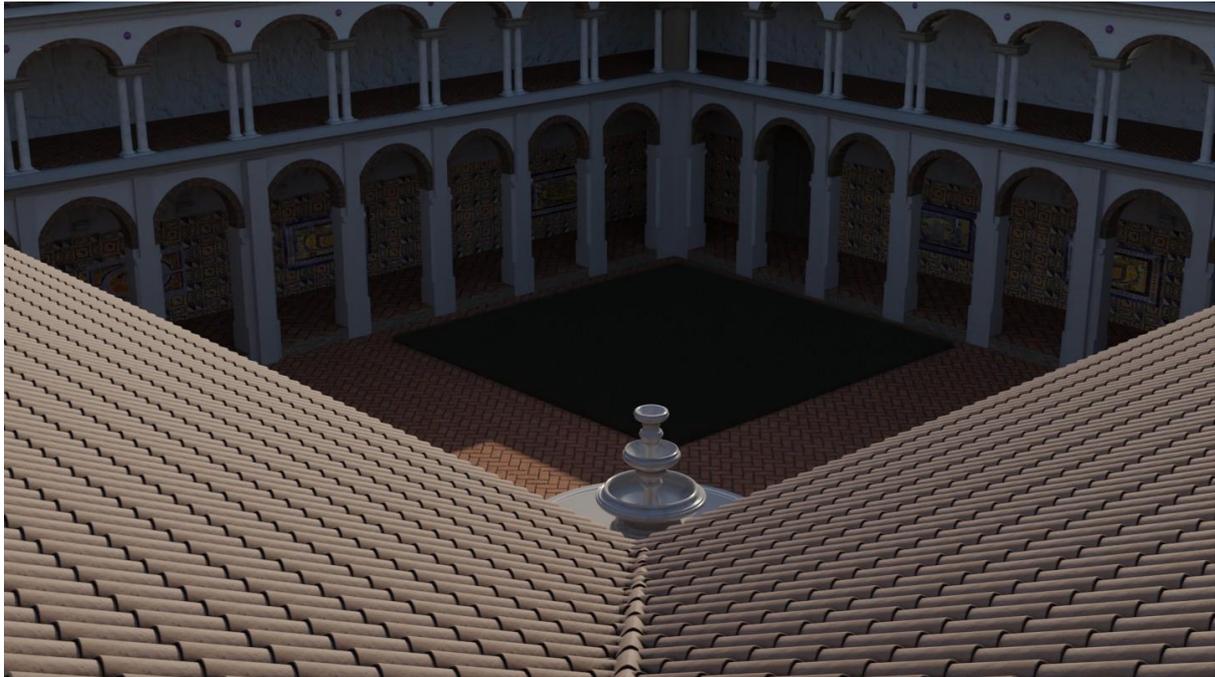
Fig. 40. Sección Central Claustro. Elaboración propia.



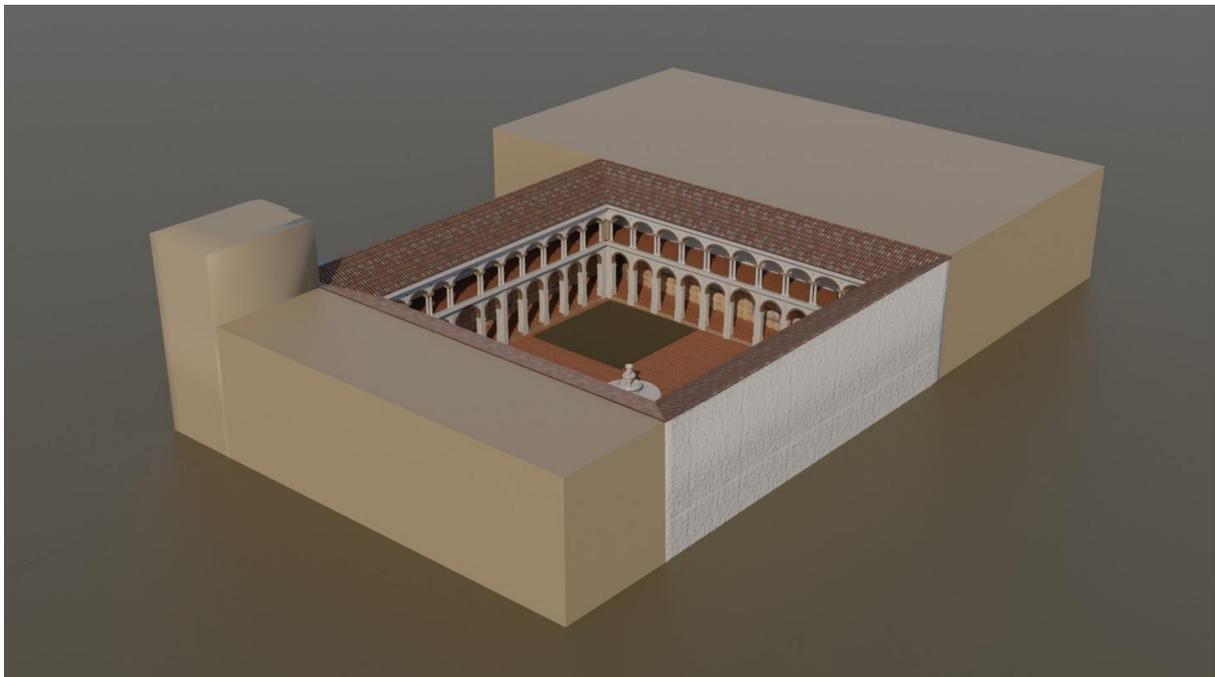
Fig. 41. Sección Esquina Noroeste. Elaboración propia.

