

Trabajo de Fin de Grado

Conociendo Burgos en 1812

Ignacio Barriocanal

Dirigido por:
Carmen Hernández
UPV/EHU

Junio 2020

Resumen

Este proyecto consiste en la realización de una animación que represente la ciudad de Burgos en 1812. Para ello es necesario georreferenciar el plano de Burgos de 1812 trazado por el ejército francés durante la Guerra de la Independencia; posteriormente, modelar y texturizar los edificios y, por último, modelar y texturizar la casa del Gobernador. Con ello se pretenden mostrar de forma gráfica los datos obtenidos en la fase de documentación y, así, representar de una forma fiel la realidad de la época y complementar los trabajos de investigación.

Agradecimientos

A mi familia, en especial a mi madre. Por toda su ayuda. Por su perfeccionismo, sus conocimientos y su trabajo.

A mis amigos, por sus consejos y por su apoyo. Por darme facilidades para desconectar.

A la directora Carmen, por creer desde el principio en este proyecto.

Índice

| | |
|---|-------------|
| Lista de Figuras | VIII |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Motivación | 1 |
| 1.2. Objetivos y marco del Proyecto | 1 |
| 1.3. Planificación | 2 |
| 1.3.1. Descripción | 2 |
| 1.3.2. Descripción de tareas | 3 |
| 1.3.3. Diagrama de Gantt | 8 |
| 1.3.4. Distribución de horas de trabajo | 9 |
| 1.4. Tecnologías utilizadas | 10 |
| 1.5. Contenido de la memoria | 11 |

| | |
|---|-----------|
| <i>ÍNDICE</i> | IV |
| 2. Conceptos básicos y definiciones preliminares | 12 |
| 2.1. Georreferenciación | 12 |
| 2.2. Georreferenciación de un mapa antiguo | 13 |
| 2.3. Software de modelado tridimensional | 15 |
| 2.4. Contexto histórico | 16 |
| 2.5. Definición de recorridos | 19 |
| 3. Georreferenciación | 21 |
| 3.1. Georreferenciación del plano de 1812 | 21 |
| 3.1.1. Tipo de transformación | 22 |
| 3.1.2. Método de remuestreo | 23 |
| 3.1.3. SRE de destino | 24 |
| 3.1.4. Ráster de salida | 24 |
| 3.1.5. Compresión | 24 |
| 3.1.6. Generar informe PDF | 25 |
| 3.1.7. Opciones adicionales | 25 |
| 3.1.8. Puntos homólogos | 25 |
| 3.2. Rasterización del plano georreferenciado | 26 |

| | |
|---|-----------|
| <i>ÍNDICE</i> | V |
| 3.2.1. Método 1: Poligonización manual | 27 |
| 3.2.2. Método 2: Poligonización automática QGIS | 28 |
| 4. Modelado de la ciudad | 32 |
| 4.1. Herramientas para el modelado de la ciudad | 32 |
| 4.2. Modelado de la ciudad | 33 |
| 4.2.1. Cuestiones históricas | 33 |
| 4.2.2. Cuestiones técnicas | 34 |
| 4.3. Texturizado de la ciudad | 35 |
| 4.3.1. Ejemplo de reconstrucción histórica de un edificio | 36 |
| 4.3.2. Texturizado de calles y plazas | 40 |
| 4.4. Visualización de la ciudad | 43 |
| 5. Modelado de la casa del Gobernador | 45 |
| 5.1. Contexto histórico de la casa del Gobernador | 45 |
| 5.2. Modelado y texturizado | 47 |
| 5.2.1. Fachada | 47 |
| 5.2.2. Estructura | 48 |
| 5.2.3. Decoración interior | 48 |

| | |
|--|-----------|
| <i>ÍNDICE</i> | VI |
| 5.3. Técnicas utilizadas | 49 |
| 5.4. Visualización de la casa | 51 |
| 5.4.1. Ejemplo de reconstrucción del gabinete de Su Excelencia | 51 |
| 5.4.2. Resultado final del gabinete de Su Excelencia | 52 |
| 5.4.3. Ejemplo de reconstrucción de la sala principal planta 2 | 52 |
| 5.4.4. Resultado final de la sala principal planta 2 | 53 |
| 6. Resultados finales | 54 |
| 6.1. Vídeo resultado | 54 |
| 6.1.1. Renderizado | 54 |
| 6.1.2. Secuencia de frames a vídeo | 56 |
| 6.1.3. Resultado final | 57 |
| 6.2. Opinión de usuario final | 57 |
| 7. Conclusiones y líneas futuras | 59 |
| 7.1. Conclusiones | 59 |
| 7.2. Líneas futuras | 60 |
| Bibliografía | 61 |

| | |
|---|------------|
| <i>ÍNDICE</i> | VII |
| Anexos | 63 |
| A. Informe georreferenciación | 64 |
| B. Resultado plano georreferenciado | 71 |
| C. Vistas del plano en Blender | 74 |
| D. Planos creados de la casa del Gobernador | 82 |
| E. Inventario creado de la casa del Gobernador | 89 |
| F. Renderizados de la casa del Gobernador | 94 |
| G. Shaders creados | 105 |
| H. Fuentes externas | 110 |
| H.1. Fuentes externas para modelos tridimensionales | 111 |
| H.2. Fuentes externas para texturas | 112 |
| H.3. Fuentes externas para sonidos | 113 |
| H.4. Fuentes externas para fotografías | 113 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| 1.1. Diagrama de Gantt | 8 |
| 1.2. Distribución de horas de trabajo | 9 |
| 2.1. Plano original 1812 | 18 |
| 2.2. Recorrido producto final | 19 |
| 2.3. Recorrido proyecto de fin de grado | 19 |
| 3.1. Comparación de métodos de remuestreo | 24 |
| 3.2. Plano georreferenciado | 26 |
| 3.3. Plano transformado | 27 |
| 3.4. Polígonos QGIS | 27 |
| 3.5. Plano sin modificar | 28 |
| 3.6. Plano transformado | 28 |

LISTA DE FIGURAS

IX

| | |
|--|----|
| 3.7. Polígonos automáticos | 28 |
| 3.8. Plano editado (color) | 29 |
| 3.9. Plano transformado (color) | 29 |
| 3.10. Polígonos automáticos (color) | 29 |
| 3.11. Plano editado (color y bordes) | 30 |
| 3.12. Plano transformado (color y bordes) | 30 |
| 3.13. Polígonos automáticos (color y bordes) | 30 |
| 3.14. Selección de un polígono | 31 |
| 4.1. Consulado del Mar, Espolón | 34 |
| 4.2. Edificio calle Fernán González | 34 |
| 4.3. Plano fachada 1807 | 36 |
| 4.4. Parador del Consultado en la Plaza de Vega | 36 |
| 4.5. Calle Fernán González N ^o 10 | 36 |
| 4.6. Descripción de la casa n ^o 80 en el Catastro de Ensenada | 37 |
| 4.7. Descripción de la casa n ^o 83 en el Catastro de Ensenada | 37 |
| 4.8. Aspecto actual Plaza de Santa María, número 3 | 38 |
| 4.9. Plano de la reforma de 1878 | 39 |
| 4.10. Plano de la reforma de 1853 | 39 |

LISTA DE FIGURAS

X

| | |
|---|----|
| 4.11. Resultado final Plaza de Santa María, número 3 | 39 |
| 4.12. Ejemplo del empedrado en fotografía antigua | 40 |
| 4.13. Ejemplo del empedrado en una reforma actual | 40 |
| 4.14. Grabado del Monumento del Cid | 42 |
| 4.15. Bordes resultantes en las texturas del suelo | 42 |
| 4.16. Máscara creada para la textura de tierra | 42 |
| 4.17. Disposición de nodos para el material del suelo | 42 |
| 4.18. Nodos de losas de piedra y de tierra | 42 |
| 4.19. Bordes finales en las texturas del suelo | 42 |
| 4.20. Fotografía Catedral Calle Sta. Águeda | 43 |
| 4.21. Render Catedral Calle Sta. Águeda | 43 |
| 4.22. Fotografía Plaza Sta. María | 43 |
| 4.23. Render Plaza Sta. María | 43 |
| 4.24. Fotografía Iglesia de San Nicolás | 44 |
| 4.25. Render Iglesia de San Nicolás | 44 |
| 4.26. Fotografía Palacio Arzobispal y Plaza del Sarmental [1] | 44 |
| 4.27. Render Palacio Arzobispal y Plaza del Sarmental | 44 |
| 5.1. Plano original fachada | 47 |

LISTA DE FIGURAS

XI

| | |
|---|----|
| 5.2. Plano adaptado fachada | 47 |
| 5.3. Fotografía de la escalera centra de la planta baja | 47 |
| 5.4. Render de la escalera centra de la planta baja | 47 |
| 5.5. Render alcoba interior del Gobernador | 49 |
| 5.6. Render sala principal planta 1 | 49 |
| 5.7. Inventario mayo 1812 | 52 |
| 5.8. Inventario septiembre 1812 | 52 |
| 5.9. Render Gabinete de Su Excelencia | 52 |
| 5.10. Inventario 4/5/1812 | 53 |
| 5.11. Render sala principal planta 2 | 53 |
| 6.1. Curvas en el “Graph Editor” | 55 |
| 6.2. Filtro de denoise en “Compositing” | 55 |

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

La realización de este proyecto tiene una motivación muy clara. Ayudar a la investigación histórica que está llevando a cabo Ana María Fernández “Burgos 1808-1813: la ciudad y sus gentes”. Este trabajo, realmente, no solo ayuda a una investigación concreta, sino a todas las que se realicen en un marco histórico y que puedan ser complementadas con reconstrucciones tridimensionales. Además, conecta múltiples ámbitos. Investigación histórica, arquitectura histórica, georreferenciación de mapas y varias áreas de gráficos como son modelado tridimensional, texturizado e iluminación.

1.2. Objetivos y marco del Proyecto

Los objetivos principales del proyecto son georreferenciar el plano de 1812 y obtener un vídeo ambientado en Burgos en 1812, fiel a la realidad de la época, para complementar la investigación sobre Burgos en dicho tiempo.

Se pretende realizar una recreación tridimensional de los edificios y elementos arquitectónicos de la época y poder explorarlos en vídeo para añadir una característica gráfica a la investigación original. Para ello se partirá del plano de 1812 dibujado por el ejército francés durante su estancia en Burgos. Se georreferenciará dicho plano y se procederá a levantar los edificios. Una vez obtenidos los modelos se texturizarán y se ambientará el entorno. Además, se ha considerado interesante obtener un modelo tridimensional interior de la casa más importante de la época en la ciudad, la casa del Gobernador. Por último, se realizará un recorrido por la ciudad y la casa del Gobernador. Esto permitirá visualizar gráficamente cómo es la vida en la época y trasladar a imágenes la máxima información posible de la investigación original. Es conveniente comentar que, por la documentación y el contexto histórico, este trabajo es diferente a uno de modelado tridimensional corriente. Es lo que hace especial a este proyecto y es uno de los objetivos principales, conseguir la recreación de la ciudad en su época.

1.3. Planificación

1.3.1. Descripción

Este Proyecto de Fin de Grado comienza a desarrollarse a partir del mes de enero de 2020. Se compaginará con 4 asignaturas en el segundo cuatrimestre. Se llevarán a cabo varias reuniones con la directora Carmen Hernández en las que se pondrán al día los resultados, se presentarán dudas y se tomarán decisiones sobre el rumbo del proyecto. En un proyecto como este, que pretende ajustarse a la realidad de una época lo máximo posible y que tiene un carácter histórico tan marcado, la fase de documentación es, presumiblemente, la fase más importante. También será la fase más dilatada en el tiempo, ya que se irán encontrando datos que modificarán resultados de tareas ya realizadas. La georreferenciación en QGIS y el modelado en Blender serán, también, partes importantes del trabajo, y es donde se plasmarán los resultados de la investigación y la documentación. Se sabe desde un principio que el proyecto es ambicioso y que no se podrá completar el objetivo de obtener un producto final completo, sino una parte del mismo que facilite la finalización.

De todas maneras, se intentará aprovechar el tiempo para obtener un producto lo más cercano posible al producto final. Esta planificación es vital para el proyecto. En ella se pretenden resumir las tareas que se van a realizar y aclarar más aún los objetivos y alcance del proyecto.

1.3.2. Descripción de tareas

G - PAQUETE DE GEORREFERENCIACIÓN

G.1. -Documentación sobre el plano.

Búsqueda de información sobre el datum del plano, referencias históricas, otros planos de la época realizados sobre el mismo terreno, etc.

G.2. -Documentación sobre QGIS.

Búsqueda de información sobre QGIS, descarga, instalación y realización de pequeños proyectos de prueba para familiarizarse con el entorno de trabajo y con los tipos de transformaciones.

G.3. -Corregistro.

Búsqueda de puntos que correspondan a la realidad actual y al mapa antiguo. Para ello se llevará a cabo una documentación in situ, complementada con planos de 1808, 1853, 1877, 1894 y 1912, complementada también con el plano catastral actual y con la herramienta de visor cartográfico online del Ayuntamiento de Burgos.

G.4. -Georreferenciación con pocos puntos.

Prueba de resultado de georreferenciación del plano con una cantidad reducida de puntos a la que después se añadirán más.

G.5. -Adición de puntos.

Una vez obtenido un plano georreferenciado con pocos puntos se busca añadir los máximos puntos posibles para aumentar la precisión.

G.6. -Obtención de resultado final del plano.

Después de haber realizado las pruebas pertinentes se obtendrá un plano georreferenciado final, a partir del cual se podrán levantar los polígonos y convertir a un modelo tridimensional georreferenciado.

M - PAQUETE DE MODELADO DE LA CIUDAD

M.1. -Documentación sobre la poligonización.

Exploración de las opciones para crear y levantar los polígonos. Pruebas de las opciones y elección de la técnica a utilizar.

M.2. -Documentación sobre Blender.

Aprendizaje de las técnicas que se pueden utilizar buscando ejemplos de lo que se hará para poder tener una base. En este caso, la realización de la asignatura Modelado 3D en paralelo con este proyecto tendrá mucha importancia y será de ayuda.

M.3. -Documentación sobre la ciudad.

Consulta de reformas de las casas entre 1812 y 1912 (sección de obras del Archivo Municipal de Burgos). Consulta de grabados, dibujos y fotografías del siglo XIX en Burgos. Consulta de planos, Google Street View y Google Earth. Consulta del Catastro de Ensenada de 1751 que proporcionará las alturas, medidas básicas y situación de los edificios a modelar. Esta documentación servirá para ceñirse lo más posible a la realidad en los edificios que siguen existiendo (y las modificaciones que han sufrido) y para tener los máximos datos posibles sobre los edificios que ya no existen. De esta manera se podrá ajustar con mayor precisión la ciudad modelada al contexto histórico que se pretende emular.

M.4. -Ajuste de la arquitectura de la ciudad.

Eliminar los edificios que existen en la actualidad y que no existían en la época.
Crear edificios que no existen en la actualidad, pero sí existían en la época.
Modificar edificios que existen en la actualidad y también existían en la época, pero que han sido reformados arquitectónicamente (cambios de alturas o cambios en las fachadas).
Modificar edificios concretos obtenidos para que se ajusten al resultado deseado (añadir torres en edificios como el Ayuntamiento, campanarios en las iglesias, etc.).

Modificar modelos de elementos arquitectónicos de la ciudad como murallas, tapias, puertas de la ciudad (arcos).

Modificar las alturas de todos los edificios de la ciudad.

M.5. -Definición de recorridos.

Teniendo una limitación de tiempo y recursos no será posible hacer un recorrido completo de la ciudad, por ello se elegirá una sección del mismo.

M.6. -Ambientación de la ciudad.

Creación de un modelo tridimensional para el río, con animación. Escultura del terreno para los bordes del río. Adición de árboles. Adición de objetos de la época (como carretas, faroles de aceite). Modelado de puentes. Aplicación de un environment para la iluminación exterior y el cielo.

M.7. -Modelado de elementos concretos.

Modelado del edificio del Palacio Arzobispal. Modelado de la fuente de Santa María. Modelado del monumento del Cid.

M.8. -Tejados, ventanas y puertas de edificios.

Modificación de los modelos de los edificios presentes en el recorrido definido para el proyecto. Adición de tejados, ventanas, balcones, puertas, toldos, etc.

M.9. -Búsqueda, descarga y aplicación de texturas.

Se localizarán texturas para el suelo, las fachadas y los elementos de ambiente añadidos (puentes, árboles, carros, etc.). Para conocer cuáles son las texturas idóneas será necesaria una documentación sobre los materiales y la normativa de construcción en los siglos XVIII y XIX. En algunos elementos concretos será posible realizar dicha documentación in situ porque aún se conservan.

M.10. -Renderizado del recorrido de la ciudad.

Por último se renderizará el recorrido final de la ciudad. De esta manera se obtendrá una secuencia de frames que constituirán la parte exterior del resultado final.

C - PAQUETE DE CASA DEL GOBERNADOR

C.1. -Documentación sobre la decoración y el edificio.

Búsqueda de información in situ, en el catastro, con documentos del Archivo Municipal de Burgos y entre ellos inventarios de enseres encontrados en dicha casa, que permiten elaborar un inventario unificado. Creación de planos para facilitar el proceso. Consulta a un aparejador para verificar la coherencia de los planos y corregir medidas.

C.2. -Modelado de la estructura del edificio.

Creación del modelo tridimensional de la fachada del edificio, así como de las paredes internas.

C.3. -Búsqueda y obtención de modelos y texturas.

Descarga de modelos tridimensionales de objetos adecuados a la época, mezclando estilos castellano y francés. Es posible que los modelos encontrados no sean directamente para Blender, por lo que será necesario pasar por software intermedio (3DSMAX, SKETCHUP).

C.4. -Modificación y remodelado de los objetos.

Es prácticamente imposible que los modelos representen exactamente cada objeto como se busca y se describe en la documentación. De hecho, lo más probable es que ninguno de los modelos lo haga, por lo que será necesario modificarlos para adaptarlos a la decoración y estilos de la época. Además, es probable que los modelos tengan un número excesivo de polígonos, lo que aporta más definición, pero también aumenta considerablemente su coste computacional; así que se reducirán en caso de que sea necesario.

C.5. -Modelado de objetos restantes.

Habrán objetos de los que no existan modelos que sean similares a lo que se busca o que no merezca la pena descargarlos, por lo que se modelarán. Ejemplos: campana de la cocina, silla castellana, mesa castellana, balcones, ventanas, puertas, vasos y platos.

C.6. -Colocación del inventario en la casa.

Una vez obtenidos, modificados y creados todos los modelos del inventario se situarán en la casa del Gobernador según el inventario. Para ello se realizarán operaciones de escalado, rotación y traslación.

C.7. -Texturizado completo de la casa.

Según la documentación se aplicarán los materiales descargados a todos los objetos, paredes, fachada y suelos.

C.8. -Ambientación de la casa.

Para añadir un ambiente adecuado a la casa se incluirán cuadros, alfombras, libros, plumas, menaje de la cocina, orinales, faroles, y demás objetos que se consideren indispensables para el contexto del edificio y la vida de la época.

C.9. -Iluminación.

Se iluminarán todas las habitaciones para poder realizar los renderizados pertinentes.

C.10. -Renderizado del recorrido de la casa.

Por último, se renderizará el recorrido final de la casa del Gobernador. De esta manera se obtendrá una secuencia de frames que constituirán la parte interior del resultado final.

F – PAQUETE DE RESULTADOS FINALES

F.1. -Paso de secuencia de imágenes a vídeo.

A partir de las secuencias de imágenes obtenidas (tanto del recorrido de la ciudad como del recorrido de la casa del Gobernador) se editará un vídeo que será el resultado final.

F.2. -Sonido ambiente.

Se buscarán música y sonidos coherentes con el contexto que se pretende recrear para añadir como efectos de sonido al vídeo. Con esto se concluirá el trabajo práctico del proyecto.

F.3. -Elaboración de las conclusiones.

F.4. -Realización de la memoria.

1.3.3. Diagrama de Gantt

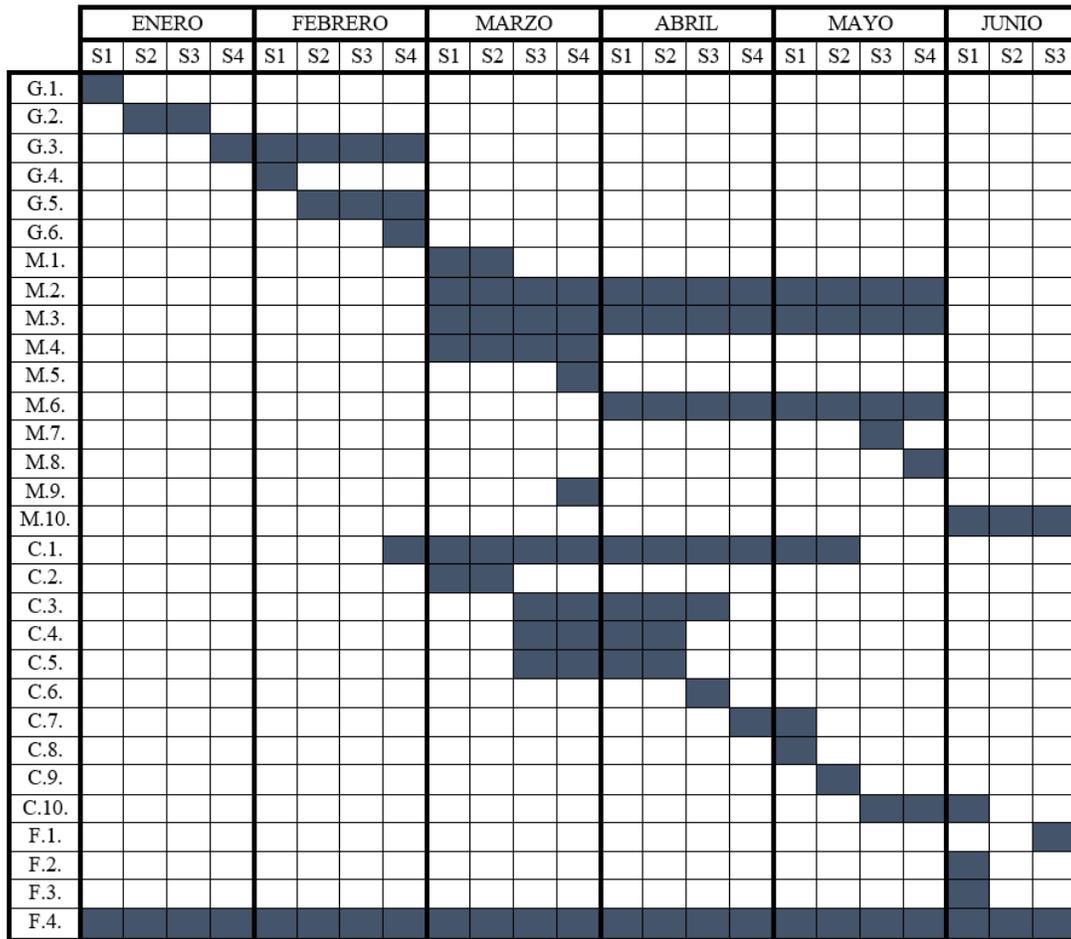


Figura 1.1: Diagrama de Gantt

1.3.4. Distribución de horas de trabajo

| | HORAS PLANIFICADAS | HORAS REALES |
|---|--------------------|--------------|
| Paquete de georreferenciación | 31 | 41 |
| G.1. Documentación sobre el plano. | 5 | 6 |
| G.2. Documentación sobre QGIS. | 5 | 10 |
| G.3. Corregistro. | 5 | 5 |
| G.4. Georreferenciación con pocos puntos. | 4 | 3 |
| G.5. Adición de puntos. | 10 | 15 |
| G.6. Obtención de resultado final del plano. | 2 | 2 |
| Paquete de modelado de la ciudad | 112 | 133 |
| M.1. Documentación sobre la poligonización. | 5 | 5 |
| M.2. Documentación sobre Blender. | 15 | 20 |
| M.3. Documentación sobre la ciudad. | 15 | 20 |
| M.4. Ajuste de la arquitectura de la ciudad. | 20 | 40 |
| M.5. Definición de recorridos. | 4 | 3 |
| M.6. Ambientación de la ciudad. | 10 | 15 |
| M.7. Modelado de elementos concretos. | 20 | 10 |
| M.8. Tejados, ventanas y puertas de edificios. | 15 | 10 |
| M.9. Búsqueda, descarga y aplicación de texturas. | 5 | 6 |
| M.10. Renderizado del recorrido de la ciudad. | 3 | 4* |
| Paquete de casa del Gobernador | 109 | 136 |
| C.1. Documentación sobre el inventario y el edificio. | 15 | 15 |
| C.2. Modelado de la estructura del edificio. | 8 | 10 |
| C.3. Búsqueda y obtención de modelos y texturas. | 25 | 30 |
| C.4. Modificación y remodelado de los objetos. | 25 | 20 |
| C.5. Modelado de objetos restantes. | 5 | 5 |
| C.6. Colocación del inventario en la casa. | 12 | 10 |
| C.7. Texturizado completo de la casa. | 5 | 10 |
| C.8. Ambientación de la casa. | 4 | 8 |
| C.9. Iluminación. | 5 | 8 |
| C.10. Renderizado del recorrido de la casa. | 5 | 20* |
| Paquete de resultados finales | 21 | 27 |
| F.1. Paso de secuencia de imágenes a video. | 2 | 2 |
| F.2. Sonido ambiente. | 2 | 2 |
| F.3. Elaboración de las conclusiones. | 2 | 3 |
| F.4. Realización de la memoria. | 15 | 20 |
| TOTAL | 273 | 337 |

Figura 1.2: Distribución de horas de trabajo

1.4. Tecnologías utilizadas

Como se ha comentado en la descripción de tareas, las tecnologías utilizadas son:

- **QGIS** versión 3.4.14. Sistema de información geográfica de software libre.
- **Blender** versión **2.82**. Software de creación tridimensional de código abierto.

Como tecnologías complementarias se han utilizado:

- **Blender** versión **2.79**. Software de creación tridimensional de código abierto. Versión que permite importar archivos *.3ds*.
- **SketchUp** 2020. Software de modelado tridimensional. Utilizado para abrir y exportar archivos *.skp*.
- Autodesk **3DSMAX** 2020. Software de modelador tridimensional. Utilizado para abrir y exportar archivos *.3ds* y *.obj*.
- **Adobe Photoshop**. Software de edición fotográfica. Utilizado para la realización del póster, para edición fotográfica en la fase de georreferenciación, para edición de texturas y para edición fotográfica en la memoria.
- **Sony Vegas** 13. Software de edición de vídeo y audio. Utilizado para la edición de vídeo del resultado final.
- **Audacity**. Software libre de edición de audio. Utilizado para la edición del audio del resultado final.
- **Overleaf** (\LaTeX). Editor online de \LaTeX , utilizado para la realización de la memoria.
- **Microsoft Word**. Procesador de textos. Utilizado para la realización de la memoria.
- **Google Drive**. Utilizado como sistema de información complementario para compartir archivos entre máquinas.

- **Notepad 2.** Editor de texto de código abierto. Utilizado para tomar apuntes y guardar información.
- **BlenderGIS.** Addon para Blender que integra el sistema de información geográfica en Blender. Utilizado para georreferenciar la escena, obtener la topografía y el modelo de edificios.
- **Blender-OSM.** Addon para Blender que integra el sistema de información geográfica de OpenStreetMap en Blender. Utilizado para obtener modelos de edificios concretos.
- **Fuentes externas** descritas en la bibliografía para la obtención de modelos, texturas y materiales.

1.5. Contenido de la memoria

En el siguiente capítulo se tratarán definiciones de conceptos que aparecerán numerosas veces a lo largo de la memoria y que se consideran importantes. También se contextualizará históricamente este trabajo. Por último, se harán las definiciones de recorridos correspondientes.

En los capítulos posteriores se tratarán en profundidad los paquetes ya definidos, georreferenciación, modelado de la ciudad y modelado de la casa del Gobernador.

Se hablará, también, de los resultados obtenidos, las conclusiones y las líneas futuras.

Por último, en los anexos se incluirán fotografías de los planos utilizados, planos resultantes y renderizados (a página completa). Se listarán las fuentes externas utilizadas para la realización del proyecto.

Capítulo 2

Conceptos básicos y definiciones preliminares

2.1. Georreferenciación

La **georreferenciación** es un método esencial para el análisis de datos geoespaciales, que permite posicionar un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. Así pues, existen dos **sistemas de coordenadas**: el sistema de coordenadas de origen (el sistema de coordenadas proyectadas del plano de 1812 en este caso) y el sistema de coordenadas de destino (el sistema de coordenadas geográficas mundial de 1984 -WGS84-, estándar universal).

A su vez, cada sistema puede ser de coordenadas proyectadas o geográficas.

Los sistemas de coordenadas proyectadas tienen la latitud y la longitud referidas a un plano en el cual se ha proyectado parte de la superficie terrestre modelada con un datum. No es posible una proyección sin distorsión entre una superficie elipsoidal y un plano. Uno de los sistemas más comunes es el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM).

Los sistemas de coordenadas geográficas tienen asociadas la latitud y la longitud a un datum geodésico específico. El datum más común es el World Geodetic System 84 (WGS84).

Un **datum** geodésico es una referencia de las medidas tomadas. En geodesia, un datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales se toman las medidas de referencia y se define el sistema de coordenadas geográfico, mediante un modelo asociado, a la forma de la tierra (un elipsoide de referencia). Un datum horizontal describe un punto sobre la superficie terrestre.

Para el posicionamiento se utiliza una función matemática del tipo:

$$X = f(x, y) \quad Y = f(x, y)$$

Así, (x,y) son las coordenadas en el sistema de coordenadas de origen, y (X,Y) son las coordenadas de destino.

Para georreferenciar de manera correcta es necesario identificar **puntos homólogos** en ambos sistemas de coordenadas, de esta manera se podrá calcular la transformación. Se denomina **corregistro** al proceso por el cual se identifican puntos homólogos, es decir, se asocian puntos del sistema de coordenadas de origen (x,y) con puntos del sistema de coordenadas de destino (X,Y) .

La calidad de la transformación depende del número de puntos homólogos y de la distribución de los mismos.

2.2. Georreferenciación de un mapa antiguo

Al existir mapas antiguos digitalizados, la cartografía histórica puede ser integrada en los sistemas de información geográfica actuales y, de esta manera, es posible analizar la información que dichos mapas antiguos contienen.

Como se ha comentado anteriormente, para el proceso de georreferenciación se necesitan puntos homólogos. El proceso de obtención de puntos homólogos es muy importante y conlleva una documentación histórica y una documentación actual precisas.

También es necesario analizar las características del mapa antiguo digitalizado, como resolución, formato, contexto histórico y cartográfico, propósito del mapa, estado del mapa o deformaciones del mismo.

Por lo general, al realizar georreferenciaciones históricas con un volumen elevado de documentos, se tiende a seleccionar únicamente dos puntos en todo el mapa. Esto se debe a que se busca no consumir grandes cantidades de recursos y que la deformación del original sea mínima, pero el resultado es una georreferenciación aproximada, es decir, no aporta gran precisión. Se suele dejar la obtención de grandes cantidades de puntos para trabajos de investigación concretos que busquen precisión y que tengan un contexto y una documentación más amplia, como es el caso del presente trabajo.

La cantidad de puntos homólogos y su distribución son factores determinantes. Añadir un punto homólogo más puede tener ventajas e inconvenientes. Puede que el punto sea preciso y coherente con la distribución en ambos sistemas de coordenadas del resto de puntos homólogos identificados, en cuyo caso lo más probable es que no genere deformaciones. La otra opción es que, aunque sea un punto preciso y real, genere deformaciones, esto puede ser debido a la distribución o a imprecisiones en el plano original. Por ello, obtener los puntos que mejor resultado ofrezcan al georreferenciar el plano puede convertirse en un proceso de ensayo y error.

Hay que tener en cuenta la calidad de los documentos digitalizados tanto de entrada como de salida. El documento de salida tendrá siempre una calidad inferior al de entrada, ya sea por deformaciones, por el método de remuestreo aplicado o por la transformación resultante, pero estará georreferenciado. Para que la reducción de calidad se vea afectada lo mínimo posible es importante obtener la mejor versión disponible del mapa.

La última consideración que se contempla es el software utilizado para la georreferenciación. Se ha elegido **QGIS** por ser una aplicación de código abierto y software libre que es considerado un sistema de información geográfica profesional.

2.3. Software de modelado tridimensional

El siguiente proceso a la georreferenciación será el traslado de esos datos a un software de modelado tridimensional. Una vez más, se ha elegido una aplicación de software libre y código abierto de uso profesional, Blender, en su versión 2.82.

Además de la infinidad de funcionalidades implementadas por los desarrolladores, Blender tiene una característica de la que puede presumir: su comunidad. De hecho, para que este trabajo se haya podido llevar a cabo, han sido indispensables dos addons desarrollados por la comunidad de Blender como son BlenderGIS y Blender-OSM.

BlenderGIS es un addon que integra en Blender un Sistema de Información Geográfica (SIG, GIS en inglés). De esta manera, se puede importar en Blender un ráster georreferenciado, y BlenderGIS se encarga de georreferenciar la escena. Además, puede obtener datos externos en relación con el ráster georreferenciado que se haya importado, como datos de OpenStreetMap (elementos naturales o arquitectónicos, entre otras cosas) o el SRTM (el modelo de elevación del terreno producido por la NASA).

Blender-OSM es otro addon que permite obtener datos de OpenStreetMap (OSM) e importarlos en Blender. Este addon se utilizará como secundario, para los elementos arquitectónicos que BlenderGIS no obtenga de forma precisa. De esta forma, se combinarán ambos addons para que el resultado sea completo.

Así, ya en Blender, con los addons BlenderGIS y Blender-OSM, se podrá importar el ráster georreferenciado, se podrán obtener modelos tridimensionales esquemáticos de los edificios actuales y se podrá obtener la elevación del terreno y aplicarla al ráster. Es decir, se podrá pasar de un plano bidimensional a un sistema tridimensional.

Las instalaciones son como la de cualquier otro add-on de Blender, descargándolos desde los repositorios oficiales e instalándolo desde Preferencias, Add-ons, Install.

A partir de ese momento con BlenderGIS aparecerá el menú adicional superior “GIS” y con Blender-OSM aparecerá el menú adicional lateral “osm”, desde los que se podrán realizar todas las operaciones previamente listadas y algunas adicionales.

Además de Blender 2.82 se ha utilizado Blender 2.79 que, a diferencia de la versión 2.82 cuenta con la funcionalidad de importar archivos *.3ds*.

También se han utilizado 3ds Max y SketchUp como software 3d complementario, ya que la mayor parte de los objetos estaban realizados en dichos programas. Se han utilizado para exportarlos a *.obj* y así poder importarlos en Blender.

2.4. Contexto histórico

El plano del que se parte [2] es un plano de batalla de la Guerra de la Independencia (del asedio por parte de las tropas aliadas al castillo de Burgos ocupado por los franceses) correspondiente a septiembre de 1812.

En el s.XVIII el geógrafo italiano Cassini, afincado en Francia, estableció un sistema de triangulación geodésica, un método novedoso que tomando como punto astronómico base el meridiano de París, establecía una red de 440 puntos o jalones distribuidos por todo el territorio. Así, y subdividiendo el proceso pormenorizadamente, se consiguió realizar un mapa de Francia mucho más detallado y real que los existentes (La Carte de Cassini o Carte de l’Académie). Este método se utilizó durante todo el s.XIX.

Durante las guerras Napoleónicas, Napoleón crea su propio Cabinet Topographique para el que los mejores geógrafos elaboran mapas de los países y planos de ciudades donde se desarrollan las contiendas. Para España el Emperador creó específicamente El Bureau Topographique de l’Armée d’Espagne para el levantamiento in situ de una cartografía que facilitase la ocupación de la Península.

El primer plano hecho ya en territorio español fue un plano de caminos y conllevó que mataran a 8 cartógrafos. A partir de este punto las órdenes de creación de planos dejaron de ser para los cartógrafos y fueron para los militares preparados en este tipo de ámbitos técnicos. Debido a la hostilidad de los españoles los planos no se levantaron con los medios adecuados. La inexistencia de planos anteriores que sirvieran de referencia dificultó más su tarea. En 1808 trazaron un plano de Burgos y sus alrededores en el que se destacan el relieve, los tipos de terreno (bosques, cultivos, huertas, cauces de agua) y los caminos; el plano de calles y viviendas es esquemático. Este plano está levantado con una brújula y efectuando algunas mediciones gracias a cuerdas tomando como jalones probablemente las elevaciones de algunos edificios, y rellenado a base de triangulación. Aunque el sistema era novedoso para la época, no es lo suficientemente preciso para que coincida al superponerlo con el plano actual tomado por satélite. [3]

Inspirándose en ese primer plano, el plano de 1812 que se utiliza en este trabajo, detalla un poco más la población. Aun así, es un dibujo probablemente efectuado desde el castillo o desde el cerro de San Miguel, por lo que la posición del dibujante también falsea las perspectivas. Con respecto al plano de satélite actual, la zona más deformada es el barrio de San Esteban situado en la pendiente del Castillo.

En el plano figura la tradicional escala en toesas y otra novedosa en metros, pues el sistema métrico se había introducido recientemente en Francia (1795); la medida del metro adoptada entonces difiere de la actual en un error de 10m cada 10.000km, siendo el metro de la época menor que el actual, lo que conlleva diferencias con el plano actual de satélite.

En el plano se reflejan formas geométricas que comprenden los edificios y corrales o jardines tapiados, sin detallar el número, forma o altura de los edificios individuales, lo que dificulta enormemente realizar una reconstrucción; figuran también la vegetación, las murallas, los cauces de agua y las calles. Al ser un plano con un objetivo bélico, aparecen anotados los lugares más importantes como los diversos cuarteles (conventos o edificios particulares en su mayoría), las plazas y más detalladamente el Castillo con sus diversos recintos en los que se anotan las sucesivas posiciones del enemigo durante el asedio.

El último datum establecido antes de 1812 se realizó en 1805, pero fue en 1817 cuando se estableció en Francia este datum diferente, el elipsoide de Plessis. Fue aplicado por el Dépôt de la Guerre, que es precisamente el departamento de cartografía y archivo militar francés. El departamento fue reestructurado tanto en 1814 como en 1823. Como es evidente, estas reestructuraciones y el establecimiento del datum son posteriores a 1812, por lo que no puede servir de referencia para la georreferencia del plano burgalés.

Así pues, lo más probable es que la transformación que se utilizase en la época fuera la establecida por la familia Cassini en el siglo XVIII, pero no está plasmado en el plano, por lo que se asumirá que el plano no tiene un **datum** conocido asociado.

Para transformar el plano esquemático de 1812 dándole el detalle de cada casa, hay que basarse en el **catastro de Ensenada de 1751** que determina las posesiones de cada propietario con descripción de los edificios en número de plantas, medidas y posición respecto a las contiguas; asimismo se tienen en cuenta numeraciones de casas entre 1806 y 1816, cambios de numeraciones y reformas de casas y calles entre 1773 y 1951.

Además, es visible que la **escala** del plano es 1:2750.

Por último, las **dimensiones** del plano escaneado (el ráster) son 3686x2542 píxeles (ancho x alto) a 100 píxeles por pulgada, lo cual es positivo de cara al tratamiento que se realiza sobre el ráster en el proceso de georreferenciación.

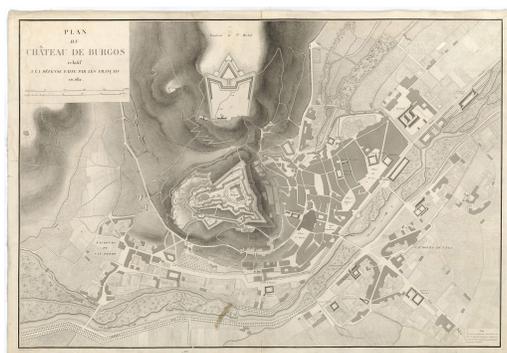


Figura 2.1: Plano original 1812

2.5. Definición de recorridos

En base al contexto histórico anterior, se ha trazado un recorrido deseado para el **producto final** que pasaría por todos los puntos de interés que se listan en la figura 2.2.

Por falta de tiempo y recursos, es inviable realizar el recorrido trazado para el producto final, por lo que, para este trabajo se ha tomado una parte del mismo simplificada. A partir de ahora en el documento, cada vez que se hable del **recorrido** se hablará de esta versión del mismo, que pasa por los puntos de interés listados en la figura 2.3.

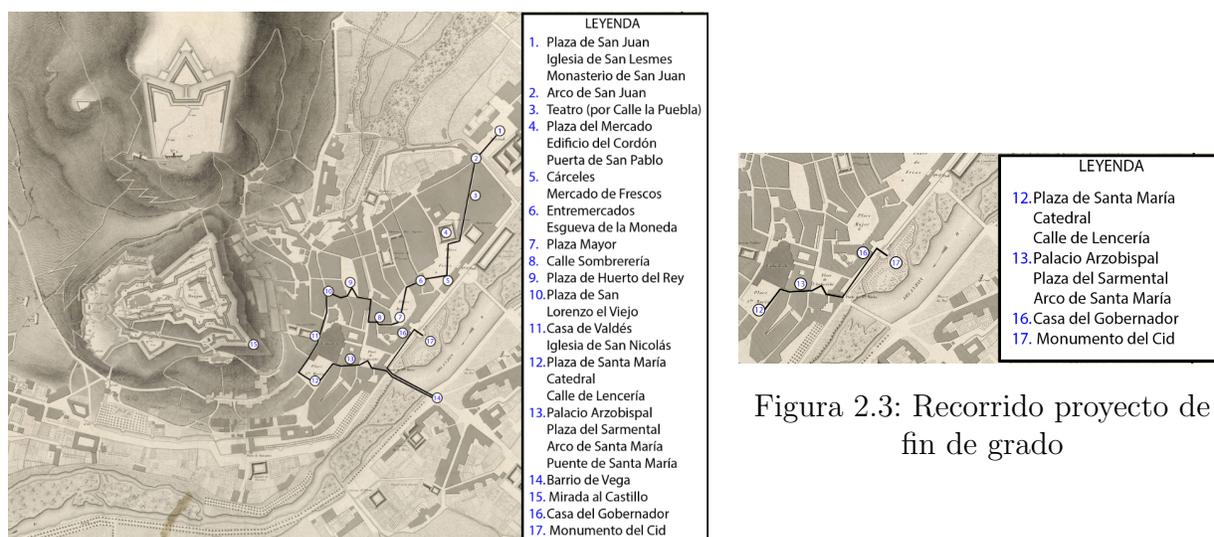


Figura 2.2: Recorrido producto final

Figura 2.3: Recorrido proyecto de fin de grado

Aunque parezca una reducción considerable, realmente no es tal. De hecho, muchos procesos tienen que ser realizados de forma global al plano. En cambio, el modelado y texturizado en detalle será limitado a los elementos que se visualicen en este recorrido en vez de al plano completo.

Para la ejecución y creación del recorrido es importante tener en cuenta el **hardware** del que se dispone:

Ordenador de sobremesa principal:

Intel Core i5-7600K 3.8GHz
 NVIDIA GeForce GTX 1060 3GB
 16GB RAM

Ordenador portátil secundario:

Intel Core i7-6700HQ 2.6GHz
 NVIDIA GeForce GTX 960M 2GB
 8GB RAM

La fase de georreferenciación no es excesivamente exigente para el hardware, pero el modelado y, sobre todo, el renderizado para obtener el resultado final, sí lo son.

Como se ha podido ver, en la planificación no se han tenido en cuenta el número de horas de renderizado por ser un proceso semiautomático, sino que se han tenido en cuenta las horas que ha tomado preparar el renderizado, revisar, analizar y corregir los resultados. El tiempo dedicado para un renderizado depende de muchos factores, por lo que, además es necesario realizar pruebas con diferentes configuraciones para conocer cuál ofrece los mejores resultados.

Se han realizado dos bloques diferentes de renderizados, el de la ciudad y el de la casa del Gobernador.

El renderizado de la ciudad cuenta con 2868 frames y el renderizado de la casa cuenta con 4208 frames.

El tiempo aproximado para renderizar cada frame de la ciudad es de 2 minutos, por lo que el tiempo estimado sin errores en el renderizado es de 96 horas (casi 4 días). A eso se añaden los frames repetidos para mejorar los resultados (850 frames, aproximadamente 28 horas).

El tiempo aproximado para renderizar cada frame de la casa del Gobernador es de 3 minutos, por lo que el tiempo estimado sin errores en el renderizado es de 210 horas (prácticamente 9 días). A ese tiempo se le ha sumado el correspondiente a los frames repetidos para mejorar los resultados (2610 frames, 5 días y medio).

Así, el **tiempo total ideal** es de 306 horas (prácticamente 13 días) y el **tiempo total real** de renderizado es de 465 horas (entre 19 y 20 días).

Capítulo 3

Georreferenciación

3.1. Georreferenciación del plano de 1812

El primer proceso a realizar es la georreferenciación del mapa de Burgos de 1812.

Ya se ha comentado el contexto histórico y las características principales del plano, por lo que ahora se entrará de lleno en la georreferenciación del plano por software, mediante QGIS.

QGIS es un sistema de información geográfica (GIS) de software libre. La versión utilizada de QGIS ha sido la 3.4.14 y su instalación común incluye un plugin de georreferenciación llamado “Georeferencer GDAL” [4], el único proceso a realizar para utilizarlo es habilitar dicho plugin desde el menú Plugins → Gestión de Plugins.

En QGIS se pueden realizar transformaciones entre dos datums conocidos o entre uno desconocido (el del plano original) y uno conocido (el actual).

Antes de comenzar con la georreferenciación, es necesario saber que el proceso va a consistir en añadir puntos de control. Para ello, se elegirá un punto del ráster original (el plano de 1812) y se hará corresponder con las coordenadas reales de un punto actual. Estas coordenadas pueden ser escritas directamente si se conocen o elegidas marcando un punto en un mapa real, y este último ha sido el método utilizado. Así pues, se trabaja con el mapa actual y el plano de 1812 en paralelo.

El mapa actual elegido es de OpenStreetMap (o OSM) que es un proyecto colaborativo de mapas editables y libres.

El proceso de georreferenciación de un ráster comienza en Ráster \rightarrow Georeferencer \rightarrow Georeferencer. Se abre una ventana en la que la primera opción es añadir un ráster (en este caso el plano de 1812). Una vez elegido el ráster se pueden cargar puntos de control desde un archivo, añadir nuevos, modificarlos y borrarlos. También se pueden realizar desplazamientos con zoom por el ráster, modificar las opciones de la transformación y ejecutar la georreferenciación. Es necesario modificar las **opciones de transformación** según las características del ráster y de la transformación a realizar. [5]

3.1.1. Tipo de transformación

En “tipo de transformación” se puede elegir entre Lineal, Helmert, Polinomial 1, Polinomial 2, Polinomial 3, Thin Plate Spline y Proyectivo [6].

La transformación lineal es diferente al resto de algoritmos, no transforma el ráster realmente. Este algoritmo no debería ser suficiente si se trata un ráster escaneado. Si se utiliza la transformación lineal se puede marcar la opción “solo crear archivo de georreferenciación”, en caso de marcarla se desactiva el ráster de salida y se creará un archivo de texto plano con 6 coeficientes de transformación afín (desplazamiento, escalado y rotación) que puede servir para georreferenciar más rásters de la misma manera.

La transformación Helmert hace rotaciones y escalados simples.

Los algoritmos polinomiales de 1 a 3 son los más utilizados, también son conocidas como transformaciones afines.

La transformación polinomial de primer orden preserva la colinearidad y permite solo escalado, traslación y rotación. (Requiere un mínimo de 3 puntos de control).

La transformación polinomial de segundo orden permite, además, la curvatura del ráster. (Requiere un mínimo de 6 puntos de control).

La transformación polinomial de tercer orden permite también la curvatura del ráster. (Requiere un mínimo de 10 puntos de control).

Thin Plate Spline es un método de georreferencia moderno que introduce deformaciones en el ráster. Es útil para georreferenciar rásters originales de baja calidad.

La transformación proyectiva hace traslación y rotación lineal de las coordenadas.

Se han realizado pruebas con todos los tipos de transformación y el que mejor resultados ha dado y con el que se ha trabajado ha sido Thin Plate Spline.

3.1.2. Método de remuestreo

En “método de remuestreo” se puede elegir entre los siguientes tipos de interpolación: Vecino más próximo, Lineal, Cúbica, Spline cúbica y Lanczos.

Vecino más próximo es el predeterminado, utiliza el valor de la celda más cercana para asignar un valor a la celda de salida durante el remuestreo.

Este método tiende a generar un efecto de dientes de sierra en las líneas, lo cual es más evidente si el ráster no tiene una buena resolución.

Lineal determina el nuevo valor de una celda en función del promedio de distancia de los cuatro centros de píxeles más cercanos.

Cúbica determina el nuevo valor de una celda en función del ajuste de una curva suave a través de los 16 centros de píxeles más cercanos.

Spline cúbica determina el nuevo valor de una celda en función del ajuste de una curva B-Spline cúbica a través de los 16 centros de píxeles más cercanos.

Lanczos determina el nuevo valor de una celda en función del ajuste de una curva suave a través de los 32 centros de píxeles más cercanos.

Cada uno obtiene un resultado más difuminado que el anterior en los bordes o contrastes.

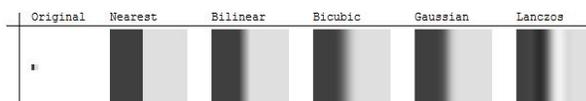


Figura 3.1: Comparación de métodos de remuestreo

Para el ráster resultante no es necesario que se suavice ningún borde por la buena resolución del original, con lo cual, el método de remuestreo utilizado ha sido Vecino más próximo.

3.1.3. SRE de destino

En “SRE de destino” es importante asignar el datum de destino, que va a ser el datum del mapa actual, en este caso el utilizado en OpenStreetMap. Si, como se ha hecho, se ha seleccionado previamente una capa con un datum asignado, automáticamente se rellenará este campo (en este caso con el datum EPSG:3857 - WGS84 / PseudoMercator).

3.1.4. Ráster de salida

En “ráster de salida” será necesario introducir una ruta y un nombre para el archivo ráster de salida que se generará cuando se ejecute la transformación.

3.1.5. Compresión

En “compresión” se permite elegir entre None, LZW, PASCKBITS y DEFLATE. En este caso se utilizará “None” porque el ráster de entrada pesa 2MB y con las pruebas realizadas, la salida no supera los 60MB, por lo que, al no ser tamaños elevados se cree conveniente que prime la calidad ante el peso del ráster resultante.

3.1.6. Generar informe PDF

Se pueden generar tanto un mapa como un informe PDF. El mapa generado es el mapa original con los puntos de control y la distancia de diferencia con el plano actual. El informe contiene el mapa original, los residuos y una tabla con las características de cada punto de control. El informe del plano georreferenciado se incluye en el Anexo [A](#).

3.1.7. Opciones adicionales

Se puede marcar la casilla “Usar 0 para transparencia cuando sea necesario” que se encarga de convertir a píxeles transparentes todos los que tengan valor 0, es decir, color blanco. No se ha marcado, porque no aporta ninguna mejora al resultado, ya que no hay zonas blancas ni se desea que sean transparentes.

Se puede establecer la resolución del ráster de destino. En este caso no se ha modificado, para que la resolución sea la que resulte después de aplicar la transformación.

Por último, se puede activar la casilla “Cargar en QGIS cuando esté hecho” que creará una capa nueva con el ráster georreferenciado.