A continuación, añadiremos dos renderizados desde vistas superiores del claustro, uno donde se pueden ver las tejas HP del tejado y otro donde se pueden ver las tejas LP además de los sólidos capaces.

Para remarcar la importancia del uso de estos levels of details, queremos añadir que se intentó realizar el renderizado de la imagen 43 con las tejas HP, pero el equipo no tenía potencia suficiente y cerraba el programa, mientras que con las tejas LP no hubo ningún problema en la renderización, y, aunque se pierde calidad, no genera una diferencia tan marcada.



*Fig. 42. Vista desde el tejado del claustro. Elaboración propia.*



*Fig. 43. Vista Aérea del Claustro y los sólidos capaces. Elaboración propia*

Como ejemplo de infografía (Fig. 44) nos ha parecido interesante realizar una en la que se relacionan las imágenes de los azulejos de Hernando de Valladares con su ubicación dentro de la reconstrucción, concretamente en la galería este.

*Azulejos de Valladares en el Convento de  
San Agustín  
Sevilla, S. XVI-XVII*



*Fig. 44. Infografía Azulejos de Valladares. Elaboración propia.*

Finalmente, llegamos a la visualización de 360°. Mediante el siguiente código Qr se puede acceder al visor de realidad aumentada. Una vez allí, y con el uso de un dispositivo móvil y unas gafas se puede acceder a la realidad virtual y visualizar el Claustro Mayor del Convento de San Agustín de Sevilla.





## Conclusiones

Como hemos podido observar a lo largo de todo el trabajo la arqueología virtual es una disciplina muy joven que surge a finales de los 90' pero que se desarrolla rápidamente gracias a los avances tecnológicos y establece una serie de principios para normalizar su práctica e intentar asegurar la veracidad científica de su producción.

También, gracias a la realización de este trabajo se ha conseguido proporcionar una visión al pasado hipotético de este enclave tan importante de la ciudad de Sevilla y del patrimonio eclesiástico, un enclave que, lamentablemente, ha sufrido muchos años de abandono y olvido y que se encuentra en un estado tristemente desfavorecedor.

Esperamos que, tanto este trabajo, como las intervenciones que se realicen en el Convento de San Agustín sirvan para dignificar y dar a conocer su valor e historia.

Otro de los aspectos que queremos remarcar como importante dentro de este trabajo ha sido la exposición del proceso realizado para la creación de una reconstrucción 3D real, intentando acercar al lector a las entrañas de esta disciplina que puede aportar mucho, como ya se ha mencionado, tanto en labores de investigación y documentación, como en la conservación y difusión del patrimonio cultura.