3.1.8. Puntos homólogos

En este caso no existen puntos de control geográficos como podrían ser meridianos o paralelos, por lo que los puntos de control elegidos son puntos que siguen existiendo en la actualidad. Por ejemplo, son muy útiles partes de las murallas, las puertas de la ciudad, casas nobles, iglesias, el ayuntamiento, esquinas de edificios que se conservan...

Se han elegido más de **250 puntos de control** contrastando los elementos arquitectónicos que se conservan de la época.

En el Anexo A se presenta la tabla con todos los puntos de control.

El resultado final del plano después de aplicarle las transformaciones de georreferenciación es el siguiente (resultado ampliado en el Anexo B):



Figura 3.2: Plano georreferenciado

3.2. Rasterización del plano georreferenciado

Se han realizado pruebas con diferentes métodos para ver qué manera es la más correcta y exacta para el paso de ráster a polígonos sobre el mapa georreferenciado (para su posterior levantamiento).

Para la comparación de todos los métodos se han realizado ejemplos a pequeña escala, con 4 bloques de edificios.

3.2.1. Método 1: Poligonización manual

Como primer método se ha utilizado la herramienta de QGIS de trazado de polígonos como dibujo manual [7].

En primer lugar, se ha creado una capa nueva vacía en QGIS y se ha seleccionado la herramienta de creación de polígonos.

Para la creación de cada polígono hay que hacer clic izquierdo sobre cada esquina del bloque de edificios en orden (agujas del reloj o viceversa, eso no es relevante). Una vez seleccionadas todas las esquinas del bloque de edificios (todos los vértices del polígono), hay que hacer clic derecho para cerrar el polígono. De esta manera se podrá iniciar la creación del siguiente polígono.



Figura 3.3: Plano transformado



Figura 3.4: Polígonos QGIS

En las figuras superiores se puede ver que el resultado no es muy exacto. Los polígonos no se ajustan siempre de la forma más exacta al mapa de la capa inferior. Esto puede ser por dos motivos. Puede ser necesario añadir vértices que no son esquinas en la realidad por las pequeñas deformaciones que haya podido sufrir el mapa al ser georreferenciado. O puede ser, como en el caso de la Catedral, o de edificios más complejos, que existan límites curvos, por lo que dibujar un polígono no es una opción factible.

Además, es un proceso sencillo pero que consume tiempo.

3.2.2. Método 2: Poligonización automática QGIS

El siguiente método que se ha utilizado ha sido la herramienta de “*Raster To Vector*” de QGIS [8]. Esta herramienta se guía por el color de los píxeles del ráster para obtener polígonos de todas las zonas de píxeles en las que el color cambie de forma mínima o directamente no cambie. Además, es importante tener en cuenta, que los resultados que devuelve son en una capa *.shp* (shape, forma geométrica), que se puede importar a los software de edición en 3D (Blender en este caso) para el levantamiento de los polígonos. De esta forma si proporcionara resultados precisos se podría enlazar este proceso con el siguiente sin ningún problema. Se ha aplicado de 4 maneras diferentes.

Poligonizar sin modificar

La primera aplicación ha sido sobre la capa del plano georreferenciado tal cual se ha obtenido, sin realizar ninguna modificación sobre este.

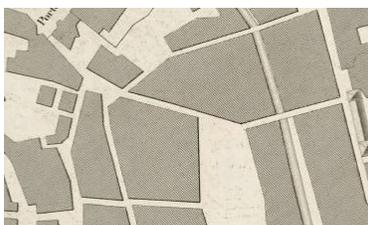


Figura 3.5: Plano sin modificar



Figura 3.6: Plano transformado

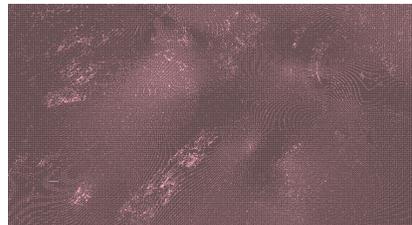


Figura 3.7: Polígonos automáticos

En las figuras superiores se aprecian los resultados de los pasos que se han seguido. En primer lugar, la imagen del plano de partida (original, formato *.jpg*). En segundo lugar, la imagen del plano georreferenciado (procesado por QGIS, formato *.tiff*). Y, en último lugar, el resultado de aplicar la herramienta Raster To Vector a la capa del plano georreferenciado.

El resultado no es positivo, se puede ver que hay prácticamente un polígono por píxel, con menor concentración de píxeles donde los colores son exactamente iguales.

Edición de color antes de georreferenciar

La tercera aplicación de Raster To Vector ha sido sobre una región del plano editada, se han cambiado de color 4 bloques de edificios con Photoshop. El color elegido ha sido rojo para que exista contraste con la escala de grises original.



Figura 3.8: Plano editado (color)

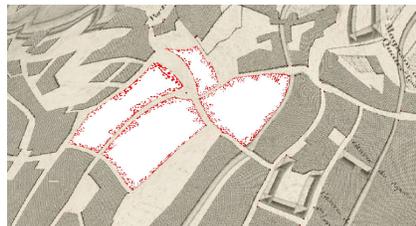


Figura 3.9: Plano transformado (color)

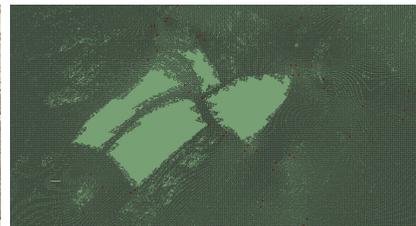


Figura 3.10: Polígonos automáticos (color)

En las figuras superiores se aprecian los resultados de los pasos que se han seguido. En primer lugar, la imagen del plano editada (formato *.jpg*). En segundo lugar, la imagen del plano editado georreferenciada (procesado por QGIS, formato *.tif*) donde se puede apreciar que se pierde el rojo (se ha realizado con azul turquesa y la pérdida de color es la misma). Aun así, todo adquiere el mismo color blanco, salvo los píxeles cercanos a los bordes que se pueden observar. Y, en último lugar, el resultado de aplicar la herramienta Raster To Vector a la capa del plano editado georreferenciado.

El resultado ha cambiado radicalmente respecto a las anteriores aplicaciones de esta herramienta. Se aprecian 4 zonas con un único polígono en cada una (en la anterior aplicación había una concentración menor de polígonos, pero prácticamente existía uno por cada 4 píxeles). De todas maneras, los límites del polígono son muy imprecisos.

Edición de color y borde antes de georreferenciar

La siguiente aplicación de Raster To Vector ha sido sobre la misma región del plano editada de una forma parecida.

Se han cambiado de color los mismos 4 bloques de edificios con Photoshop, pero se han contorneado para comprobar si la herramienta Raster To Vector reconoce los bordes y si, así, mejora el resultado como para poder partir de los polígonos individuales que representen cada bloque de edificios. Se ha cambiado de color a azul turquesa para mostrar cómo trabaja QGIS con otro color además de con bordes.

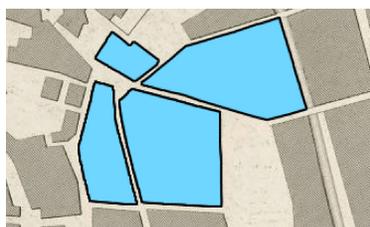


Figura 3.11: Plano editado (color y bordes)

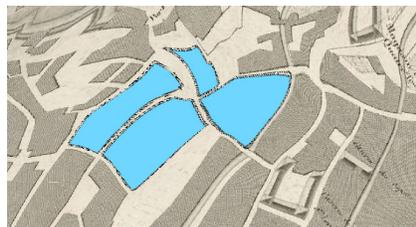


Figura 3.12: Plano transformado (color y bordes)



Figura 3.13: Polígonos automáticos (color y bordes)

En las figuras superiores se aprecian los resultados de los pasos que se han seguido. En primer lugar, la imagen del plano editada con bordes (formato *.jpg*). En segundo lugar, la imagen del plano editado georreferenciado (procesada por QGIS, formato *.tiff*) donde se puede apreciar que se pierde parte de los bordes, pero el color azul turquesa se mantiene en los límites de las figuras de cada bloque de edificios. Y, en último lugar, el resultado de aplicar la herramienta Raster To Vector a la capa del plano editado georreferenciado.

El resultado es diferente a la aplicación anterior. Se han creado polígonos blancos que corresponden a los píxeles negros que aparecían disueltos en el plano editado georreferenciado. Se aprecian 4 polígonos con los límites (las aristas) mejor definidos. Los límites, a pesar de haber mejorado, siguen siendo imprecisos.

Filtrado de polígonos

Si se realizase un filtrado eliminando todos los polígonos con área inferior a 20 píxeles, por ejemplo, los polígonos resultantes serían los individuales que corresponden a cada bloque de edificios, pero igualmente resultan muy imprecisos.



Figura 3.14: Selección de un polígono

En la figura superior se puede apreciar uno de los 4 polígonos seleccionado y cómo son los bordes visualizándolo sobre el plano editado georreferenciado.

Se ha comprobado, entonces, con estas 4 aplicaciones diferentes de la herramienta, que Raster To Vector no proporciona un resultado preciso del cual poder partir para realizar un levantamiento.

Como se ha visto, los anteriores métodos en los que se obtenían los polígonos a partir del ráster georreferenciado no han sido suficientemente efectivos.

En el siguiente capítulo se pasará del ráster georreferenciado a modelo tridimensional y se justificará el proceso.

Capítulo 4

Modelado de la ciudad

4.1. Herramientas para el modelado de la ciudad

Como se ha comentado en el anterior capítulo, los métodos de poligonización no proporcionaban los resultados buscados. Por lo tanto, utilizando **BlenderGIS** (herramienta descrita en el segundo capítulo) se puede importar un ráster georreferenciado y los edificios actuales sobre los que se pueden realizar ajustes, eliminar los construidos posteriormente a 1812 y añadir los edificios que existieran en la época y que ahora no existan.

Teniendo en cuenta que es una ciudad entera, es un proceso largo, pero es parecido a crear los polígonos en QGIS. En ambos se utiliza el ráster georreferenciado como plantilla. La diferencia es el programa en el que se realiza dicho proceso, en este caso, en Blender el proceso es por objeto (edificio, elemento, o conjunto de ellos). Es una técnica repetitiva pero sencilla: trazar un polígono y extruirlo para convertirlo en el elemento deseado.

Blender, además, facilita la continuación del trabajo, ya que el siguiente paso al levantamiento de los edificios (a continuación, en este capítulo) será modelar e introducir texturas a los edificios y finalmente renderizar el recorrido. Es se iba a llegar a utilizar Blender, pero el uso de BlenderGIS facilita la comunicación con QGIS y, por lo tanto, el flujo de trabajo.

4.2. Modelado de la ciudad

4.2.1. Cuestiones históricas

El modelado de los diferentes edificios de la ciudad se ha basado en los datos recogidos en la investigación de Ana Fernández sobre el Catastro de Ensenada de 1751 y sobre los planos de fachadas que se han podido encontrar. También se basa en el estudio realizado por Lena Saladina Iglesias, Catedrática de Historia del Arte, en su obra “*Arquitectura y urbanismo de Burgos bajo el reformismo ilustrado (1747-1813)*” [9].

Así los edificios siguen los siguientes criterios:

Los **tejadados** tienen aproximadamente la altura de una planta, es decir, unos 3 metros de altura. Son a doble vertiente, una hacia la fachada principal. Y tienen aleros que eviten que las aguas del deshielo resbalen directamente sobre las fachadas. En ellos a veces se abren los “*bahurriles*” que permiten el acceso a ellos, y se elevan junto con las chimeneas. Estos últimos elementos se añadirían en una reconstrucción completa de la ciudad, cuando puedan apreciarse desde un plano cenital completo.

Los edificios mayoritariamente tienen tres o cuatro **alturas** (planta baja y dos pisos; y planta baja y tres pisos, respectivamente). De la altura que recoge el catastro de Ensenada se deduce que las plantas tenían unos tres metros, algo más en la planta baja, sobre todo si eran edificios nobles.

La última planta a menudo presenta ventanas más pequeñas y situadas en lo alto, cerca del alero. La planta principal es siempre la primera, y las plantas superiores tienen menos altura, menor cuanto más arriba están.

En la planta baja, como indica la catedrática Iglesias, la puerta de entrada se combina con “*la ventana de la tienda o pequeños huecos de iluminación, que se protegían con barras de hierro*”, y así puede verse en imágenes de edificios antiguos.



Figura 4.1: Consulado del Mar,
Espolón



Figura 4.2: Edificio
calle Fernán González

Cada edificio tiene sus propias características, y basándose en los datos que se recogen en el catastro de Ensenada de 1751 y las reformas de las casas entre 1751 y la época actual se pueden dibujar muchos de ellos de forma bastante veraz. Pero para la reconstrucción del plano de 1812, dado el gran número de casas y para ahorrar tiempo, se han aplicado alturas relativamente estandarizadas para las casas de 1, 2 y 3 plantas. Las alturas estandarizadas han contado con pequeñas diferencias manuales para que el resultado sea más realista, no todas las casas pueden medir lo mismo por mucho que tengan la misma cantidad vertical de ventanas. En un trabajo posterior podría personalizarse con más exactitud la altura de cada casa de la ciudad, siempre que sea posible con los datos recogidos.

4.2.2. Cuestiones técnicas

Al obtener los datos **SRTM** del plano, la elevación del terreno se considera como muy ligera y se decide multiplicar por 2 la fuerza (strength) de esos datos. De esta manera, los resultados son más exagerados y se perciben con mayor facilidad las diferencias de altura.

A pesar de haber obtenido los datos SRTM, en ellos no se incluyen los cambios de altura del río, por lo tanto, han tenido que modelarse de forma independiente. En este caso se ha utilizado la funcionalidad Sculpt de Blender, que permite, como su nombre indica, realizar un proceso de **escultura** sobre un objeto. Así, siguiendo el plano, se han obtenido las diferentes alturas en la zona del río.

El **río Arlanzón**, por otra parte, ha tenido que ser modelado y texturizado como tal. Ninguno de los addons importa el río, y, aunque lo hicieran, no sería el río de 1812, por lo que lo más apropiado es modelarlo, y así se ha hecho.

Al obtener los edificios desde ambos addons, los modelos no se ajustan de forma correcta al terreno. En BlenderGIS existe una función diseñada precisamente para esto (Drop Object to Terrain), pero su resultado no es correcto, ya que únicamente ubica el vértice más bajo en el terreno y esto genera sombras no deseadas. Para eliminar esas sombras es necesario **ajustar al terreno** de forma manual todos los edificios, extruyendo los vértices inferiores bajo el suelo. Este proceso se ha realizado para todos los edificios de la ciudad.

Por último, una gran parte de los modelos contienen bloques desde arriba hasta abajo que representan miradores o balcones actuales. Estos bloques hay que eliminarlos, es decir, **remodelar** los objetos para uniformizarlos y, a continuación, posicionar tanto los balcones como las ventanas y las puertas según los planos de fachada y reformas antiguos.

4.3. Texturizado de la ciudad

Para el texturizado de los elementos arquitectónicos se han tenido en cuenta varios aspectos, como que los edificios se construían con una planta baja de piedra de sillería y las plantas superiores de cédula de ladrillo [10]. Esto puede verse en un plano de 1807 (figura 4.3) y en los edificios de la época que quedan en pie hoy en día, como el parador del Consulado en la Plaza de Vega (figura 4.4) o el número 10 de la calle Fernán González (figura 4.5).

Incluso las nuevas casas del elegante paseo del Espolón, como dice la catedrática Iglesias, son “*unas hermosas casas, amplias de planta muy regular, pero cuyas fachadas, en razón de su economía presentan el característico aparejo de sillería y ladrillo*”, salvo las casas consistoriales y el Consulado del mar que son enteros de piedra.

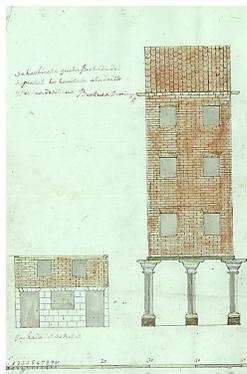


Figura 4.3: Plano fachada 1807



Figura 4.4: Parador del Consulado en la Plaza de Vega



Figura 4.5: Calle Fernán González N°10

Coexiste este tipo de fachadas con otras más antiguas hechas como en la baja edad media, de un entramado de vigas de madera y rellenos de cascotes y yeso, terminadas con un revoque de cal, muchas veces pintado.

En cuanto a las iglesias y la Catedral son de piedra de sillería, en el caso de la Catedral, piedra de Hontoria que tiene un tinte algo anaranjado. El Palacio Arzobispal que pega a ella también es de piedra y data en su origen de la misma época, pero la piedra era diferente por lo que se ha aplicado un texturizado que los diferencie.

4.3.1. Ejemplo de reconstrucción histórica de un edificio

Plaza de Santa María, actual número 3. Situada en una hilera de casas pertenecientes al Cabildo de la Catedral, construidas todas iguales.

1. Punto de partida: descripción del Catastro de Ensenada de 1751.

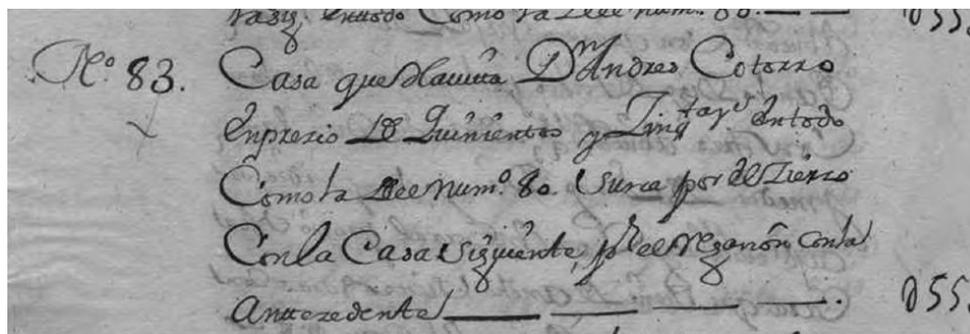


Figura 4.6: Descripción de la casa nº80 en el Catastro de Ensenada

El actual número 3 corresponde a la casa número 83 de las declaradas en el Catastro de Ensenada: la descripción es muy breve; se sabe que por el norte y por el oeste tiene otras casas pegadas a ella. Y para una descripción más completa dice “en todo como la del nº80”.

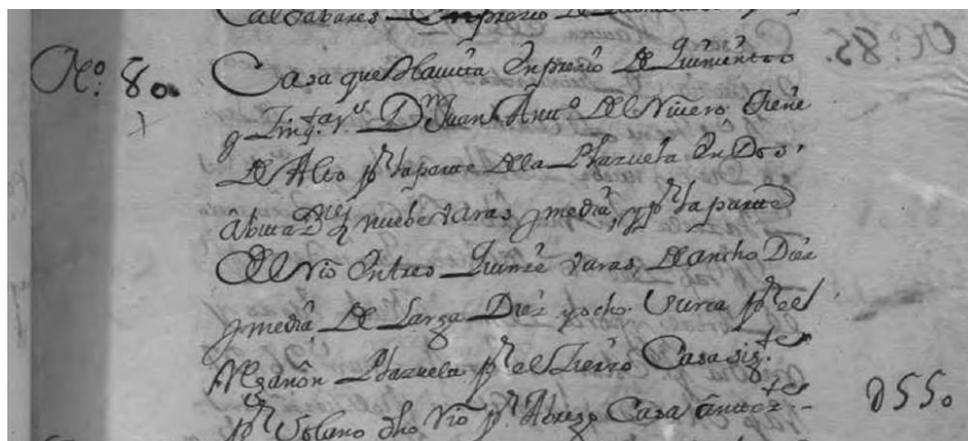


Figura 4.7: Descripción de la casa nº83 en el Catastro de Ensenada

La casa nº80 “tiene de alto por la parte de la Plazuela en dos alturas nueve varas y media, y por la parte del río en tres, quince varas; de ancho diez y media, de larga diez y ocho. Surca por el regañón con la plazuela, por el cierzo con la casa siguiente, por solano con dicho río, por abrego con casa antecedente”.

La vara castellana equivale a 83,5 cm, luego, tiene casi 8 metros de alto por la parte de la Plaza, y por detrás, al estar en declive, unos 12 metros en tres alturas. Esa parte es la trasera de la casa y da al “*rio*”, un curso de agua estrecho que corría encauzado para poder echar en él los desperdicios. Varios como éste atraviesan el centro de la ciudad.

2. Aspecto actual.

Este es el aspecto que presenta ahora. Está claro que no se parece a la descripción de Ensenada.



Figura 4.8: Aspecto actual
Plaza de Santa María,
número 3

3. Investigación de las reformas que sufre el edificio.

La investigación se ha llevado a cabo con los documentos del Archivo Municipal sobre reformas de edificios.

- En 1977 se hizo una reforma del bajo para abrir una tienda.
- En 1878 se eleva un piso (figura 4.9).
- En 1853 se abren más los huecos y se le añade el balcón de la izquierda (en rojo) (figura 4.10).

No hay más planos de reformas, por lo que se considera que este era su aspecto en 1812: un balcón sobre la puerta, una ventana a su izquierda, tanto en el bajo como en la planta.

En cuanto a los materiales de la fachada, en esta reforma se especifica que se pondrán cañales para bajar las aguas del tejado y que irán pegados a la cítara de la fachada, así que se deduce que cumple con las características de piedra en el bajo y ladrillo en la planta.

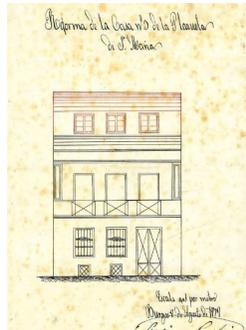


Figura 4.9: Plano de la reforma de 1878

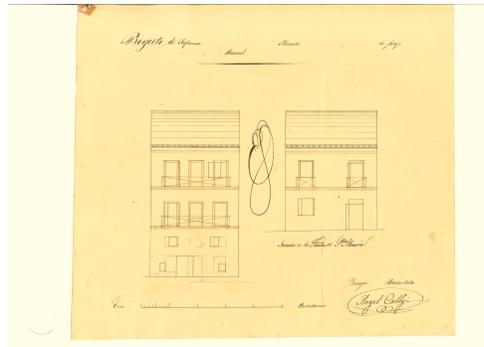


Figura 4.10: Plano de la reforma de 1853

4. Resultado final.



Figura 4.11: Resultado final Plaza de Santa María, número 3

4.3.2. Texturizado de calles y plazas

Según la investigación de Ana Fernández, las **calles del centro** estaban empedradas con cantos rodados, como puede verse en las fotografías antiguas, y como demuestran excavaciones arqueológicas que actualmente se realizan en el entorno de la Catedral.



Figura 4.12:
Ejemplo del
empedrado en
fotografía antigua



Figura 4.13: Ejemplo del
empedrado en una reforma
actual

Se ha usado además otro empedrado de tipo más medieval para las **plazas antiguas** como son la del Sarmental y la de la Catedral, porque en muchos documentos se hace referencia al “enlosado” del entorno de la Catedral.

Los **caminos y carreteras** se han hecho de tierra, entre ellos, la carretera de Francia que pasaba por el Espolón.

Para la gran cantidad de **huertas** y terrenos baldíos que figuran en el plano rodeando la ciudad se ha escogido una textura con tierra y plantas, lo más parecida posible al paisaje castellano. Se ha utilizado otra textura diferente para el suelo del Castillo y su falda por la diferencia de terreno y porque los árboles de esa zona eran diferentes.

En la **orilla del río** crecen los árboles y arbustos. Los franceses, desde 1809 en que llegó el gobernador Thiébault a Burgos, se encargaron durante toda la contienda de plantar cientos de árboles junto al río creando unas zonas de paseo que Burgos no tenía.

Con esta intención, el general Thiébault rescata de San Pedro de Cardena las tumbas del Cid y Jimena que habían sido expoliadas por las tropas en 1808, y las traslada al Espolón creando un monumento sobre el que reposan los restos y los sepulcros. En el lugar elegido para abrir el paso hacia el **Monumento del Cid** existían cuatro esculturas de figuras regias, que se acompañaron de docenas de álamos de Italia. Además, mandó plantar más árboles idénticos en la margen opuesta del río.

Para no cargar demasiado el renderizado se han escogido tres modelos de árboles que se han colocado trazando curvas Nurbs, y posteriormente se han girado, escalado y posicionado manualmente de forma que el resultado sea lo más aleatorio y natural posible.

Como se señala en el plano de 1812, el monumento (figura 4.14) está situado casi ante la casa del Gobernador. Las descripciones de los viajeros del momento y un grabado del momento han permitido reconstruirlo.

Para que el ambiente exterior al plano sea coherente con el entorno, se ha utilizado un **environment**. Un environment es un ráster en formato *.hdri* de 360 grados colocada en los límites de la cámara y que simula el cielo, las luces. El environment elegido es similar a un paisaje castellano.

Si bien para las texturas de los edificios se han utilizado fuentes externas, no siempre se adecúan a la realidad que se pretende recrear. Ha sido necesario el uso de Photoshop para realizar ajustes a la luz, el color y los niveles de ciertas texturas, y así conseguir los resultados deseados.

En un principio, las texturas del suelo se habían aplicado a las caras del plano del terreno, siguiendo la topología. Como se puede ver en la siguiente figura, los bordes entre textura y textura son rectos, generando esquinas, lo cual no encaja con la realidad.

El resultado no era el más realista, por lo que se decidió cambiar de técnica. Para difuminar los bordes y crear una sensación más creíble ha sido necesario el uso de máscaras. Las **máscaras** son un recurso de diseño gráfico que permiten ocultar o mostrar partes de un ráster. En Blender se pueden combinar gracias a la implementación de los shaders en forma de nodos.



Figura 4.14: Grabado del Monumento del Cid



Figura 4.15: Bordes resultantes en las texturas del suelo

Las máscaras se han creado desde el propio Blender con la herramienta de Texture Painting, que permite utilizar pinceles para colorear sobre las zonas deseadas [11].

Después de haber creado las máscaras se han tenido que aplicar los materiales. Este caso es particular, porque se están aplicando 5 texturas dentro de un mismo material [12]. Además, a algunos materiales (todos salvo los empedrados) se les ha aplicado una **rotación** aleatoria para que no generen la sensación de “tiling”, es decir, para que no se vea un patrón de repetición muy marcado. Todos los materiales utilizados en el proyecto se encuentran descritos en el Anexo G.

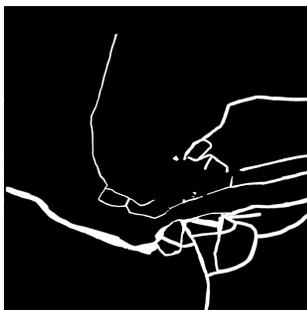


Figura 4.16: Máscara creada para la textura de tierra

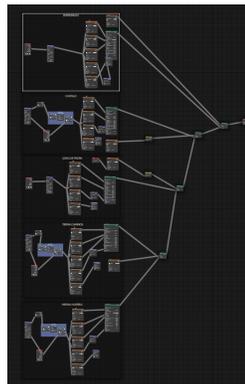


Figura 4.17: Disposición de nodos para el material del suelo

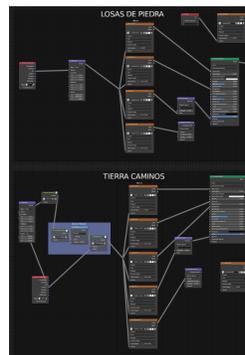


Figura 4.18: Nodos de losas de piedra y de tierra



Figura 4.19: Bordes finales en las texturas del suelo

4.4. Visualización de la ciudad

A continuación se muestran 4 ejemplos de visualización de la ciudad. En el Anexo C se pueden encontrar más ejemplos de visualización.

Ejemplo 1



Figura 4.20:
Fotografía
Catedral Calle
Sta. Águeda



Figura 4.21:
Render Catedral
Calle Sta. Águeda

Ejemplo 2



Figura 4.22:
Fotografía
Plaza Sta.
María



Figura 4.23:
Render Plaza
Sta. María

Ejemplo 3

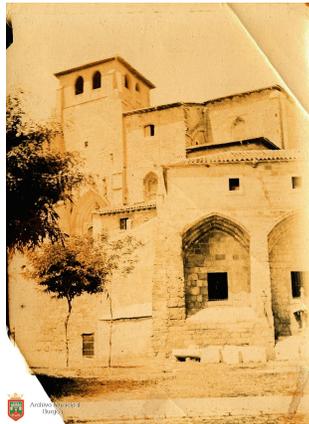


Figura 4.24:
Fotografía Iglesia de
San Nicolás



Figura 4.25: Render Iglesia
de San Nicolás

Ejemplo 4

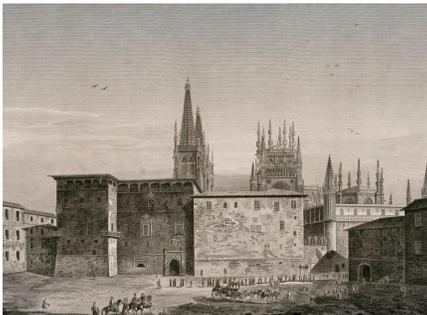


Figura 4.26: Fotografía Palacio
Arzobispal y Plaza del
Sarmental [1]



Figura 4.27: Render Palacio
Arzobispal y Plaza del Sarmental

Capítulo 5

Modelado de la casa del Gobernador

5.1. Contexto histórico de la casa del Gobernador

Situada en el número 16 del paseo del Espolón, frente al río Arlanzón, la casa está construida hacia 1795 bajo las normas que dictan las ordenanzas municipales de Burgos aprobadas por la Real Academia de San Fernando de Madrid: en las fachadas, la planta baja es de piedra de sillería, y las plantas superiores de cédula de ladrillo. Este tipo de construcción se ve hoy en día en los edificios del s.XVIII que permanecen en pie en Burgos. Los ladrillos, hechos a mano y de un color más bien apagado, pueden dar la impresión de un conjunto grisáceo (como se puede apreciar en la figura 49).

El edificio permanece en pie hoy en día con el aspecto de la fachada muy cambiado, pero con las mismas medidas. Según el catastro municipal, la estructura de la casa (salvo subdivisiones interiores) no ha sufrido reformas desde su construcción. Actualmente sigue sin ascensor y conserva una escalera elíptica de madera oscura con rampa de hierro forjado, que es igual a la que se ha creado en el proyecto.

Se ha conseguido un **plano** de finales del XIX de la fachada principal que se ha utilizado para obtener las medidas reales de los huecos y las diferentes alturas de las plantas.

Los franceses invadieron Burgos el 10 de noviembre de 1808, y ya no se retiraron de la ciudad hasta el 13 de junio de 1813. Burgos era la capital de Castilla la Vieja y el gobernador de esta provincia debía vivir en Burgos. El primer gobernador que ocupa esta casa, expulsando de ella a su dueño (un funcionario de Correos), fue el general Thiébault en febrero de 1809. En aquel momento los bajos de la casa estaban ocupados por la oficina de Correos, que unos meses después se convirtió en las dependencias del cuerpo de guardia. Thiébault manda construir chimeneas francesas en las salas principales y trae algo de mobiliario desde Francia. Para completarlo, era habitual requisar todo tipo de objetos entre los ciudadanos nobles, así como encargar todo tipo de caprichos a los artesanos a costa de la municipalidad. En 1810 entra en la casa el general Conde Dorsenne, que aumenta el número de chimeneas y multiplica el número de espejos en la casa. Era un hombre presumido y con ínfulas de príncipe por lo que se rodea de objetos lujosos, como la caja para guardar el orinal “con forma de libros”, la carísima “cama imperial”, o la mesa de billar.

Se conservan tres **inventarios** de muebles y enseres existentes en la casa entre 1811 y 1814 (en el Anexo E se encuentra el inventario unificado). En el proyecto se ha tratado de ser fiel en la medida de lo posible a los materiales, colores y formas de los objetos que figuran en ellos. Hay cierto eclecticismo entre los austeros muebles castellanos del XVIII (las sillas de nogal y las sillas de enea) y los muebles franceses más ostentosos y modernos de estilo imperio. Los cuadros reproducen los temas marineros y paisajes del gusto de los franceses y también los temas religiosos propios del gusto castellano, que los franceses se apropiaban como curiosidad.

Siendo fieles al inventario: en la planta baja se sitúa el cuerpo de guardia y almacenes; la planta primera está dedicada a recepción y ocio; la planta segunda es la de estancia del gobernador, su secretario y su ayuda de cámara; la planta superior está dedicada a la estancia del servicio, la cocina y sus dependencias. La escalera y pasillos del servicio estaban separados de la vista de las estancias nobles. Como en todas las casas de la época, no hay servicios, sino orinales, más o menos lujosos.

5.2. Modelado y texturizado

5.2.1. Fachada

Para situar con exactitud las puertas y ventanas, se ha utilizado un plano de fachada de 1891 en el que se conservan la mayor parte de los huecos originales.

Este plano se ha **adaptado** según la acuarela de 1802.

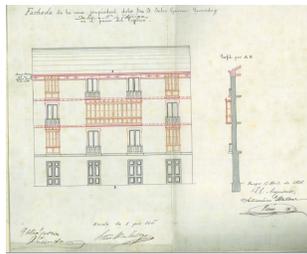


Figura 5.1: Plano original fachada

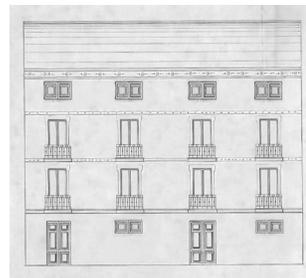


Figura 5.2: Plano adaptado fachada

Con la ayuda de un Arquitecto Técnico, se han dibujado los **planos interiores**, teniendo en cuenta la ubicación y forma de la escalera principal que aún se conserva, y distribuyendo las habitaciones que figuran en los documentos como se explicará a continuación. Los planos se encuentran en el Anexo [D](#).



Figura 5.3: Fotografía de la escalera centra de la planta baja



Figura 5.4: Render de la escalera centra de la planta baja

5.2.2. Estructura

En la planta principal había tres salas grandes al Espolón con 4 balcones (“*la sala de recibo de Su Excelencia, el Gabinete de las columnas, y el gabinete del despacho*”), además de una sala de billar, un comedor, un cuarto entre las dos escaleras, y huecos adyacentes como el aparador del comedor o una antesala entre las escaleras. En la misma planta el Gabinete de las columnas comunicaba con la gran sala del Dibujo del edificio contiguo, con otros tres balcones al Espolón. En la reconstrucción de la casa no se incluye porque pertenece a un edificio externo. En la segunda planta: otras tres salas al Espolón (“*la sala anterior al dormitorio de Su Excelencia, el dormitorio y la sala del secretario de Su Excelencia*”), y otras salas como: “*la alcoba del secretario, el cuarto de peinar de Su Excelencia y el cuarto del ayuda de cámara, además de una antesala-distribuidor y un retrete*”. En la última planta, la de la servidumbre, hay 4 cuartos de criados al Espolón, uno al jardín, una cocina y otros dos cuartos anexos a ella: el de paso y la repostería. En la planta baja, con salida a la parte trasera, se situaba el cuerpo de guardia.

5.2.3. Decoración interior

Para los objetos del interior de la vivienda se toman como base dos inventarios de enseres, de mayo y septiembre 1812, y una descripción de la casa en una escritura de arrendamiento de 1814, una vez terminada la Guerra de la Independencia. Entre los inventarios hay diferencias y se ha hecho una **combinación y simplificación** de ellos para dotar de mayor coherencia al resultado.

Entre el mobiliario destacan objetos lujosos como *siete arañas de cristal con seis brazos cada una, una mesa de piedra de mármol negro con pies de caoba y molduras de bronce, y 1 caja de caoba que forma cuatro libros para meter el vaso* (el orinal) (figura 5.5).

Es una casa dedicada fundamentalmente a recibir visitas, pues se apuntan en los inventarios 134 sillas de caoba, de nogal, tapizadas o de paja, 19 canapés o sofás, y 30 mesas de diversos tamaños sin contar la mesa de billar y una con incrustaciones de un juego de damas. En la reconstrucción se han simplificado estos inventarios para que fuera posible su renderizado. Se han respetado los colores que se especifican en los inventarios para las maderas, los tapizados, las cortinas y las alfombras.

El gobernador Conde Dorsenne vivió en esta casa entre 1810 y 1812; era un dandi fascinado por su aspecto, por lo que en el Palacio de Gobierno figuran nada menos que 27 espejos repartidos por la casa, en las hojas de las puertas, sobre las chimeneas o en las paredes. A esto se añaden las *cornucopias*, unas lámparas hechas con un espejo para reflejar la luz de las velas. El efecto debía ser impresionante: Dorsenne podía mirarse llegando a las puertas, moviéndose por las habitaciones, al acercarse a las chimeneas... Y en los bailes, en los que su esposa y él recibían a los invitados sentados en dos sillones carmesí de madera dorada, todo debía refulgir con las llamas de las arañas de cristal y las cornucopias.

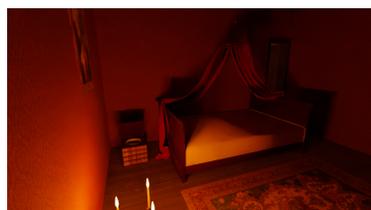


Figura 5.5: Render alcoba interior del Gobernador



Figura 5.6: Render sala principal planta 1

5.3. Técnicas utilizadas

Se han utilizado diferentes técnicas y herramientas de Blender y externas para recrear la casa del Gobernador, las cuales se listan a continuación.

Para obtener las oquedades presentes en la fachada para las ventanas o en los suelos para las escaleras se ha utilizado el modificador **boolean**, que ha permitido realizar una operación de diferencia entre el modelo inicial y la forma que se pretende eliminar.

Para realizar cortes en línea recta, como en la fachada para los cambios de textura, se ha utilizado la herramienta de modo edición **bisect**.

Para todos los modelos se han utilizado transformaciones de **rotación, traslación, escalado, eliminación, extrusión** de vértices, aristas y caras en modo edición. Como es lógico, todas estas transformaciones se han realizado en proyectos paralelos, con lo cual, al importarlos al proyecto de la casa del Gobernador se han tenido que escalar, rotar y trasladar los modelos, hasta situarlos de la forma deseada.

De esta manera se han modificado los modelos originales, que, si bien son similares al resultado buscado (por eso se han elegido), inicialmente no son de la forma buscada.

Para aumentar la precisión de la geometría y de estos movimientos se ha utilizado la herramienta **snap** (usando shift se permite reducir a la mitad la distancia entre movimientos).

Se ha utilizado la herramienta del modo edición **merge**, para unir los vértices seleccionados en uno, que puede ser el primero seleccionado, el último seleccionado o el centro geométrico de la selección. Es muy útil para modelar puntas o unir objetos.

Para ciertos modelos, como las mesas o las barandillas entre otros, se han utilizado los modificadores **mirror** y **array**. El modificador mirror genera una copia del modelo invertido, es decir, en modo espejo, según el eje seleccionado. Por su parte, el modificador array genera copias del modelo inicial en la orientación y eje que se indique y con el desplazamiento seleccionado.

Una vez situados los modelos en sus respectivas posiciones se han aplicado las **texturas**. Ciertas texturas han tenido que ser modificadas con software de edición fotográfica (Photoshop en este caso). Además, para ubicar las texturas de la forma deseada, se han tenido que realizar transformaciones de rotación, traslación y escalado en el modo **UV Editing** de Blender. Para acelerar el proceso, en algunos casos, ha sido útil el uso de Smart UV Project y Cube Projection.

Para asignar los ficheros que contienen los rásters de las texturas más cómodamente al editor de shaders se ha utilizado el addon preinstalado **Node Wrangler**, que aporta varios atajos del teclado para este tipo de tareas y facilita el uso del editor de shaders.

Para separar ciertos elementos de otros se ha utilizado la herramienta de modo edición **separate**, esto es útil para casos en los que se quiere transformar una parte de un modelo de forma cómoda, o también puede ser utilizado para aplicar texturas una vez separado.

Otra manera útil de separar o editar los modelos es utilizando las herramientas **select**, **deselect** y **assign** en modo edición presentes en el menú de materiales. De esta manera se pueden seleccionar o deseleccionar caras de los objetos según el material que se les ha aplicado, o se pueden aplicar materiales tan solo a las caras seleccionadas.

El coste computacional para renderizar y realizar modificaciones en un proyecto con tal cantidad de objetos es muy elevado. Por ello, en la mayor parte objetos, se han reducido el número de polígonos. Para ello se ha utilizado el modificador **decimate**. Se ha reducido de 30 millones de triángulos a 3,5 millones sin una pérdida notable de calidad, pero ganando en fluidez y en tiempo de renderizado.

5.4. Visualización de la casa

A continuación se presentan dos ejemplos de reconstrucción. En el Anexo F se pueden ver más resultados de visualización.

5.4.1. Ejemplo de reconstrucción del gabinete de Su Excelencia

Fotografía del inventario de mayo de 1812 (AMBU 22-982) (figura 5.7).

Objetos que figuran en el inventario de septiembre de 1812 (AMBU C3-1-11-6) (figura 5.8).

Inventario final Gabinete del Despacho de Su Excelencia ("Cuarto de la izquierda"):

2 sofás de damasco negro. 1 cómoda de caoba con adornos de bronce y piedra de mármol. 1 mesa de caoba con 10 cajones. 1 reloj. Una araña con 6 mecheros de cristal. Un espejo en la chimenea francesa. 8 estampas de diferentes géneros con marcos y cristales. Unos morillos para la chimenea. 2 espejos en la puerta que sale al comedor. 2 espejos en la puerta que sale a la sala. 1 alfombra chinesca de fondo negro.

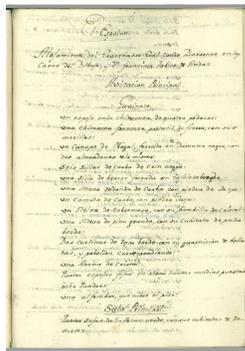


Figura 5.7:
Inventario mayo
1812



Figura 5.8: Inventario
septiembre 1812

5.4.2. Resultado final del gabinete de Su Excelencia



Figura 5.9: Render Gabinete de Su Excelencia

5.4.3. Ejemplo de reconstrucción de la sala principal planta 2

Inventario de 1812 septiembre (AMBU 22-982) (figura 5.10).

Inventario de 1812, 4 de mayo (AMBU C3-1-11-6, “Sala anterior al gabinete de dormir de Su Excelencia”) (no hay fotografía) (en la siguiente página).

4 sofás con cubiertas de damasco carmesí. 3 sillas iguales correspondientes. 4 cortinas de damasco carmesí con pabellón. 1 reloj de estatuas de mármol y tubo de cristal. 2 candeleros de bronce de 3 mecheros clavados en el marco del espejo. 1 mesa grande de caoba de 6 pies. 2 espejos embutidos en la pared. 2 morillos de bronce en la chimenea, una paleta de chimenea. 9 estampas con sus cristales y marcos de ébano. 1 alfombra de color rosa con flores.

Inventario del resultado final:

1 chimenea francesa con espejo y con utensilios. 4 canapés, 3 sillas y 4 cortinas carmesí. 2 espejos. 2 cuadros. 1 alfombra rosada con flores. 1 mesa grande de caoba. 5 cornucopias.

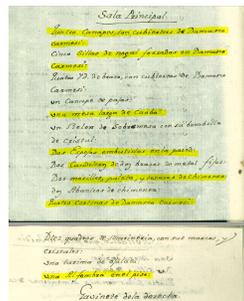


Figura 5.10:
Inventario
4/5/1812

5.4.4. Resultado final de la sala principal planta 2



Figura 5.11: Render sala
principal planta 2

Capítulo 6

Resultados finales

6.1. Vídeo resultado

6.1.1. Renderizado

Una vez modelado y texturizado todo lo necesario, es necesario renderizar los resultados.

Para ello se han trazado en la cámara tanto el recorrido de la ciudad como un recorrido por la casa del Gobernador que vaya por todas las plantas y estancias del edificio.

Blender permite grabar los movimientos realizados con una cámara mientras ésta se controla con el teclado y el ratón con la función “Walk”. De esta manera se puede trazar un recorrido en primera persona sin necesidad de trazar las curvas del camino de la cámara manualmente. Así, al grabarlo, en el espacio “Graph Editor” se generan las curvas de los movimientos realizados de traslación y rotación de la cámara (figura 6.1). Dichas curvas se pueden **normalizar**, y es el proceso que se ha seguido para que el movimiento de la cámara sea suave y fluido [13].

El proceso de renderizado, como se ha comentado en el segundo capítulo, es muy costoso tanto en tiempo como computacionalmente. Es necesario vigilarlo para corregir cualquier error cuanto antes y evitar tener que repetir una gran cantidad de fotogramas. El problema más grande en este aspecto, ha sido en la casa, donde hay menos luz que en el exterior.

Para cada renderizado se aplica un **denoise**, o filtro de eliminación de ruido que utiliza la tecnología “Intel Open Image Denoiser” (figura 6.2). Este filtro es aplicado desde el propio Blender, es una función nativa del software. Para obtenerlo hay que marcar la casilla Denoise data y así, en el espacio de trabajo de “Compositing” aparecen datos de eliminación de ruido que se pueden aplicar al filtro. En este caso se han aplicado Denoising Normal y Denoising Albedo. Aplicar el filtro supone aproximadamente de 2 a 5 segundos, pero elimina todo el ruido del ráster, incluso renderizando menos samples por frame. El filtro es aplicado por el procesador mediante inteligencia artificial.



Figura 6.1: Curvas en el “Graph Editor”

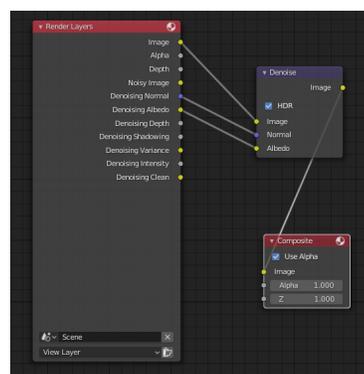


Figura 6.2: Filtro de denoise en “Compositing”

El problema viene, como es el caso, cuando se realizan distintos tramos de renderizado. Se percibe con facilidad la diferencia de resultados por cada tramo al reproducir la sucesión de fotogramas. Ha sido necesario repetir el proceso de renderización en bastantes frames de la casa. En cambio, en el recorrido de la ciudad, al haber más luz, los cambios son prácticamente imperceptibles y no ha sido necesario repetir por esta razón.

6.1.2. Secuencia de frames a vídeo

En vez de renderizar a rásters en un primer momento, también se puede renderizar directamente a vídeo, evitando este paso de transformación de ráster a vídeo. Renderizar directamente a vídeo minimizaría el tiempo de renderizado, pero empeoraría el resultado, además, no permite corregir errores durante el proceso. Precisamente por esas razones se ha decidido optar por renderizar a secuencia de frames.

Después de haber renderizado todos los fotogramas es necesario transformar esa secuencia de frames en un vídeo. Para ello se ha utilizado el espacio de trabajo de edición de vídeo de Blender, donde se pueden importar secuencias de rásters y exportarlas a vídeo [14].

Una vez obtenido el vídeo, para el resultado final se han elegido cuatro pistas de **audio**, tres de ellas para el recorrido de la ciudad y la pista restante para el recorrido de la casa del Gobernador.

Como el inicio del recorrido es en la Catedral, la primera pista de audio son las campanas de la Catedral dando las 10.

La siguiente pista representa los sonidos de una aldea actual, con esto se pretende simular más aún la sensación de estar en una ciudad en 1812.

La tercera pista de la ciudad es la correspondiente al sonido del río y su entorno.

Por último, la pista de audio respectiva a la casa es una versión de un fragmento de la pieza “Musica notturna delle strade di Madrid” compuesta por Luigi Boccherini en 1780 titulada “Los Manolos”. “*Manolo*” se utilizaba como sinónimo de “guapo, valiente o chulo”, lo que se adapta perfectamente al carácter del Gobernador Dorsenne. Además, la música de Boccherini era muy apreciada en los círculos de la familia Bonaparte.

Una vez obtenido el vídeo se ha editado con el software de **edición** de vídeo Sony Vegas. Al vídeo se le han agregado las pistas de audio elegidas.

6.1.3. Resultado final

El resultado final en vídeo está presente en el siguiente enlace.

[Conociendo Burgos en 1812 en YouTube](#)

6.2. Opinión de usuario final

Opinión de Ana María Fernández, como investigadora y como usuario final del producto:

“Mi valoración como investigadora y conocedora del Burgos de 1812, es muy positiva. El resultado es muy completo, teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo y de la técnica.

Limitaciones: Ver gestarse este trabajo me ha mostrado las dificultades que tiene la plasmación de la realidad a través de un programa como Blender. La realidad está hecha de desorden y de una profusión casi infinita de variedades de formas, colores y texturas, y es ahí donde los requisitos de los medios técnicos restringen el resultado.

El tiempo al que debe ceñirse el trabajo, también acota el resultado final. Creo que con mucho más tiempo y una dedicación exclusiva al proyecto bajo el patrocinio de alguna institución que permitiese incorporar técnicas de pago, se podría conseguir mayor realismo, haciendo que cada elemento grande o pequeño tuviera una personalidad más marcada, con más variedad de texturas y formas. En el interior de la casa del Gobernador, además, se necesitaría crear otros objetos cotidianos hoy desaparecidos, sobre todo en la cocina, y para los que haría falta una minuciosa documentación.

Adecuación al objetivo: Aun así, el trabajo ha conseguido lo que a mí me parecía imposible: dar forma física a la parte de mi investigación que versa sobre el paisaje de las calles de la ciudad y la decoración de las casas. Y lo ha conseguido con creces.

Aportaciones a mi investigación: Por otro lado, ver los problemas que surgían a cada paso en la reconstrucción sobre el plano de 1812, me ha llevado a mí también a profundizar en temas anexos como la labor de los geógrafos en las guerras napoleónicas, las técnicas de construcción de la época, o la adecuación de las calles y edificios a la orografía del terreno, ampliando así los campos de mi investigación.

Valoración final: Creo que este trabajo es una magnífica base que deja las puertas abiertas, para que, con muy poco más esfuerzo, el producto final sea mucho más ambicioso. Porque ya con lo que hay, el resultado ha conseguido transportarme al pasado de Burgos, consiguiendo el realismo del que carecen los grabados, únicos testigos gráficos de la época.

Este trabajo, como yo lo veo, no sólo pone 3 dimensiones a un plano histórico, también incluye las descripciones de los testigos del momento que levantaron minuciosamente inventarios, o describieron en sus memorias lo que veían. Y por eso en este trabajo está también parte de la vida de los habitantes. Considero, pues, que el resultado conseguido aporta una nueva dimensión muy atractiva y novedosa que ilustra perfectamente mi investigación '*Burgos 1808-1812: la ciudad y sus gentes*'.''

Capítulo 7

Conclusiones y líneas futuras

7.1. Conclusiones

‘‘La realización de este trabajo ha sido enriquecedora en el aspecto cultural gracias a la extensa documentación sobre la cartografía, arquitectura, las personas (en especial el Gobernador y su corte) y las costumbres de la época.

He obtenido mucha información sobre las georreferenciaciones y todos sus factores, y he aprendido a efectuar una sobre el plano de Burgos de 1812. Además, he adquirido un conocimiento bastante amplio en la realización de un vídeo animado desde cero con Blender, con todo el aprendizaje que eso ha conllevado del software y técnicas utilizadas.

Se han cumplido los objetivos del proyecto, sin duda, lo que me anima a la realización de un producto final en caso de que sea posible. Lo cual, con la base conceptual adquirida, será mucho más sencillo.