Para terminar, me gustaría citar una frase que Alfredo Grande León plasma en su tesis doctoral: “la arqueología virtual o es arqueología o no es nada” (Grande León, 2015). Puede parecer una frase muy obvia y lógica, pero creo que su significado muchas veces se pierde, sobre todo en cuanto a recreaciones y reconstrucciones, en pos de un mayor reconocimiento, vistosidad o prestigio. A mi entender, el autor nos dice que pese a todo; finalidad, recursos técnicos o formación del profesional, la arqueología virtual y cualquier producción de esta disciplina, requiere de un discurso arqueológico científico guiado por una correcta metodología y que se apoye en buenos datos histórico-arqueológicos, por ello, es imprescindible que la persona que desarrolla estos trabajos tenga una formación relacionada con este ámbito del saber o, en su defecto, que este en todo momento asesorada por alguien que sí, para poder producir resultados veraces, y acordes a los datos conocidos, que permitan a la sociedad ver, entender y disfrutar de su pasado.



## Agradecimientos

Tengo la inmensa suerte de poder contar a mi alrededor con muchas personas que me han apoyado y han estado a mi lado durante este camino, tanto en la elaboración de este trabajo de fin de grado como en la realización del grado de arqueología en general, a todos ellos, muchas gracias por la confianza y todo lo que me habéis enseñado y aportado.

Me gustaría resaltar a algunas personas que creo que han tenido un peso mayor y que se merecen aparecer en estos agradecimientos.

En primer lugar, a dos de mis profesores del grado, Sebastián Vargas y Fernando Amores, por la cantidad ingente de conocimientos que he adquirido de ellos, por sus consejos, su confianza, las oportunidades que me han ofrecido y su apoyo. En el caso concreto de Fernando, mi tutor, agradecerle especialmente su ayuda en la realización de este trabajo a una persona que tiene mi total admiración desde que lo conozco.

Me gustaría agradecer especialmente también a Iñaki, porque sin su ayuda esta reconstrucción no tendría la calidad que se merece, una persona increíble y siempre dispuesta a ayudar en lo que haga falta.

Por último quería agradecer a mi familia, porque solo ellos saben realmente las horas invertidas en este trabajo, los agobios por los tiempos, las frustraciones por no conseguir sacar hacia adelante una idea, y aun así siguieron a mi lado, aunque el camino fuese duro y costoso.

Por vuestro amor incondicional y vuestra inmensa paciencia. Muchas gracias, todo lo he hecho yo, pero no podría haber conseguido nada sin vosotros, os quiero.



## Bibliografía

Barceló, J., Forte, M., Sanders, D. (2000). *Virtual Reality in Archaeology*. BAR International Series, S 843, Oxford.

De Amores Carredano, F. (2019). *Análisis de estructuras emergentes y sondeos arqueológicos en el antiguo convento de San Agustín (sevilla)* 2018.

Demetrescu, E., & Ferdani, D. (2021). From Field Archaeology to Virtual Reconstruction: A Five Steps Method Using the Extended Matrix. *Applied Sciences*, 11(11), 5206.

Duque Martínez J. y De Francisco Rodríguez S. (2015). *Arqueología Tridimensional, Las Técnicas 3D Aplicadas al Registro Paleolítico*.

Fernández González A. (2013). *El Desaparecido Monasterio Sevillano de San Agustín: Planos Inéditos del siglo XIX*.

Forte, M. (2010). *Cyber-Archaeology*, BAR International Series 2117, Oxford, pp. 9-13

Forte, M. (2010). *Introducing to Cyber-Archaeology*, BAR International Series 2177, Oxford

Guzman M. y Verstappen B. (2002). *¿Qué es la documentación?* Versoix: HURIDOCs

Montero de Espinosa F.M. (1817). *Antigüedades del convento casa Grande de San Agustín de Sevilla y noticias del Santo Crucifijo que en él se Venera*.

Reilly P. (1991). *Towards a virtual archaeology*. 133-139.

Resco, Pablo y Figueiredo, César. (2017). El Grado de Evidencia Historico-Arqueológica de las Reconstrucciones Virtuales: Hacia una Escala de Representación Gráfica. *Revista Otarq: Otras arqueologías*. 235. 10.23914/otarq.v0i1.96.

Grande León A. (2015). *Arqueología virtual: investigación, conservación y difusión del patrimonio en la era digital*.