Mi opinión sobre el proyecto es positiva y espero continuar con ello más adelante y, sobre todo, que sea útil para las investigaciones.’’

7.2. Líneas futuras

De cara al futuro este proyecto tiene muchas salidas. La primera de todas es ampliar el recorrido para cumplir con el trazado para el producto final. Lo cual requeriría texturización y modelado elemento a elemento, procesos cuya finalización no será tan costosa gracias a la gran parte avanzada en este proyecto.

Para dar una sensación de mayor realismo en los recorridos, una de las tareas será ampliar la ambientación y las variedades de modelos y texturas. Como es evidente, no todos los objetos ni todos los edificios eran iguales, y, aunque se ha intentado crear una diversidad realista, se puede mejorar. Lo mismo sucede con ciertos objetos inexistentes en la actualidad, de los cuales no existen modelos. Otra forma de ampliar la ambientación sería obtener sonidos y músicas personalizadas para el vídeo en caso de que su uso fuera a ser comercial.

Un posible camino posterior sería el paso de Blender a realidad virtual, para que los recorridos se pudieran visualizar con gafas VR y, así, aumentar la sensación de realismo.

Unido a esto último, está la opción de convertir el recorrido en interactivo. Sobre este proceso no se tiene la información suficiente, pero la idea consiste en que un usuario pueda elegir los movimientos y, sobre todo, obtener más información sobre edificios o zonas concretas.

Esa información anclada a las zonas se podría almacenar en una base de datos en la que se guarden nombres de personas que habitaban edificios, referencias históricas o sucesos de interés clasificados por ubicación, etc. Al estar almacenado en una base de datos se podrían filtrar esos contenidos haciendo más sencilla la experiencia de usuario y la búsqueda de información de interés individual.

Como se ve, es un proyecto con vista de futuro y muy interesante como complemento a la investigación realizada por Ana Fernández y sus futuras publicaciones.

Bibliografía

- [1] A. de Laborde, *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne*. 1806.
- [2] “Plan du château de burgos relatif a la féfense faite par les français,” 1812. http://ciudadyferrocarril.com/cartografia_urbana/ciudades/BURGO/1812_582/burgos1812.jpg.
- [3] J.-Y. CASTAÑÓN; J.C y PUYO, “La cartografía realizada por el ejército napoleónico durante la guerra de la independencia.,” 2008.
- [4] QGIS, “Georeferencer plugin.” https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_georeferencer.html.
- [5] D. L. P. D. J. V. H. Kurt Menke, Dr. Richard Smith Jr., *Mastering QGIS*. 2016.
- [6] QGIS, “Transformation settings.” https://docs.qgis.org/3.4/es/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_georeferencer.html#define-the-transformation-settings.
- [7] N. L. of Scotland, “Drawing lines, points or polygons (vectors) in qgis,” 2009. http://geo.nls.uk/urbhist/guides_vectorlayerqgis.html.
- [8] QGIS, “Raster to vector conversion.” https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/training_manual/complete_analysis/raster_to_vector.html.
- [9] L. S. I. Rouco, *Arquitectura y urbanismo de Burgos bajo el reformismo ilustrado (1747-1813)*. 1978.

- [10] B. Guru, “Realistic texturing,” 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=W07H7xeUnGE>.
- [11] B. Engine, “Terrain texture painting,” 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=3CqkHstRA1A>.
- [12] Poliigon, “Combining materials,” 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=5USuHSfs0QU>.
- [13] Polyfjord, “Smooth camera movement,” 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=a7qyW1G350g>.
- [14] GarageFarm, “Frame sequence to movie file,” 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=T08mNHLTEac>.
- [15] El resto de fuentes externas utilizadas para los modelos tridimensionales, las texturas, los sonidos y las fotografías están en el Anexo H.

Anexos

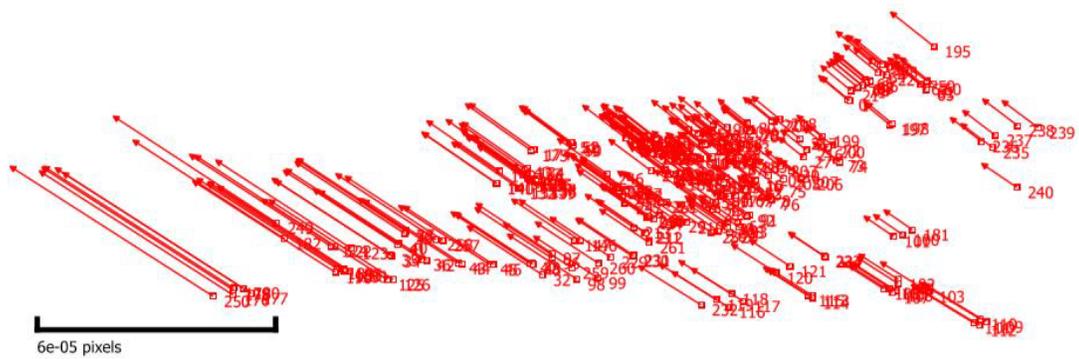
Anexo A

Informe georreferenciación

En las siguientes 6 páginas se incluye el informe generado por QGIS al georreferenciar el plano de 1812. En él se encuentran los puntos de control, o puntos homólogos, elegidos con sus respectivas ubicaciones y errores.



Residuales



| ID | Activado | X de píxel | Y de píxel | X de mapa | Y de mapa | Resolución X (píxeles) | Resolución Y (píxeles) | Resolución total (píxeles) |
|----|----------|------------|------------|-------------|-------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| 0 | sí | 2759 | -822 | -411536.651 | 5212481.264 | -7.29315e-06 | -6.02841e-06 | 9.46212e-06 |
| 1 | sí | 2766 | -828 | -411532.250 | 5212456.440 | -7.14566e-06 | -5.90478e-06 | 9.26967e-06 |
| 2 | sí | 2164 | -1507 | -412394.373 | 5212194.751 | -1.07227e-05 | -7.52467e-06 | 1.30995e-05 |
| 3 | sí | 2138 | -1597 | -412446.678 | 5212139.335 | -1.14859e-05 | -7.91764e-06 | 1.39504e-05 |
| 4 | sí | 2325 | -1508 | -412261.926 | 5212174.359 | -8.9757e-06 | -6.43234e-06 | 1.10426e-05 |
| 5 | sí | 2155 | -1505 | -412403.143 | 5212202.363 | -1.08603e-05 | -7.61986e-06 | 1.32669e-05 |
| 6 | sí | 2397 | -1637 | -412301.905 | 5212022.464 | -9.60494e-06 | -6.61751e-06 | 1.16639e-05 |
| 7 | sí | 2495 | -1478 | -412117.958 | 5212134.950 | -7.51851e-06 | -5.50643e-06 | 9.31927e-06 |
| 8 | sí | 2506 | -1467 | -412103.539 | 5212135.088 | -7.39705e-06 | -5.43482e-06 | 9.17897e-06 |
| 9 | sí | 2392 | -1249 | -412037.908 | 5212380.679 | -7.46794e-06 | -5.81969e-06 | 9.46779e-06 |
| 10 | sí | 2275 | -1221 | -412088.009 | 5212464.193 | -8.30748e-06 | -6.44699e-06 | 1.05156e-05 |
| 11 | sí | 2270 | -1216 | -412084.804 | 5212468.694 | -8.31202e-06 | -6.45655e-06 | 1.0525e-05 |
| 12 | sí | 2229 | -1295 | -412201.916 | 5212394.867 | -8.95098e-06 | -6.72804e-06 | 1.11976e-05 |
| 13 | sí | 2232 | -1301 | -412207.047 | 5212390.625 | -8.98306e-06 | -6.74155e-06 | 1.12314e-05 |
| 14 | sí | 2299 | -1365 | -412213.552 | 5212314.094 | -8.72634e-06 | -6.47473e-06 | 1.08661e-05 |
| 15 | sí | 2452 | -1367 | -412069.297 | 5212261.503 | -7.2663e-06 | -5.52651e-06 | 9.12915e-06 |
| 16 | sí | 2456 | -1362 | -412064.537 | 5212260.891 | -7.22941e-06 | -5.50395e-06 | 9.08614e-06 |
| 17 | sí | 2368 | -1469 | -412202.180 | 5212208.161 | -8.3525e-06 | -6.10135e-06 | 1.03436e-05 |
| 18 | sí | 2370 | -1189 | -412020.512 | 5212429.136 | -7.60602e-06 | -5.9773e-06 | 9.67366e-06 |
| 19 | sí | 2372 | -1196 | -412024.068 | 5212420.635 | -7.58207e-06 | -5.94961e-06 | 9.63772e-06 |
| 20 | sí | 2573 | -1297 | -411941.934 | 5212239.096 | -6.43642e-06 | -5.016e-06 | 8.16013e-06 |
| 21 | sí | 2770 | -762 | -411485.212 | 5212494.087 | -7.59909e-06 | -6.2615e-06 | 9.84645e-06 |
| 22 | sí | 2888 | -656 | -411386.020 | 5212512.094 | -8.29024e-06 | -6.77065e-06 | 1.07037e-05 |

| | | | | | | | | |
|----|----|------|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 23 | sí | 2328 | -1556 | -412302.409 | 5212110.858 | -9.46683e-06 | -6.64661e-06 | 1.15671e-05 |
| 24 | sí | 2314 | -1554 | -412311.188 | 5212115.812 | -9.57419e-06 | -6.71947e-06 | 1.16969e-05 |
| 25 | sí | 2309 | -1709 | -412428.717 | 5211984.143 | -1.14783e-05 | -7.71074e-06 | 1.38278e-05 |
| 26 | sí | 2371 | -1710 | -412353.390 | 5211984.550 | -1.03894e-05 | -7.04681e-06 | 1.25538e-05 |
| 27 | sí | 2614 | -1207 | -411887.259 | 5212269.559 | -6.27439e-06 | -4.97154e-06 | 8.00526e-06 |
| 28 | sí | 2282 | -1124 | -411998.980 | 5212541.696 | -8.24458e-06 | -6.53882e-06 | 1.05228e-05 |
| 29 | sí | 2200 | -1638 | -412418.067 | 5212089.512 | -1.10771e-05 | -7.601e-06 | 1.34342e-05 |
| 30 | sí | 2357 | -1652 | -412344.796 | 5212023.556 | -1.01572e-05 | -6.95428e-06 | 1.23098e-05 |
| 31 | sí | 2364 | -1654 | -412334.118 | 5212020.232 | -1.00247e-05 | -6.86964e-06 | 1.21526e-05 |
| 32 | sí | 1754 | -1993 | -412807.565 | 5211976.002 | -1.88968e-05 | -1.2275e-05 | 2.25337e-05 |
| 33 | sí | 1720 | -1915 | -412846.572 | 5212054.015 | -1.96215e-05 | -1.28314e-05 | 2.34446e-05 |
| 34 | sí | 1260 | -1870 | -413193.443 | 5212133.232 | -2.94877e-05 | -1.90786e-05 | 3.51215e-05 |
| 35 | sí | 1253 | -1861 | -413203.759 | 5212143.104 | -2.98229e-05 | -1.93037e-05 | 3.55252e-05 |
| 36 | sí | 1359 | -1892 | -413130.173 | 5212095.707 | -2.74887e-05 | -1.77806e-05 | 3.2738e-05 |
| 37 | sí | 1304 | -1693 | -413122.024 | 5212281.719 | -2.73889e-05 | -1.79859e-05 | 3.27665e-05 |
| 38 | sí | 1302 | -1701 | -413125.339 | 5212278.274 | -2.74839e-05 | -1.80389e-05 | 3.2875e-05 |
| 39 | sí | 1299 | -1716 | -413128.951 | 5212264.605 | -2.75597e-05 | -1.8068e-05 | 3.29544e-05 |
| 40 | sí | 1282 | -1780 | -413163.549 | 5212213.967 | -2.85575e-05 | -1.86157e-05 | 3.40893e-05 |
| 41 | sí | 1277 | -1793 | -413170.050 | 5212208.448 | -2.87595e-05 | -1.87338e-05 | 3.4323e-05 |
| 42 | sí | 1372 | -1896 | -413118.301 | 5212089.521 | -2.71255e-05 | -1.75462e-05 | 3.23058e-05 |
| 43 | sí | 1476 | -1915 | -413054.476 | 5212066.795 | -2.52307e-05 | -1.63339e-05 | 3.00563e-05 |
| 44 | sí | 1489 | -1919 | -413041.474 | 5212063.257 | -2.48545e-05 | -1.60956e-05 | 2.9611e-05 |
| 45 | sí | 1580 | -1924 | -412972.111 | 5212054.737 | -2.29012e-05 | -1.4868e-05 | 2.73042e-05 |
| 46 | sí | 1592 | -1924 | -412959.646 | 5212050.941 | -2.25665e-05 | -1.46546e-05 | 2.69073e-05 |
| 47 | sí | 1711 | -1915 | -412851.795 | 5212054.200 | -1.97495e-05 | -1.29116e-05 | 2.35956e-05 |
| 48 | sí | 1722 | -1922 | -412841.682 | 5212041.606 | -1.95271e-05 | -1.27542e-05 | 2.33233e-05 |
| 49 | sí | 1851 | -1129 | -412385.034 | 5212575.229 | -1.24879e-05 | -9.16819e-06 | 1.5492e-05 |
| 50 | sí | 1856 | -1126 | -412383.274 | 5212574.692 | -1.24579e-05 | -9.1487e-06 | 1.54563e-05 |
| 51 | sí | 1842 | -1109 | -412382.422 | 5212582.768 | -1.25173e-05 | -9.19769e-06 | 1.55332e-05 |
| 52 | sí | 1849 | -1108 | -412380.922 | 5212582.397 | -1.24915e-05 | -9.1816e-06 | 1.55029e-05 |
| 53 | sí | 2098 | -1142 | -412172.722 | 5212593.195 | -1.00656e-05 | -7.71128e-06 | 1.26799e-05 |
| 54 | sí | 2079 | -1126 | -412176.204 | 5212605.123 | -1.02101e-05 | -7.8179e-06 | 1.28594e-05 |
| 55 | sí | 2075 | -1130 | -412180.556 | 5212603.901 | -1.02421e-05 | -7.83542e-06 | 1.28955e-05 |
| 56 | sí | 2867 | -588 | -411367.820 | 5212568.882 | -8.86736e-06 | -7.22345e-06 | 1.14371e-05 |
| 57 | sí | 2874 | -585 | -411364.870 | 5212569.265 | -8.89045e-06 | -7.24079e-06 | 1.1466e-05 |
| 58 | sí | 2897 | -605 | -411360.044 | 5212546.741 | -8.73756e-06 | -7.11446e-06 | 1.12677e-05 |
| 59 | sí | 3021 | -699 | -411319.249 | 5212465.994 | -8.44609e-06 | -6.84199e-06 | 1.08696e-05 |
| 60 | sí | 3040 | -719 | -411314.269 | 5212440.023 | -8.31988e-06 | -6.73056e-06 | 1.07014e-05 |
| 61 | sí | 3018 | -738 | -411340.738 | 5212434.775 | -8.08453e-06 | -6.56093e-06 | 1.04118e-05 |
| 62 | sí | 2999 | -719 | -411345.794 | 5212460.708 | -8.20935e-06 | -6.67153e-06 | 1.05784e-05 |
| 63 | sí | 3018 | -755 | -411347.939 | 5212424.758 | -7.97294e-06 | -6.47329e-06 | 1.02699e-05 |
| 64 | sí | 2859 | -640 | -411379.005 | 5212538.965 | -8.54446e-06 | -6.97111e-06 | 1.10274e-05 |
| 65 | sí | 2819 | -684 | -411420.853 | 5212522.513 | -8.15156e-06 | -6.67891e-06 | 1.05383e-05 |
| 66 | sí | 2833 | -699 | -411417.348 | 5212509.643 | -8.07532e-06 | -6.61585e-06 | 1.04394e-05 |
| 67 | sí | 2821 | -713 | -411431.636 | 5212505.697 | -7.96314e-06 | -6.53225e-06 | 1.02996e-05 |
| 68 | sí | 2818 | -710 | -411432.172 | 5212506.923 | -7.96881e-06 | -6.53693e-06 | 1.0307e-05 |
| 69 | sí | 2805 | -724 | -411441.174 | 5212504.969 | -7.904e-06 | -6.48902e-06 | 1.02265e-05 |
| 70 | sí | 2808 | -727 | -411440.638 | 5212501.637 | -7.88294e-06 | -6.47093e-06 | 1.01987e-05 |
| 71 | sí | 2792 | -739 | -411458.057 | 5212501.129 | -7.78479e-06 | -6.40075e-06 | 1.00783e-05 |
| 72 | sí | 2709 | -1126 | -411768.253 | 5212305.265 | -6.09672e-06 | -4.94974e-06 | 7.85302e-06 |
| 73 | sí | 2723 | -1230 | -411837.738 | 5212220.592 | -6.02047e-06 | -4.76749e-06 | 7.67951e-06 |
| 74 | sí | 2733 | -1239 | -411832.404 | 5212205.183 | -5.98564e-06 | -4.72843e-06 | 7.62797e-06 |
| 75 | sí | 2529 | -1404 | -412037.461 | 5212179.165 | -6.91197e-06 | -5.2067e-06 | 8.65362e-06 |

| | | | | | | | | |
|-----|----|------|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 76 | sí | 2508 | -1489 | -412117.845 | 5212115.099 | -7.52541e-06 | -5.48538e-06 | 9.31242e-06 |
| 77 | sí | 2430 | -1471 | -412155.135 | 5212185.351 | -7.8657e-06 | -5.77918e-06 | 9.76054e-06 |
| 78 | sí | 2443 | -1030 | -411857.983 | 5212484.380 | -7.18492e-06 | -5.8393e-06 | 9.25853e-06 |
| 79 | sí | 2440 | -1017 | -411854.880 | 5212496.446 | -7.25988e-06 | -5.90397e-06 | 9.3575e-06 |
| 80 | sí | 2430 | -981 | -411850.034 | 5212521.306 | -7.42835e-06 | -6.04589e-06 | 9.57774e-06 |
| 81 | sí | 2356 | -1096 | -411953.956 | 5212521.656 | -7.83885e-06 | -6.27006e-06 | 1.0038e-05 |
| 82 | sí | 2387 | -1074 | -411909.158 | 5212502.044 | -7.48947e-06 | -6.03753e-06 | 9.61998e-06 |
| 83 | sí | 2410 | -1114 | -411925.515 | 5212462.810 | -7.29232e-06 | -5.85478e-06 | 9.35181e-06 |
| 84 | sí | 2382 | -1182 | -411997.394 | 5212436.408 | -7.50476e-06 | -5.92978e-06 | 9.56471e-06 |
| 85 | sí | 2376 | -1183 | -412002.968 | 5212439.568 | -7.55744e-06 | -5.96532e-06 | 9.62808e-06 |
| 86 | sí | 2443 | -1245 | -411985.252 | 5212348.986 | -6.996e-06 | -5.49685e-06 | 8.89715e-06 |
| 87 | sí | 2394 | -1255 | -412040.114 | 5212372.898 | -7.44652e-06 | -5.79522e-06 | 9.43585e-06 |
| 88 | sí | 2360 | -1343 | -412131.644 | 5212321.607 | -7.95573e-06 | -6.02187e-06 | 9.9778e-06 |
| 89 | sí | 2341 | -1469 | -412216.864 | 5212218.739 | -8.52201e-06 | -6.21804e-06 | 1.05493e-05 |
| 90 | sí | 2342 | -1465 | -412213.627 | 5212222.416 | -8.49302e-06 | -6.20617e-06 | 1.05189e-05 |
| 91 | sí | 2436 | -1593 | -412230.290 | 5212052.906 | -8.69715e-06 | -6.10804e-06 | 1.06277e-05 |
| 92 | sí | 2427 | -1598 | -412242.586 | 5212048.846 | -8.84219e-06 | -6.18974e-06 | 1.07934e-05 |
| 93 | sí | 2402 | -1674 | -412318.396 | 5211998.431 | -9.88104e-06 | -6.75578e-06 | 1.19698e-05 |
| 94 | sí | 2122 | -1621 | -412460.782 | 5212123.790 | -1.17126e-05 | -8.03532e-06 | 1.42039e-05 |
| 95 | sí | 2103 | -1613 | -412469.209 | 5212131.613 | -1.18451e-05 | -8.12698e-06 | 1.4365e-05 |
| 96 | sí | 1785 | -1882 | -412837.743 | 5212078.867 | -1.93609e-05 | -1.27023e-05 | 2.31558e-05 |
| 97 | sí | 1786 | -1850 | -412829.239 | 5212103.383 | -1.91242e-05 | -1.2591e-05 | 2.28969e-05 |
| 98 | sí | 1867 | -2023 | -412737.422 | 5211929.132 | -1.74782e-05 | -1.13339e-05 | 2.08314e-05 |
| 99 | sí | 1936 | -2014 | -412675.597 | 5211926.776 | -1.61595e-05 | -1.05154e-05 | 1.92796e-05 |
| 100 | sí | 2940 | -1724 | -411856.728 | 5211796.117 | -7.28066e-06 | -5.0267e-06 | 8.84735e-06 |
| 101 | sí | 2910 | -1737 | -411912.500 | 5211802.323 | -7.43881e-06 | -5.11252e-06 | 9.02629e-06 |
| 102 | sí | 2926 | -2025 | -411992.099 | 5211579.004 | -9.99765e-06 | -6.41443e-06 | 1.18785e-05 |
| 103 | sí | 3024 | -2105 | -411924.432 | 5211411.131 | -1.19818e-05 | -7.48141e-06 | 1.41256e-05 |
| 104 | sí | 2926 | -2052 | -411995.029 | 5211554.354 | -1.03203e-05 | -6.58569e-06 | 1.22425e-05 |
| 105 | sí | 2900 | -2083 | -412014.220 | 5211546.617 | -1.05377e-05 | -6.7053e-06 | 1.24901e-05 |
| 106 | sí | 2918 | -2099 | -412004.758 | 5211523.174 | -1.07856e-05 | -6.83603e-06 | 1.27695e-05 |
| 107 | sí | 2908 | -2112 | -412024.141 | 5211515.513 | -1.10126e-05 | -6.96183e-06 | 1.30286e-05 |
| 108 | sí | 2877 | -2086 | -412041.608 | 5211559.564 | -1.05574e-05 | -6.72276e-06 | 1.25162e-05 |
| 109 | sí | 3216 | -2307 | -411865.672 | 5211189.478 | -1.57752e-05 | -9.60764e-06 | 1.84706e-05 |
| 110 | sí | 3196 | -2290 | -411877.336 | 5211220.640 | -1.51872e-05 | -9.27431e-06 | 1.77951e-05 |
| 111 | sí | 3174 | -2314 | -411908.038 | 5211203.230 | -1.56622e-05 | -9.53657e-06 | 1.83372e-05 |
| 112 | sí | 3194 | -2331 | -411892.601 | 5211174.597 | -1.61859e-05 | -9.83537e-06 | 1.89399e-05 |
| 113 | sí | 2643 | -2133 | -412147.598 | 5211596.433 | -1.09683e-05 | -6.98667e-06 | 1.30045e-05 |
| 114 | sí | 2643 | -2148 | -412138.980 | 5211563.222 | -1.12923e-05 | -7.15204e-06 | 1.33667e-05 |
| 115 | sí | 2628 | -2131 | -412166.253 | 5211599.459 | -1.11091e-05 | -7.07114e-06 | 1.31687e-05 |
| 116 | sí | 2366 | -2208 | -412385.589 | 5211560.349 | -1.42216e-05 | -8.89968e-06 | 1.67767e-05 |
| 117 | sí | 2415 | -2169 | -412343.874 | 5211605.319 | -1.30926e-05 | -8.26249e-06 | 1.54818e-05 |
| 118 | sí | 2377 | -2121 | -412391.871 | 5211650.692 | -1.32604e-05 | -8.40932e-06 | 1.57021e-05 |
| 119 | sí | 2327 | -2160 | -412434.629 | 5211604.256 | -1.44212e-05 | -9.06607e-06 | 1.70342e-05 |
| 120 | sí | 2523 | -1980 | -412287.594 | 5211718.626 | -1.11949e-05 | -7.23264e-06 | 1.33281e-05 |
| 121 | sí | 2569 | -1935 | -412235.806 | 5211769.629 | -1.01557e-05 | -6.66162e-06 | 1.21456e-05 |
| 122 | sí | 1071 | -1803 | -413352.842 | 5212305.040 | -3.5274e-05 | -2.29395e-05 | 4.2077e-05 |
| 123 | sí | 1124 | -1817 | -413320.532 | 5212303.623 | -3.4099e-05 | -2.22025e-05 | 4.06901e-05 |
| 124 | sí | 1056 | -1802 | -413358.933 | 5212311.993 | -3.55225e-05 | -2.31029e-05 | 4.23744e-05 |
| 125 | sí | 1243 | -2026 | -413252.176 | 5212008.788 | -3.16768e-05 | -2.02669e-05 | 3.76054e-05 |
| 126 | sí | 1263 | -2025 | -413241.987 | 5212008.750 | -3.13289e-05 | -2.00497e-05 | 3.71953e-05 |
| 127 | sí | 1696 | -1287 | -412644.694 | 5212517.781 | -1.64787e-05 | -1.15482e-05 | 2.01223e-05 |
| 128 | sí | 1699 | -1320 | -412653.275 | 5212483.306 | -1.63932e-05 | -1.14443e-05 | 1.99928e-05 |

| | | | | | | | | |
|-----|----|------|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 129 | sí | 1701 | -1329 | -412653.402 | 5212476.615 | -1.63503e-05 | -1.14078e-05 | 1.99366e-05 |
| 130 | sí | 1710 | -1352 | -412649.278 | 5212450.428 | -1.60924e-05 | -1.12079e-05 | 1.96107e-05 |
| 131 | sí | 1713 | -1361 | -412647.503 | 5212442.818 | -1.60087e-05 | -1.11444e-05 | 1.95057e-05 |
| 132 | sí | 1675 | -1414 | -412696.675 | 5212401.142 | -1.67819e-05 | -1.15629e-05 | 2.03797e-05 |
| 133 | sí | 1683 | -1411 | -412687.583 | 5212396.341 | -1.65631e-05 | -1.14195e-05 | 2.01182e-05 |
| 134 | sí | 1705 | -1280 | -412639.574 | 5212526.731 | -1.64459e-05 | -1.15424e-05 | 2.00921e-05 |
| 135 | sí | 1728 | -1354 | -412637.276 | 5212450.249 | -1.58504e-05 | -1.10586e-05 | 1.93268e-05 |
| 136 | sí | 1731 | -1364 | -412635.999 | 5212443.967 | -1.57854e-05 | -1.10086e-05 | 1.9245e-05 |
| 137 | sí | 1743 | -1391 | -412631.224 | 5212409.798 | -1.54885e-05 | -1.07731e-05 | 1.88667e-05 |
| 138 | sí | 1746 | -1403 | -412629.309 | 5212397.337 | -1.53833e-05 | -1.06896e-05 | 1.87327e-05 |
| 139 | sí | 1742 | -1414 | -412632.935 | 5212385.053 | -1.53916e-05 | -1.06773e-05 | 1.87325e-05 |
| 140 | sí | 1604 | -1383 | -412766.262 | 5212457.935 | -1.86514e-05 | -1.28077e-05 | 2.26255e-05 |
| 141 | sí | 1601 | -1381 | -412767.871 | 5212462.813 | -1.87213e-05 | -1.28571e-05 | 2.27111e-05 |
| 142 | sí | 1613 | -1300 | -412728.519 | 5212527.957 | -1.832e-05 | -1.27065e-05 | 2.22953e-05 |
| 143 | sí | 1662 | -1275 | -412675.607 | 5212535.005 | -1.72463e-05 | -1.20509e-05 | 2.10395e-05 |
| 144 | sí | 2306 | -1206 | -412056.952 | 5212451.296 | -7.98904e-06 | -6.23755e-06 | 1.01357e-05 |
| 145 | sí | 2308 | -1212 | -412061.004 | 5212444.537 | -7.97733e-06 | -6.2195e-06 | 1.01153e-05 |
| 146 | sí | 1878 | -1764 | -412661.000 | 5212090.308 | -1.53795e-05 | -1.02509e-05 | 1.84827e-05 |
| 147 | sí | 1857 | -1764 | -412672.644 | 5212095.075 | -1.56128e-05 | -1.0402e-05 | 1.87606e-05 |
| 148 | sí | 2122 | -1073 | -412117.917 | 5212656.135 | -1.01684e-05 | -7.87864e-06 | 1.28635e-05 |
| 149 | sí | 2085 | -1118 | -412162.402 | 5212611.241 | -1.01323e-05 | -7.7812e-06 | 1.27754e-05 |
| 150 | sí | 2090 | -1112 | -412160.121 | 5212614.374 | -1.01395e-05 | -7.79095e-06 | 1.2787e-05 |
| 151 | sí | 2130 | -1078 | -412112.878 | 5212649.785 | -1.00593e-05 | -7.80197e-06 | 1.27303e-05 |
| 152 | sí | 2137 | -1124 | -412112.640 | 5212586.964 | -9.45573e-06 | -7.33287e-06 | 1.19659e-05 |
| 153 | sí | 2132 | -1120 | -412118.513 | 5212593.229 | -9.5631e-06 | -7.40753e-06 | 1.20965e-05 |
| 154 | sí | 2127 | -1126 | -412120.965 | 5212591.152 | -9.56581e-06 | -7.40578e-06 | 1.20975e-05 |
| 155 | sí | 2098 | -1104 | -412146.919 | 5212631.734 | -1.01834e-05 | -7.84616e-06 | 1.28555e-05 |
| 156 | sí | 2130 | -1186 | -412138.091 | 5212529.102 | -9.19682e-06 | -7.08289e-06 | 1.16081e-05 |
| 157 | sí | 2167 | -1323 | -412258.489 | 5212414.680 | -9.68004e-06 | -7.20007e-06 | 1.20642e-05 |
| 158 | sí | 2192 | -1321 | -412243.507 | 5212397.588 | -9.41621e-06 | -7.01473e-06 | 1.17419e-05 |
| 159 | sí | 2253 | -1361 | -412239.340 | 5212335.927 | -9.08763e-06 | -6.72563e-06 | 1.13057e-05 |
| 160 | sí | 2257 | -1365 | -412243.409 | 5212331.347 | -9.11565e-06 | -6.73538e-06 | 1.1334e-05 |
| 161 | sí | 2227 | -1209 | -412106.975 | 5212477.758 | -8.55231e-06 | -6.61425e-06 | 1.08116e-05 |
| 162 | sí | 2266 | -1049 | -411988.178 | 5212615.419 | -8.82521e-06 | -7.01113e-06 | 1.12712e-05 |
| 163 | sí | 2289 | -1031 | -411956.240 | 5212626.859 | -8.76059e-06 | -6.99684e-06 | 1.12118e-05 |
| 164 | sí | 2287 | -1117 | -411994.919 | 5212554.811 | -8.32683e-06 | -6.60978e-06 | 1.06313e-05 |
| 165 | sí | 2280 | -1120 | -412001.525 | 5212554.403 | -8.36339e-06 | -6.63042e-06 | 1.06728e-05 |
| 166 | sí | 2356 | -1089 | -411959.610 | 5212536.357 | -7.98163e-06 | -6.37796e-06 | 1.02169e-05 |
| 167 | sí | 2390 | -1465 | -412175.209 | 5212197.126 | -8.06838e-06 | -5.91567e-06 | 1.00047e-05 |
| 168 | sí | 2338 | -1370 | -412178.699 | 5212283.832 | -8.27349e-06 | -6.15911e-06 | 1.03143e-05 |
| 169 | sí | 2351 | -1374 | -412168.144 | 5212280.529 | -8.16127e-06 | -6.0861e-06 | 1.01807e-05 |
| 170 | sí | 2136 | -1187 | -412132.392 | 5212519.724 | -9.0727e-06 | -6.99287e-06 | 1.14549e-05 |
| 171 | sí | 2157 | -1183 | -412114.517 | 5212512.369 | -8.86068e-06 | -6.8539e-06 | 1.12021e-05 |
| 172 | sí | 2106 | -1182 | -412184.658 | 5212560.957 | -9.9021e-06 | -7.56014e-06 | 1.24582e-05 |
| 173 | sí | 2111 | -1169 | -412173.183 | 5212573.249 | -9.89252e-06 | -7.57409e-06 | 1.24591e-05 |
| 174 | sí | 1726 | -1155 | -412585.994 | 5212625.378 | -1.62948e-05 | -1.15983e-05 | 2.0001e-05 |
| 175 | sí | 1716 | -1161 | -412596.890 | 5212624.288 | -1.64886e-05 | -1.17175e-05 | 2.02281e-05 |
| 176 | sí | 734 | -2127 | -413687.345 | 5212213.044 | -4.86957e-05 | -3.11864e-05 | 5.78261e-05 |
| 177 | sí | 795 | -2117 | -413660.003 | 5212198.675 | -4.74603e-05 | -3.03934e-05 | 5.63581e-05 |
| 178 | sí | 735 | -2094 | -413675.274 | 5212227.421 | -4.81766e-05 | -3.08823e-05 | 5.72251e-05 |
| 179 | sí | 737 | -2082 | -413667.256 | 5212235.908 | -4.78342e-05 | -3.06801e-05 | 5.68277e-05 |
| 180 | sí | 767 | -2083 | -413654.879 | 5212224.178 | -4.72647e-05 | -3.031e-05 | 5.61485e-05 |
| 181 | sí | 2973 | -1692 | -411824.623 | 5211794.053 | -7.20742e-06 | -4.99105e-06 | 8.76684e-06 |

| | | | | | | | | |
|-----|----|------|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 182 | sí | 903 | -1751 | -413420.502 | 5212370.180 | -3.80759e-05 | -2.47843e-05 | 4.54317e-05 |
| 183 | sí | 2439 | -1238 | -411980.568 | 5212357.208 | -7.00412e-06 | -5.51463e-06 | 8.91453e-06 |
| 184 | sí | 2314 | -1204 | -412045.448 | 5212444.646 | -7.86693e-06 | -6.15468e-06 | 9.98843e-06 |
| 185 | sí | 2197 | -1355 | -412268.129 | 5212365.260 | -9.54347e-06 | -7.04504e-06 | 1.18621e-05 |
| 186 | sí | 1100 | -1966 | -413334.869 | 5212105.415 | -3.43886e-05 | -2.20944e-05 | 4.08746e-05 |
| 187 | sí | 1101 | -1955 | -413330.732 | 5212113.178 | -3.42311e-05 | -2.2007e-05 | 4.06949e-05 |
| 188 | sí | 1121 | -1970 | -413306.949 | 5212090.655 | -3.34035e-05 | -2.14593e-05 | 3.97026e-05 |
| 189 | sí | 1076 | -1950 | -413358.516 | 5212127.734 | -3.52337e-05 | -2.26559e-05 | 4.18892e-05 |
| 190 | sí | 1071 | -1976 | -413375.608 | 5212095.336 | -3.58963e-05 | -2.30214e-05 | 4.26443e-05 |
| 191 | sí | 2328 | -1102 | -411974.898 | 5212554.096 | -8.20649e-06 | -6.53973e-06 | 1.04935e-05 |
| 192 | sí | 2289 | -1122 | -411991.617 | 5212542.111 | -8.20427e-06 | -6.5163e-06 | 1.04772e-05 |
| 193 | sí | 2347 | -1101 | -411959.236 | 5212524.644 | -7.88877e-06 | -6.3036e-06 | 1.00979e-05 |
| 194 | sí | 2317 | -989 | -411920.182 | 5212647.152 | -8.79201e-06 | -7.05761e-06 | 1.12743e-05 |
| 195 | sí | 3043 | -467 | -411169.715 | 5212599.360 | -1.0895e-05 | -8.65337e-06 | 1.39134e-05 |
| 196 | sí | 2841 | -565 | -411375.573 | 5212605.732 | -9.14013e-06 | -7.44404e-06 | 1.17879e-05 |
| 197 | sí | 2898 | -989 | -411542.987 | 5212317.641 | -6.41305e-06 | -5.25746e-06 | 8.29266e-06 |
| 198 | sí | 2906 | -981 | -411535.904 | 5212316.861 | -6.43553e-06 | -5.27422e-06 | 8.32066e-06 |
| 199 | sí | 2677 | -1067 | -411775.608 | 5212382.995 | -6.42014e-06 | -5.25202e-06 | 8.29469e-06 |
| 200 | sí | 2695 | -1141 | -411785.030 | 5212310.478 | -6.13526e-06 | -4.97423e-06 | 7.89838e-06 |
| 201 | sí | 2518 | -967 | -411821.034 | 5212473.497 | -7.01668e-06 | -5.73108e-06 | 9.05975e-06 |
| 202 | sí | 2438 | -1032 | -411866.935 | 5212489.867 | -7.25098e-06 | -5.8847e-06 | 9.33844e-06 |
| 203 | sí | 2537 | -1268 | -411949.122 | 5212276.564 | -6.55738e-06 | -5.13828e-06 | 8.33073e-06 |
| 204 | sí | 2498 | -1329 | -412004.705 | 5212250.038 | -6.80067e-06 | -5.2386e-06 | 8.58441e-06 |
| 205 | sí | 2548 | -1352 | -411987.036 | 5212199.822 | -6.61385e-06 | -5.06221e-06 | 8.3288e-06 |
| 206 | sí | 2622 | -1355 | -411946.637 | 5212163.061 | -6.37201e-06 | -4.87686e-06 | 8.02411e-06 |
| 207 | sí | 2606 | -1341 | -411954.522 | 5212191.666 | -6.43027e-06 | -4.94743e-06 | 8.11329e-06 |
| 208 | sí | 2363 | -1675 | -412339.622 | 5212010.910 | -1.01221e-05 | -6.91714e-06 | 1.22598e-05 |
| 209 | sí | 2333 | -1700 | -412372.542 | 5211995.930 | -1.06166e-05 | -7.19966e-06 | 1.28276e-05 |
| 210 | sí | 2229 | -1644 | -412402.186 | 5212072.706 | -1.08643e-05 | -7.44775e-06 | 1.3172e-05 |
| 211 | sí | 2088 | -1708 | -412483.560 | 5212075.824 | -1.21265e-05 | -8.22671e-06 | 1.46537e-05 |
| 212 | sí | 2095 | -1713 | -412483.244 | 5212071.633 | -1.21277e-05 | -8.22102e-06 | 1.46515e-05 |
| 213 | sí | 2055 | -1678 | -412493.378 | 5212124.391 | -1.22439e-05 | -8.36246e-06 | 1.48271e-05 |
| 214 | sí | 2097 | -1607 | -412468.061 | 5212143.912 | -1.18236e-05 | -8.13087e-06 | 1.43495e-05 |
| 215 | sí | 2234 | -1021 | -411987.126 | 5212654.615 | -9.20746e-06 | -7.30785e-06 | 1.17551e-05 |
| 216 | sí | 2623 | -1159 | -411856.327 | 5212320.714 | -6.32833e-06 | -5.08348e-06 | 8.11724e-06 |
| 217 | sí | 2602 | -1085 | -411842.205 | 5212392.338 | -6.59565e-06 | -5.35014e-06 | 8.49274e-06 |
| 218 | sí | 2536 | -953 | -411776.817 | 5212477.293 | -6.96567e-06 | -5.72059e-06 | 9.01364e-06 |
| 219 | sí | 2509 | -961 | -411821.735 | 5212484.614 | -7.09282e-06 | -5.79428e-06 | 9.1587e-06 |
| 220 | sí | 2361 | -1008 | -411894.873 | 5212588.210 | -8.1279e-06 | -6.56421e-06 | 1.04476e-05 |
| 221 | sí | 2314 | -1036 | -411947.021 | 5212611.934 | -8.57204e-06 | -6.85928e-06 | 1.09786e-05 |
| 222 | sí | 2161 | -1297 | -412242.353 | 5212425.078 | -9.55414e-06 | -7.13939e-06 | 1.1927e-05 |
| 223 | sí | 2157 | -1291 | -412237.563 | 5212429.642 | -9.52617e-06 | -7.12924e-06 | 1.18985e-05 |
| 224 | sí | 1985 | -1399 | -412464.502 | 5212288.878 | -1.1986e-05 | -8.43237e-06 | 1.4655e-05 |
| 225 | sí | 1995 | -1399 | -412446.291 | 5212289.240 | -1.16996e-05 | -8.25593e-06 | 1.43192e-05 |
| 226 | sí | 2000 | -1413 | -412448.595 | 5212279.072 | -1.17055e-05 | -8.2462e-06 | 1.43185e-05 |
| 227 | sí | 2026 | -1418 | -412422.521 | 5212267.233 | -1.1272e-05 | -7.96275e-06 | 1.38008e-05 |
| 228 | sí | 2028 | -1434 | -412428.938 | 5212249.248 | -1.13272e-05 | -7.97101e-06 | 1.38508e-05 |
| 229 | sí | 1978 | -1874 | -412644.173 | 5212002.358 | -1.52243e-05 | -1.0037e-05 | 1.82352e-05 |
| 230 | sí | 2050 | -1868 | -412593.076 | 5212005.143 | -1.42191e-05 | -9.42033e-06 | 1.70566e-05 |
| 231 | sí | 2054 | -1863 | -412588.879 | 5212007.007 | -1.41344e-05 | -9.37085e-06 | 1.69586e-05 |
| 232 | sí | 2276 | -2194 | -412481.612 | 5211556.270 | -1.57617e-05 | -9.83126e-06 | 1.85764e-05 |
| 233 | sí | 2683 | -1868 | -412142.446 | 5211792.326 | -9.03902e-06 | -6.02035e-06 | 1.08604e-05 |
| 234 | sí | 2685 | -1873 | -412141.294 | 5211784.915 | -9.08419e-06 | -6.04022e-06 | 1.0909e-05 |

| | | | | | | | | |
|-----|----|------|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 235 | sí | 3236 | -1142 | -411262.392 | 5212045.157 | -7.92411e-06 | -6.00119e-06 | 9.94011e-06 |
| 236 | sí | 3200 | -1101 | -411267.047 | 5212070.734 | -7.83976e-06 | -5.97881e-06 | 9.85941e-06 |
| 237 | sí | 3246 | -1061 | -411223.202 | 5212079.433 | -8.23735e-06 | -6.26176e-06 | 1.03472e-05 |
| 238 | sí | 3320 | -997 | -411163.011 | 5212093.961 | -8.84608e-06 | -6.69257e-06 | 1.10925e-05 |
| 239 | sí | 3387 | -1010 | -411145.974 | 5212065.967 | -9.06954e-06 | -6.80591e-06 | 1.13392e-05 |
| 240 | sí | 3316 | -1408 | -411449.892 | 5211665.932 | -8.82562e-06 | -6.0052e-06 | 1.06749e-05 |
| 241 | sí | 2016 | -1471 | -412458.464 | 5212240.690 | -1.17694e-05 | -8.23131e-06 | 1.43622e-05 |
| 242 | sí | 2109 | -1112 | -412139.000 | 5212610.696 | -9.90656e-06 | -7.64407e-06 | 1.25129e-05 |
| 243 | sí | 2114 | -1183 | -412173.003 | 5212560.705 | -9.78352e-06 | -7.48757e-06 | 1.23199e-05 |
| 244 | sí | 2111 | -1296 | -412301.770 | 5212472.920 | -1.05626e-05 | -7.82731e-06 | 1.31467e-05 |
| 245 | sí | 2249 | -1475 | -412307.104 | 5212224.110 | -9.57968e-06 | -6.86735e-06 | 1.17869e-05 |
| 246 | sí | 1967 | -1318 | -412469.371 | 5212393.448 | -1.24961e-05 | -8.89776e-06 | 1.53402e-05 |
| 247 | sí | 2026 | -1515 | -412477.826 | 5212207.469 | -1.20254e-05 | -8.3432e-06 | 1.46362e-05 |
| 248 | sí | 2101 | -1600 | -412463.836 | 5212146.776 | -1.17564e-05 | -8.09374e-06 | 1.42731e-05 |
| 249 | sí | 878 | -1647 | -413472.816 | 5212523.439 | -4.11106e-05 | -2.69086e-05 | 4.91341e-05 |
| 250 | sí | 669 | -2136 | -413739.379 | 5212225.875 | -5.10857e-05 | -3.26999e-05 | 6.06551e-05 |
| 251 | sí | 2145 | -1505 | -412408.452 | 5212212.023 | -1.09513e-05 | -7.68884e-06 | 1.33809e-05 |
| 252 | sí | 2421 | -1414 | -412124.690 | 5212244.483 | -7.6769e-06 | -5.74575e-06 | 9.58897e-06 |
| 253 | sí | 2421 | -1422 | -412129.899 | 5212237.803 | -7.70872e-06 | -5.75642e-06 | 9.62085e-06 |
| 254 | sí | 2029 | -1080 | -412225.958 | 5212623.285 | -1.09058e-05 | -8.27171e-06 | 1.36879e-05 |
| 255 | sí | 2085 | -1073 | -412174.650 | 5212643.780 | -1.05711e-05 | -8.1011e-06 | 1.33183e-05 |
| 256 | sí | 2090 | -1066 | -412172.626 | 5212650.744 | -1.06222e-05 | -8.14361e-06 | 1.33847e-05 |
| 257 | sí | 1426 | -1763 | -413033.875 | 5212213.354 | -2.45971e-05 | -1.61478e-05 | 2.94239e-05 |
| 258 | sí | 1404 | -1758 | -413056.352 | 5212217.317 | -2.52599e-05 | -1.6567e-05 | 3.02081e-05 |
| 259 | sí | 1851 | -1947 | -412734.034 | 5211977.376 | -1.72034e-05 | -1.12282e-05 | 2.05433e-05 |
| 260 | sí | 1938 | -1916 | -412671.558 | 5211974.149 | -1.5877e-05 | -1.0404e-05 | 1.89822e-05 |
| 261 | sí | 2104 | -1777 | -412495.321 | 5212048.704 | -1.2369e-05 | -8.33898e-06 | 1.49175e-05 |

Anexo B

Resultado plano georreferenciado

En las siguientes 2 páginas se incluyen, primero el plano georreferenciado sobre el plano actual en QGIS y, a continuación, el resultado de la georreferenciación del plano de 1812.

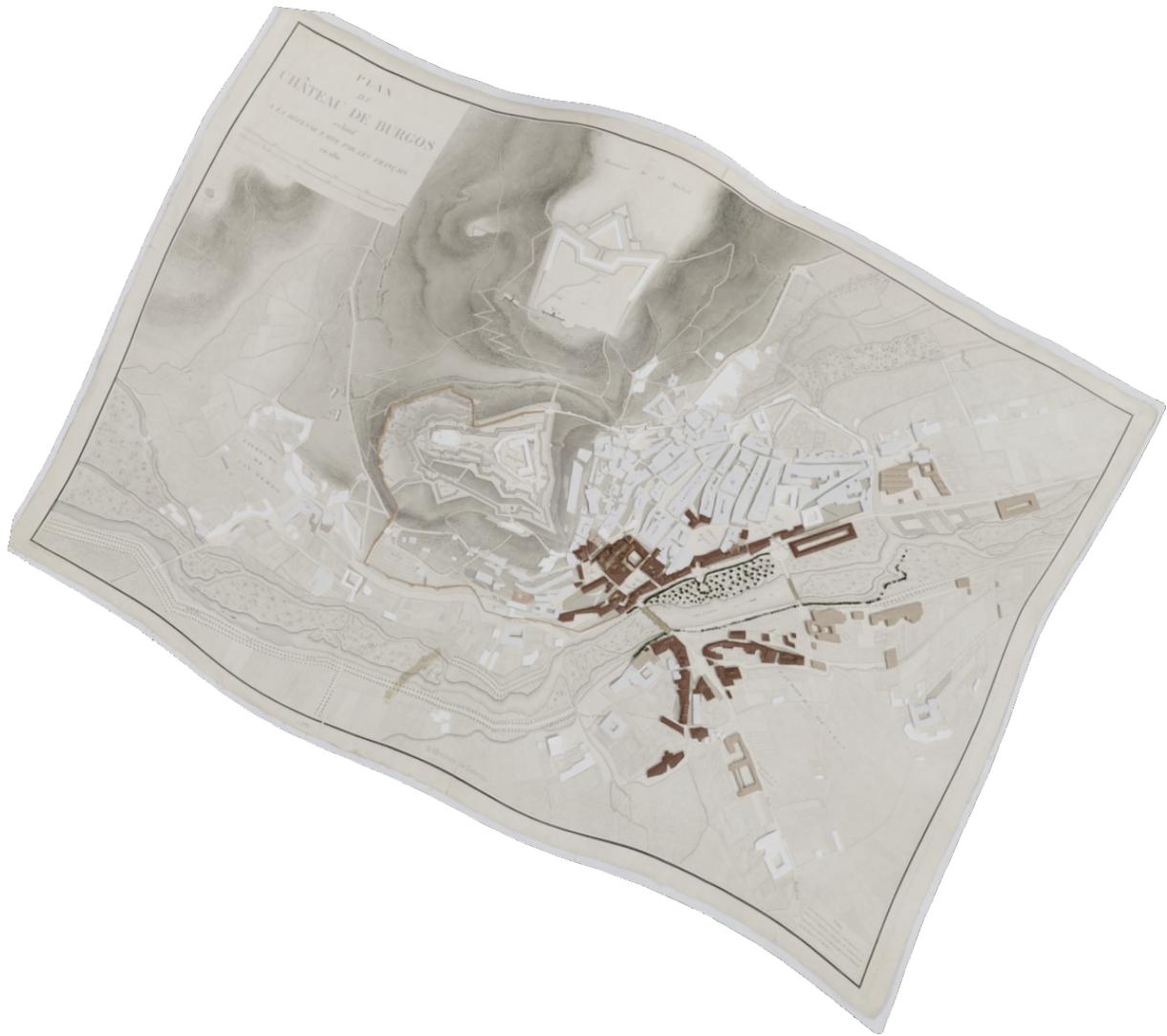


Anexo C

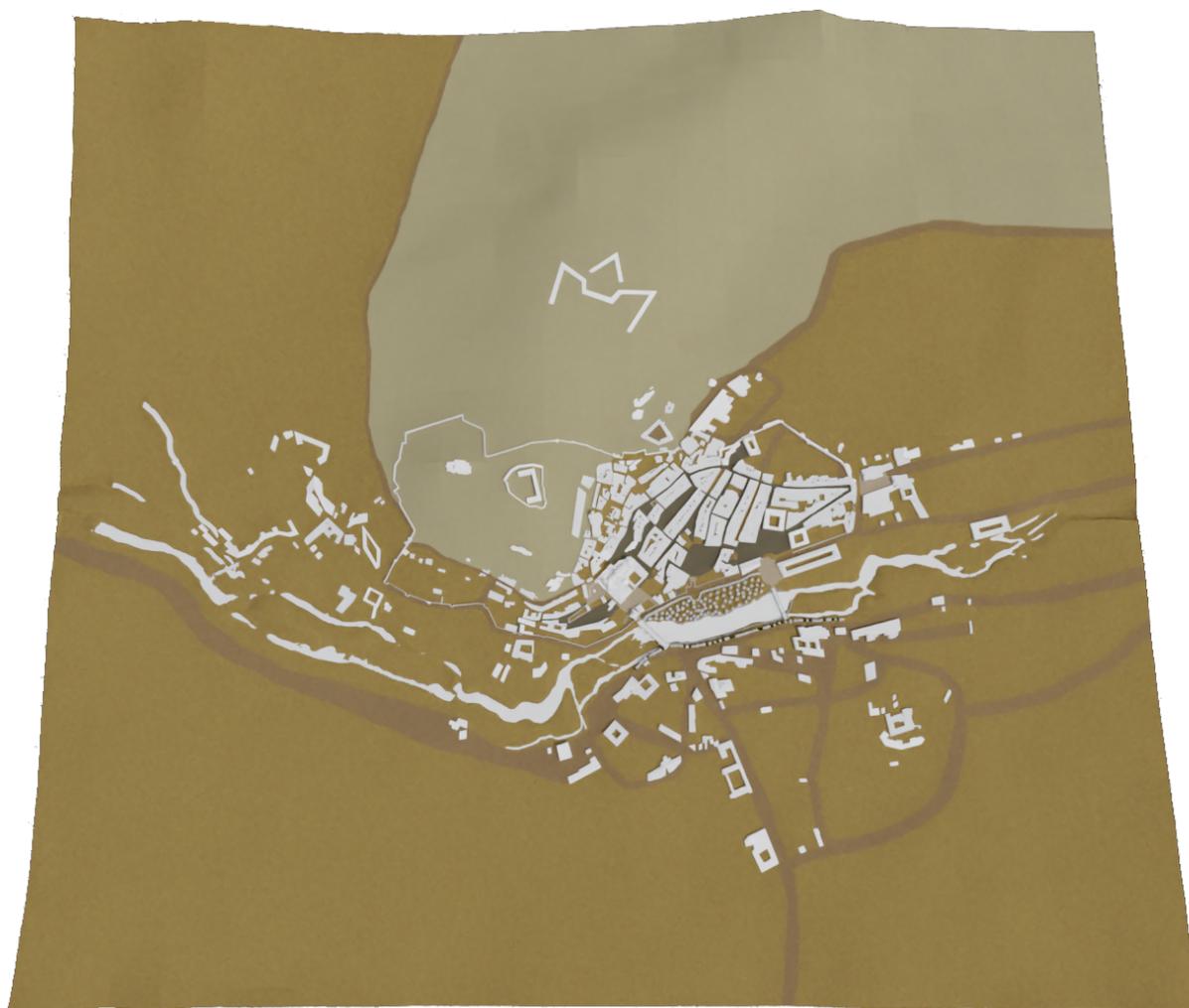
Vistas del plano en Blender

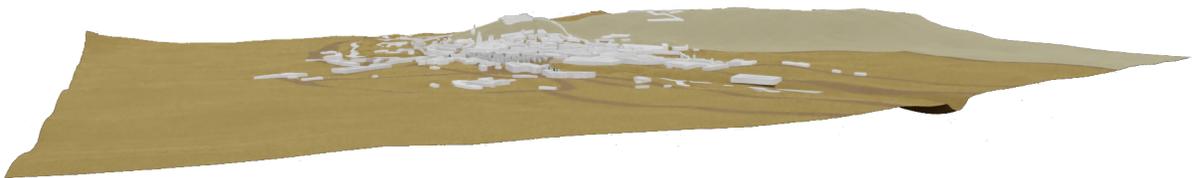
En las siguientes 8 páginas se incluyen vistas del proyecto en Blender en el siguiente orden: vista cenital del plano con los edificios con y sin textura (páginas 75 y 76); vista cenital del suelo texturizado (páginas 77); vista cenital con el suelo texturizado y los edificios con y sin textura (páginas 78 y 79); dos vistas laterales con el suelo texturizado y los edificios sin textura (páginas 79 y 80); y, por último, vista cenital de los elementos renderizados en el recorrido de la ciudad (página 81).