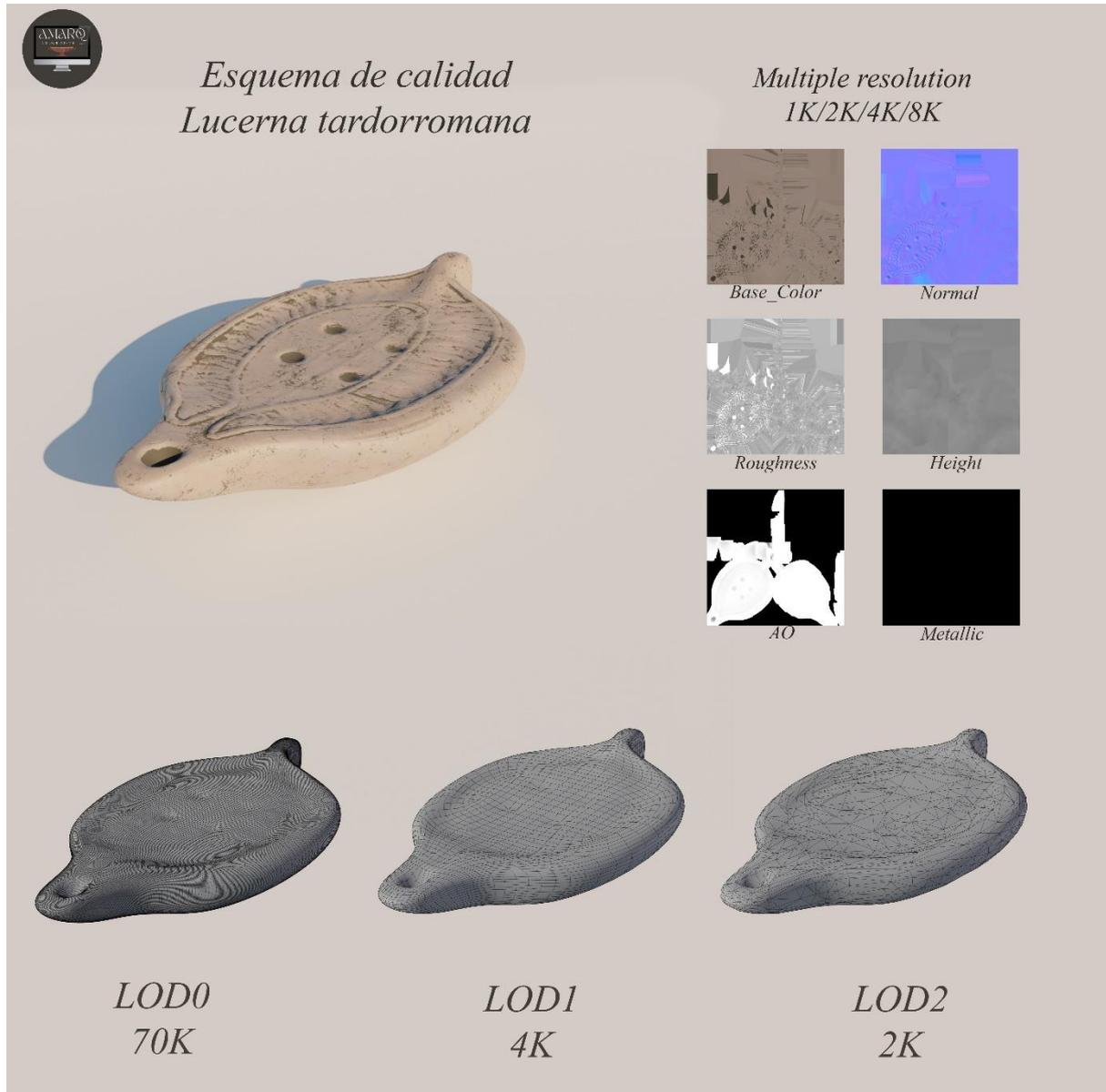
Rivero Gracia M.P. (2011). *La Arqueología Virtual como Fuente de Materiales para el Aula*.

(2012). *Principles of Seville, International Principles of Virtual Archaeology*.

Universidad de Alicante. (2023). *Máster en Patrimonio Virtual*.  
<https://cvnet.cpd.ua.es/webcvnet/PlanEstudio/planEstudioND.aspx?plan=9356&lengua=C&aca=2022-23>

(2018): “Plan Especial de Protección “Convento de San Agustín””.

## Anexos



*Anexo 1: Ejemplo de LODs. Elaboración propia.*