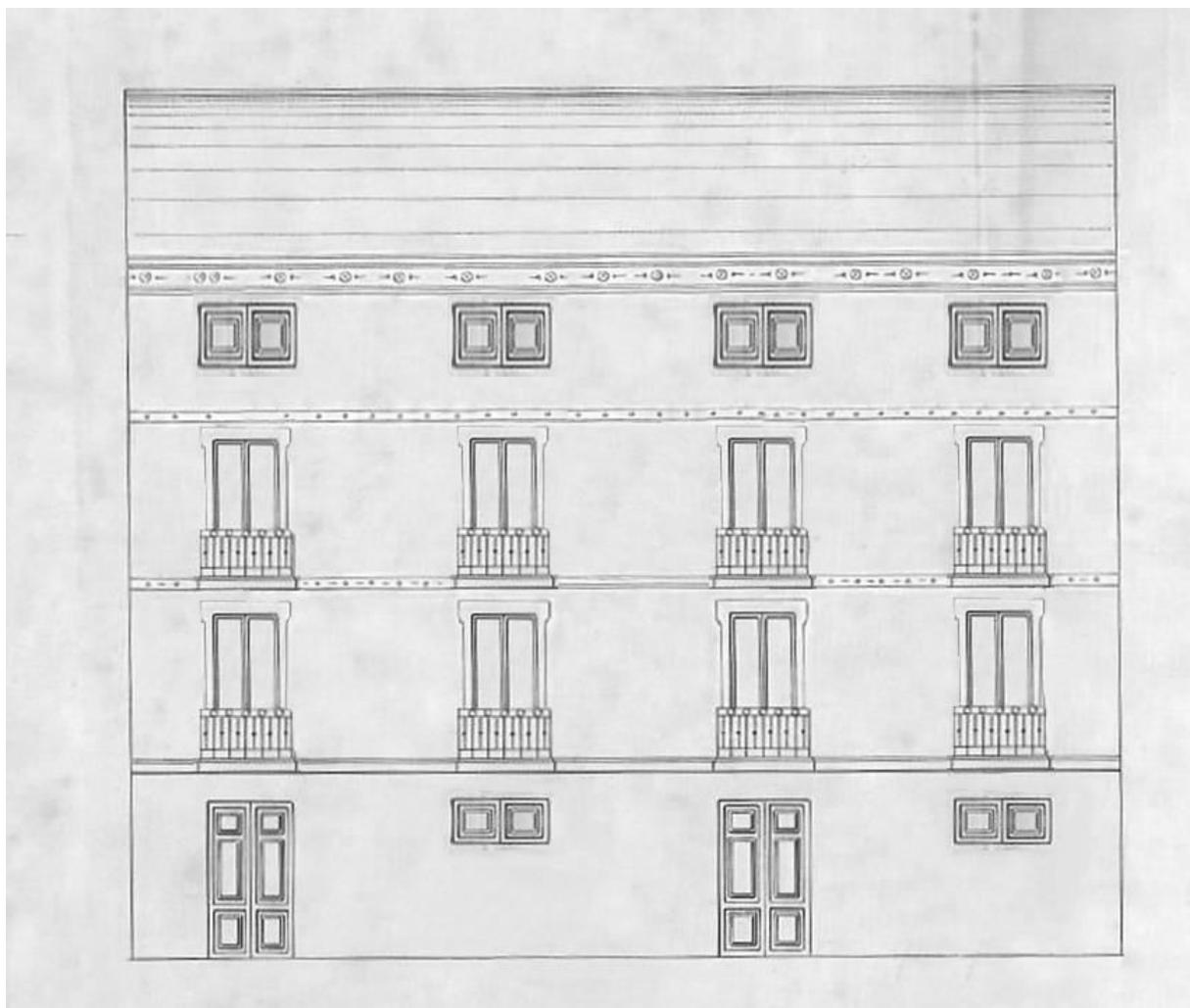


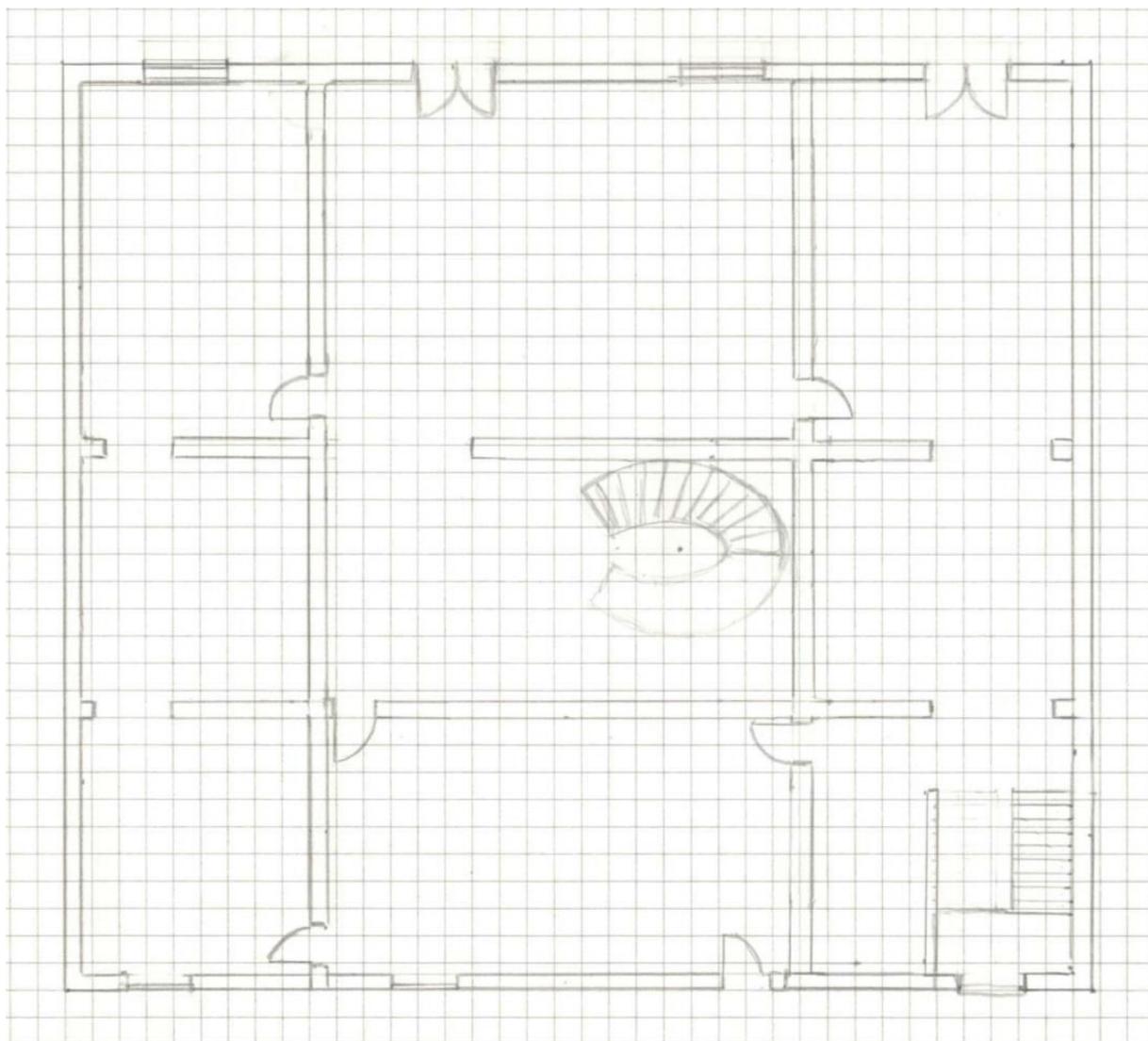


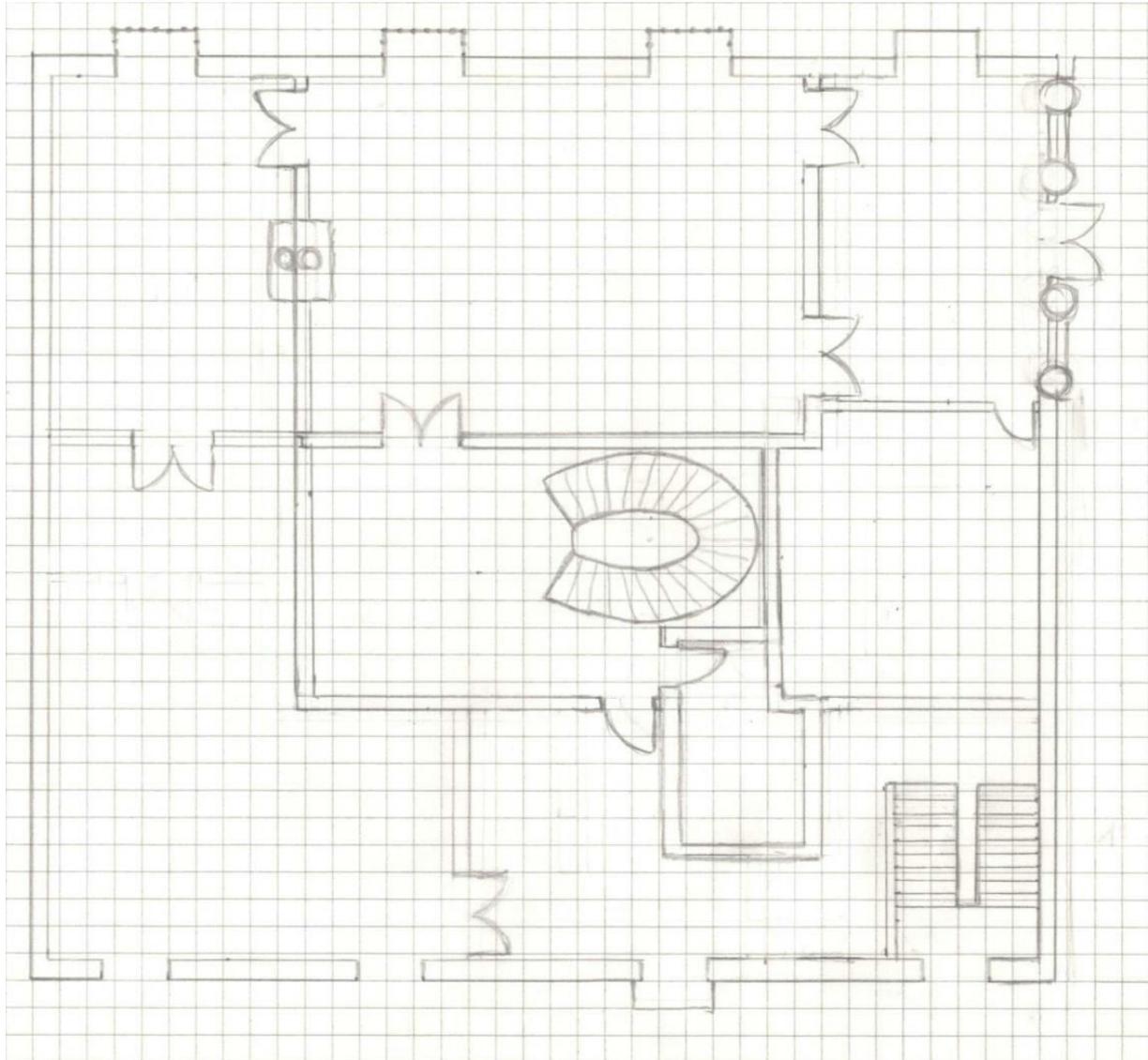
Anexo D

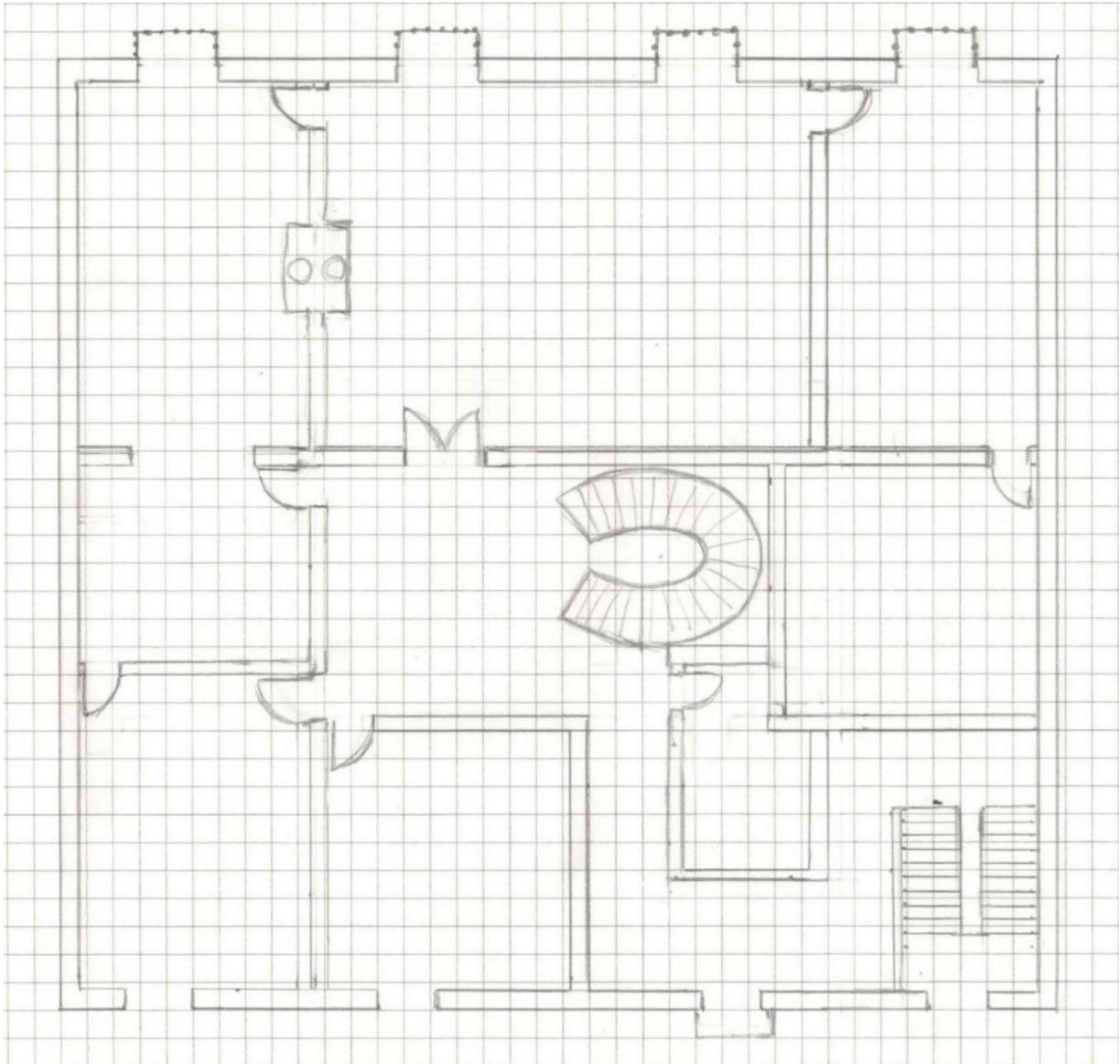
Planos creados de la casa del Gobernador

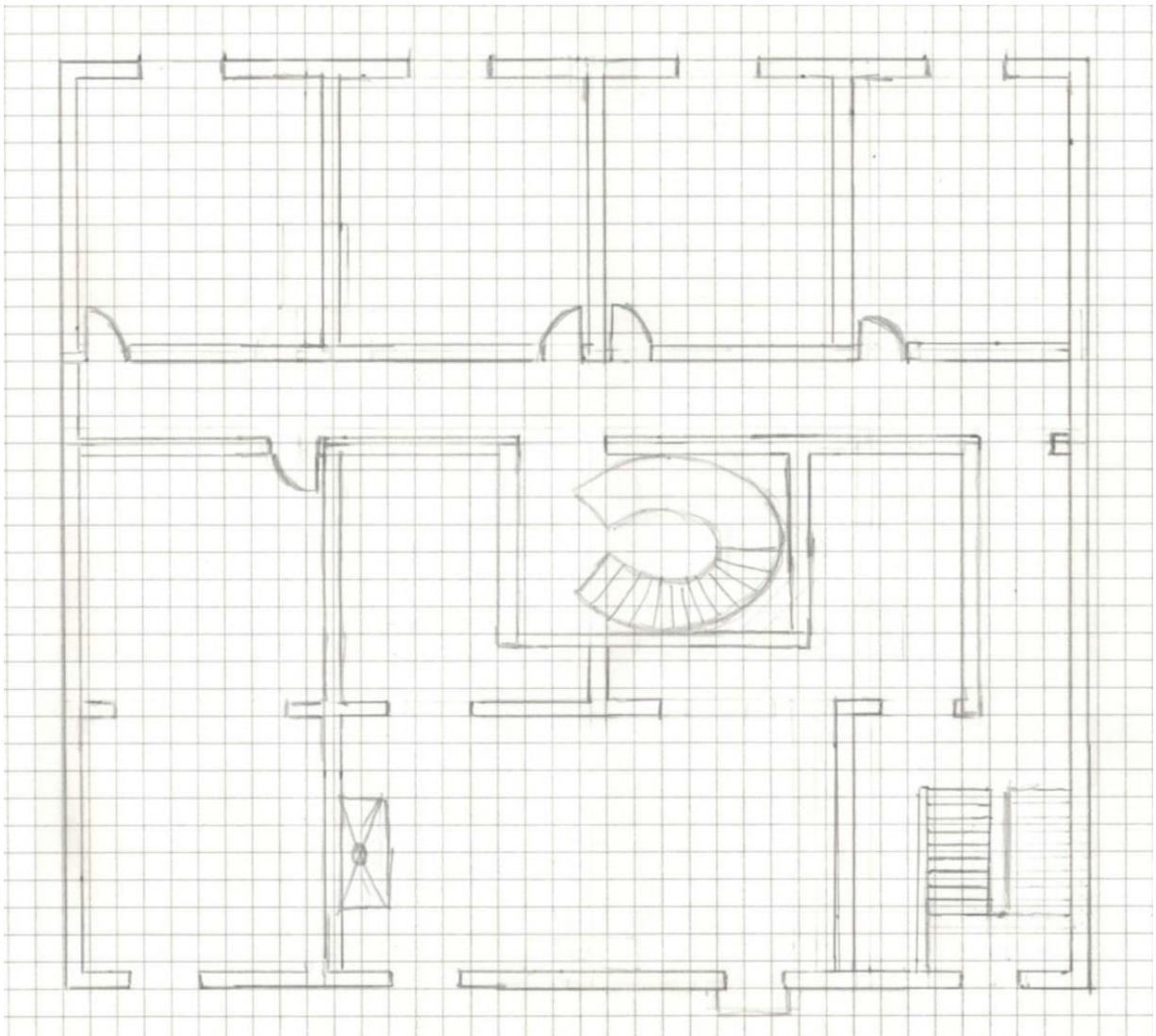
En las siguientes 6 páginas se incluyen los planos creados para la fachada y para cada planta de la casa del Gobernador. Además, en último lugar, se incluye una acuarela que se ha utilizado como referencia para el plano de la fachada.

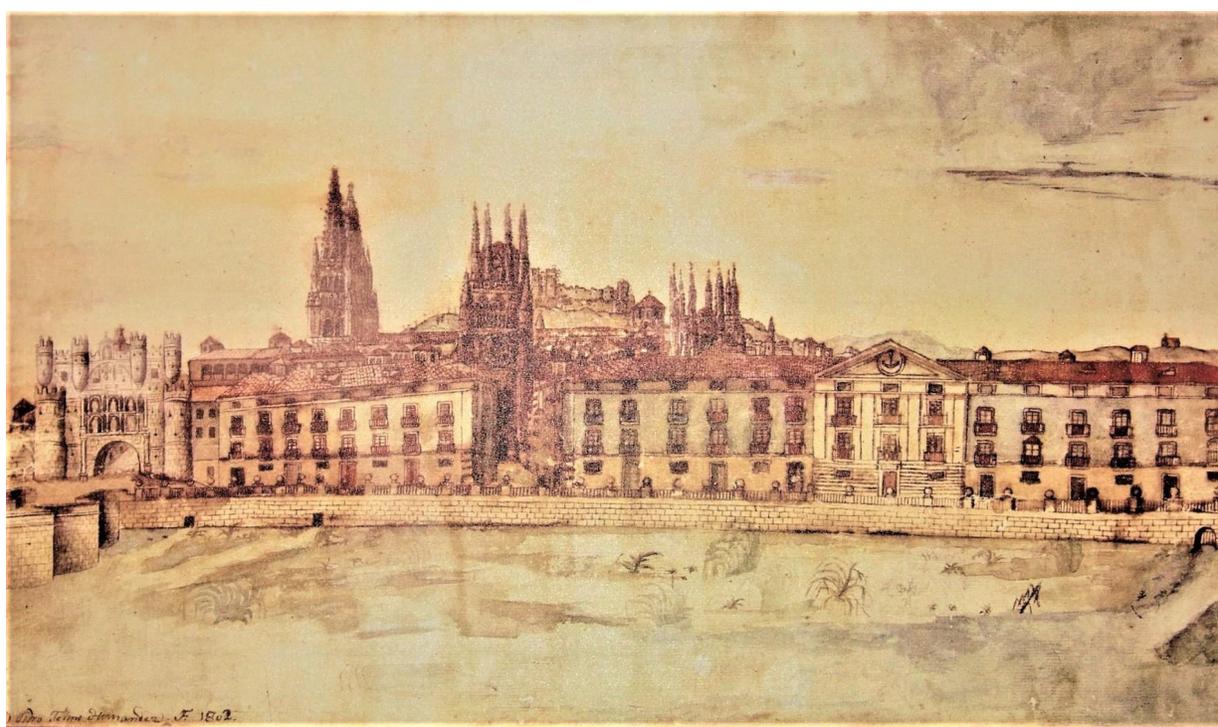












Anexo E

Inventario creado de la casa del Gobernador

En las siguientes 4 páginas se incluye el inventario de la casa del Gobernador, clasificado por plantas y habitaciones.

PLANTA 0 (BAJO):

- 6 faroles.
- 4 camas.
- 5 sillas.
- 9 barriles.
- 1 brasero.
- 1 bañera.

PLANTA 1:

Cuatro puertas-balcón de 6 cristales que miran al Espolón y cuatro ventanas sencillas atrás que dan al Jardín del duque de Abrantes.

Antesala (sala de la escalera principal):

- 1 farol. - 9 sillas de paja. - 1 canapé amarillo.

Habitación derecha (cuarto del billar):

- 1 Mesa de billar. - 7 bancos de terciopelo carmesí. - 3 cornucopias. - 1 rinconera. - 2 espejos en la puerta.

Habitación al Espolón derecha (habitación de las columnas):

- 2 cortinas carmesí con pabellón y adornos de color oro. - 2 canapés carmesí. - 4 sillas de nogal de color carmesí. - 1 banco forrado carmesí. - 1 araña de cristal con 6 mecheros. - 2 espejos en cada puerta. - 1 alfombra turca de fondo encarnado. - 4 columnas - 1 chimenea francesa con utensilios.

Habitación al Espolón central:

- 4 cortinas verdes con guarnición de bellotas y pabellón color oro. - 4 canapés verdes. - 6 sillas de caoba de brazos verdes. - 2 sillas de caoba de brazos carmesí. - 1 reloj de sobremesa. - 1 araña de cristal con 6 mecheros. - 2 cuadros marineros. - 1 alfombra color ceniza. - 2 mesas de caoba con piedra de mármol negro y molduras doradas. - 1 estatua - 2 espejos. - 8 espejos en las puertas. - 1 chimenea francesa con espejo y con sus utensilios. - 7 cornucopias.

Habitación al Espolón izquierda:

- 1 espejo chimenea. - 1 chimenea francesa con utensilios. - 2 canapés negros. - 4 sillas negras. - 1 araña con 6 mecheros. - 2 cuadros. - 2 cortinas verdes con pabellón y adornos de oro. - 1 mesa escritorio de 10 cajones. - 1 cómoda. - 1 alfombra de color negro de fondo. - 4 cornucopias. - 1 papelera. - 1 reloj.

Habitación atrás izquierda (comedor):

- 1 araña de cristal. - 1 mesa grande. - 10 sillas carmesí. - 3 mesas pequeñas. - 1 alfombra en el suelo. - 1 farol. - 3 cornucopias.

Habitación atrás junto al comedor y entre las dos escaleras:

- 1 armario para vajilla. - 2 sillas verdes. - 1 mesa. - 2 faroles.

Cuarto pequeño junto al billar:

- 2 cajas de orinal.

PLANTA 2:

4 puertas-balcón de 6 cristales que miran al Espolón y 4 ventanas sencillas atrás que dan al Jardín del duque de Abrantes.

Antesala (sala de la escalera principal):

- 1 farol para la escalera. - 2 cómodas de caoba.

Habitación superior derecha (gabinete del secretario de S. Excelencia):

- 2 cortinas de color rojo y amarillo listado. - 2 canapés tapizados en rojo y amarillo a rayas. - 1 mesa de escritorio. - 2 cornucopias. - 1 chimenea francesa con sus utensilios (paleta, atizador, cepillo y cesto para leña).

Alcoba del secretario:

- 1 armario. - 1 cama catre. - 1 caja orinal. - 1 rinconera. - 1 silla color amarillo. - 1 alfombra. - 1 baúl.

Sala principal al Espolón central:

- 1 chimenea francesa con espejo y con utensilios. - 4 canapés carmesí. - 3 sillas carmesí. - 4 cortinas carmesí. - 2 espejos. - 2 cuadros. - 1 alfombra rosada con flores. - 1 mesa grande de caoba. - 5 cornucopias.

Cuarto interior (retrete):

-2 sillas amarillas. - 1 caja para el orinal.

Habitación al Espolón izquierda:

- 2 cortinas a rayas carmesí y amarillas. -1 chimenea francesa con sus utensilios. -1 cuadro. - 2 sofás turcos carmesí y amarillo a rayas. - 3 sillas carmesí y amarillas a rayas. -1 cómoda. - 1 reloj de sobremesa. - 1 alfombra de fondo negro. - 2 cornucopias.

Alcoba interior de su Excelencia:

- 1 caja para meter el orinal que figura 3 libros. - 1 cama imperial. - 1 espejo de cuerpo entero. - 1 alfombra. -1 cuadro.

Cuarto del ayuda de cámara (atrás):

- 1 cama sencilla. - 1 mesa. - 2 sillas color de caña. - 1 alfombra. -1 rinconera. - 1 caja para el orinal. - 1 baúl.

Habitación de atrás izquierda (cuarto de peinar):

- 2 sofás carmesí. - 1 escritorio de 3 cajones. - 3 sillas color de caña. -2 cornucopias. - 1 rinconera. - 1 cómoda. - 1 cuadro.

PLANTA 3 (ÁTICO):

Habitación superior derecha:

- 1 catre. - 1 brasero. - 1 armario. - 1 mesa. - 1 silla. - 2 cortinas azules

Habitación superior central derecha:

- 1 cama. - 1 mesa. - 1 armario. - 1 silla. -2 cortinas azules.

Habitación superior central izquierda:

- 2 camas. -2 cortinas azules. - 2 mesas. - 4 sillas. - 2 baúles.

Habitación superior izquierda:

- 1 mesa. - 4 sillas. - 1 cama. - 1 baúl. - 1 espejo.

Dos habitaciones izquierdas (atrás):

- 2 camas. - 2 armarios. - 4 sillas. - 2 cortinas azules.

Cocina:

- 7 mesas. - 10 sillas. - 1 cocina con chimenea. - 2 estantes para platos.

Repostería:

- 2 mesas. - 12 estantes para el menaje. - 2 faroles. - 2 barriles.

Anterior a cocina:

- 2 mesas. - 2 faroles. - 3 barriles.

Un farol en la escalera de servicio.

Un farol en el pasillo.

Anexo F

Renderizados de la casa del Gobernador

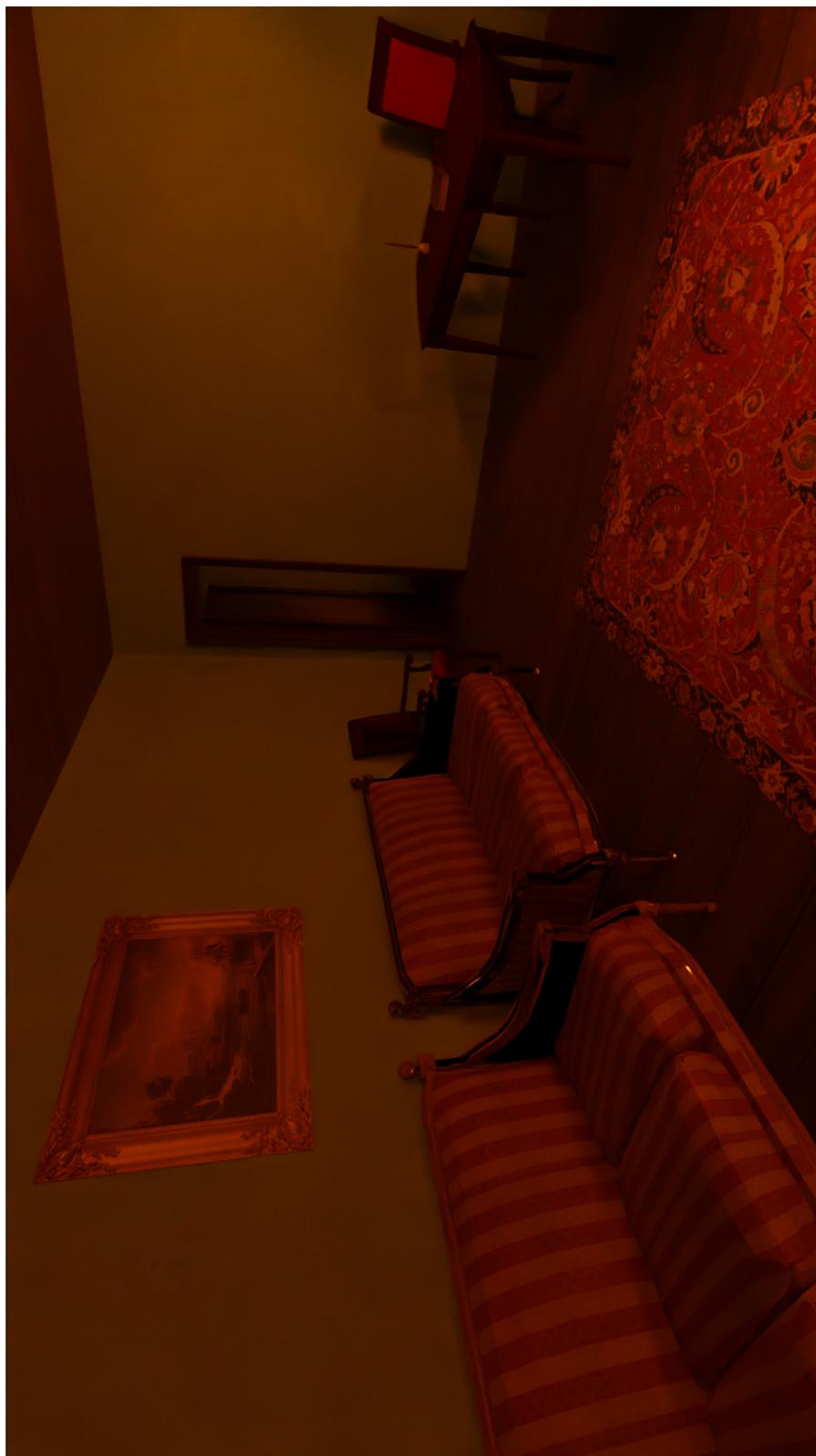
En las siguientes 10 páginas se incluyen 10 renderizados de la casa del Gobernador, en el siguiente orden: habitación anterior a la escalera lateral en la planta baja; primera habitación de los guardas en la planta baja; habitación al Espolón central en la primera planta; habitación del billar en la primera planta; gabinete del secretario de su Excelencia en la segunda planta; alcoba interior de su Excelencia en la segunda planta; habitación superior derecha de la tercera planta; cocina en la tercera planta; repostería en la tercera planta; y, por último, cocina (ángulo inverso) en la tercera planta.

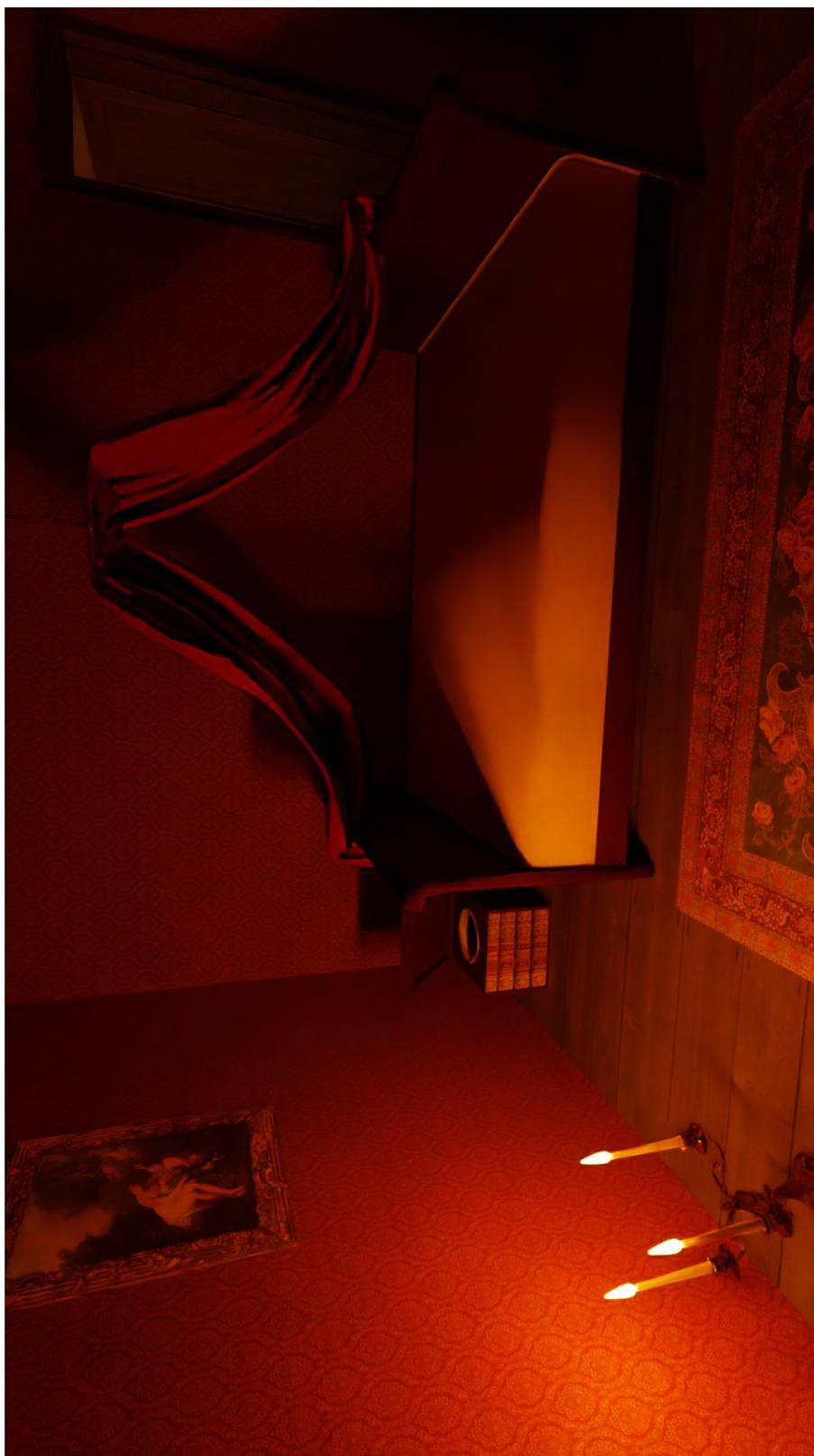


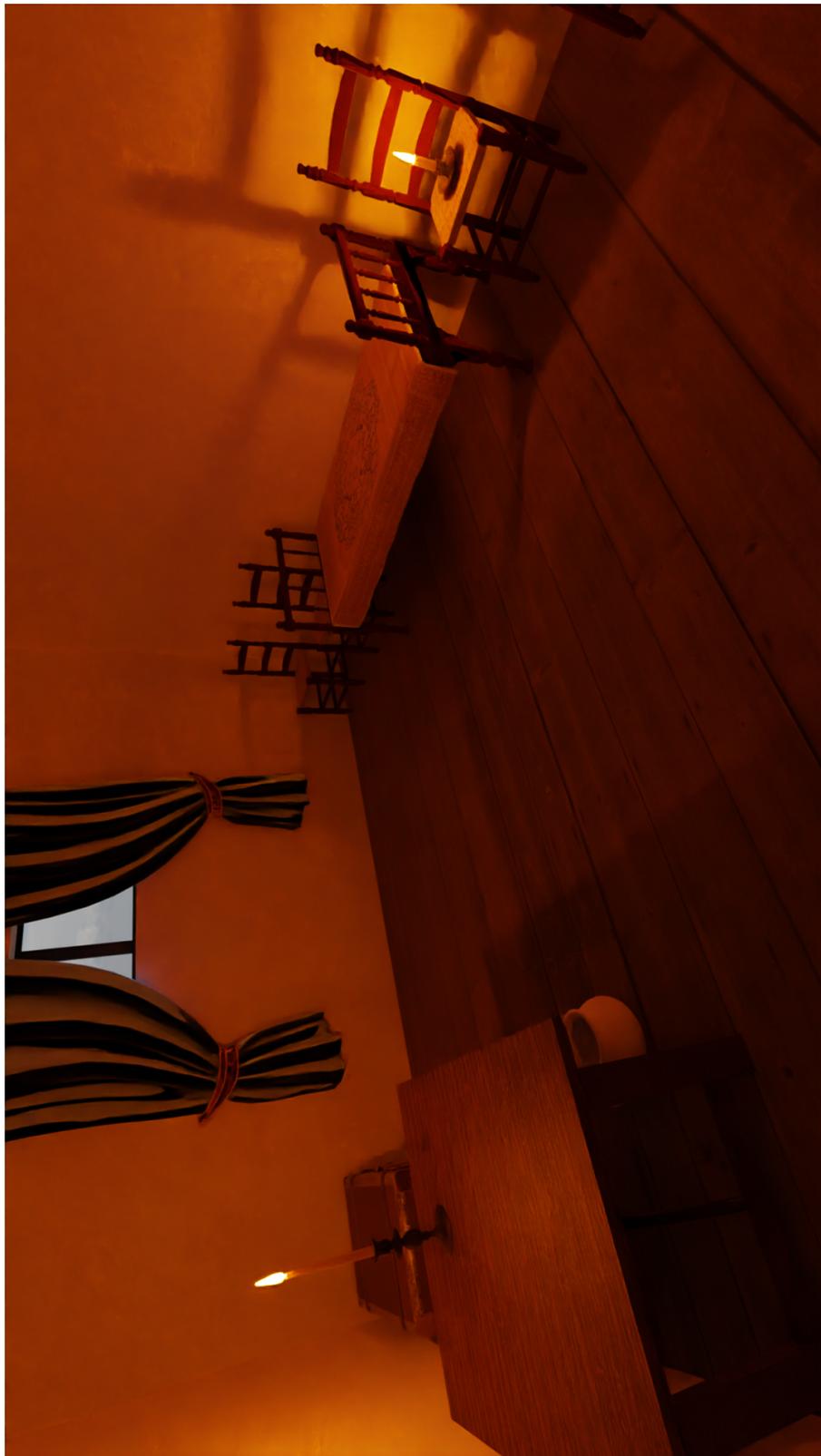


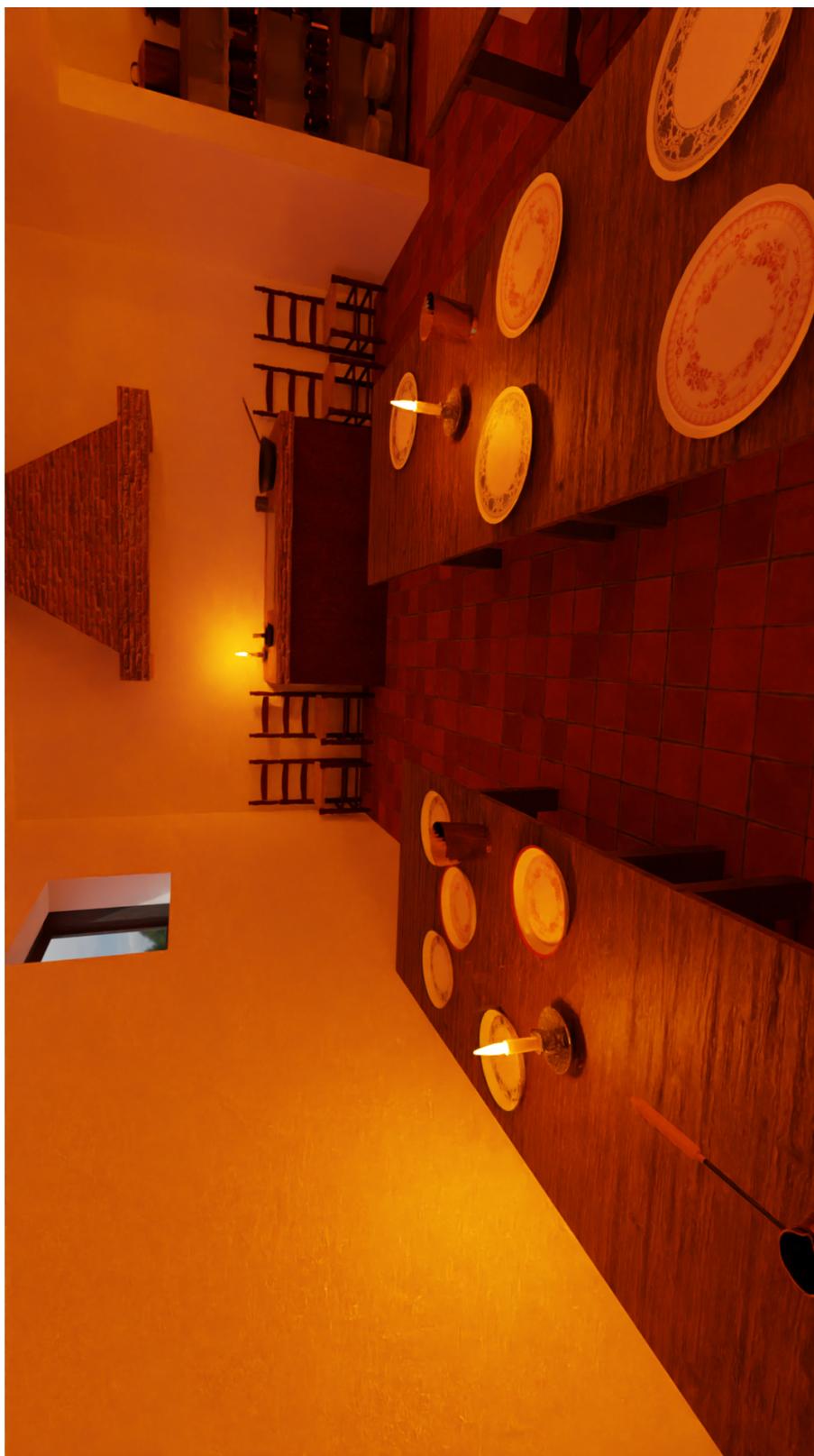




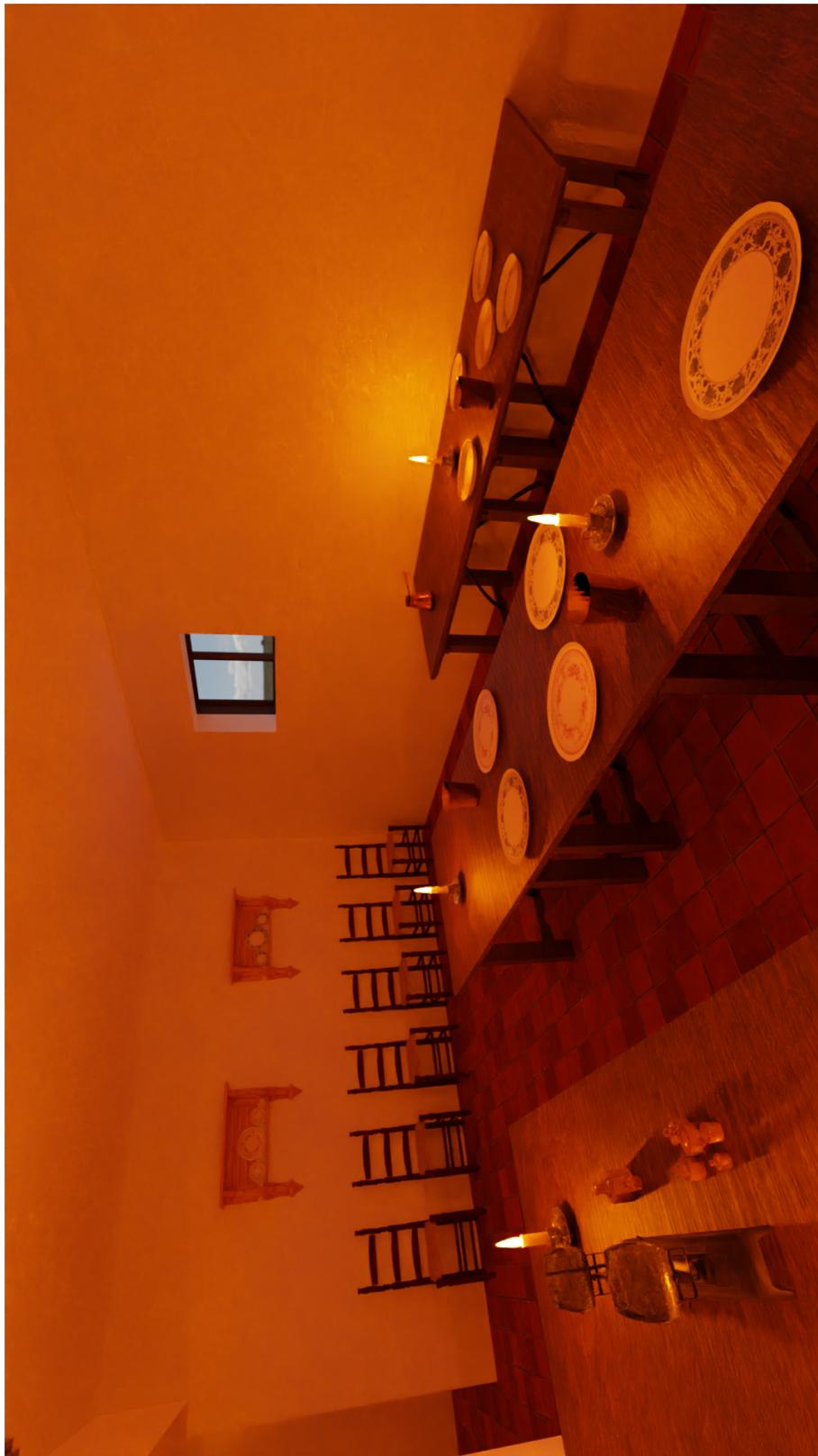












Anexo G

Shaders creados

A continuación se describen las propiedades modificadas de los shaders utilizados en el proyecto. En el caso de los shaders complejos se incluyen capturas de la disposición de los nodos.

AMARILLO CAMA #FFE072 Specular 0

BLANCO #F5F4F2 Specular 1 Roughness 0.795 IOR 1.5

CAL AMARILLA Cal + base color amarillo (#F4F5BA)

CAL AZUL Cal + base color azul(#9BD8FF)

CAL VERDE Cal + base color verde(#B6E0CF)

CREMA #D7BF96 Specular 0.745 Roughness: 0.817 IOR:1.5

ESPEJO Metallic:1 Roughness:0.001

BOLAS DE BILLAR

Material blanco: #E7E7E7 Material rojo: #E7000B Material azul: #0042E7
 Material amarillo: #E7B700 Material verde: #005C00 Material negro: #000000
 Material rosa: #D861E7 Material naranja: #F37200

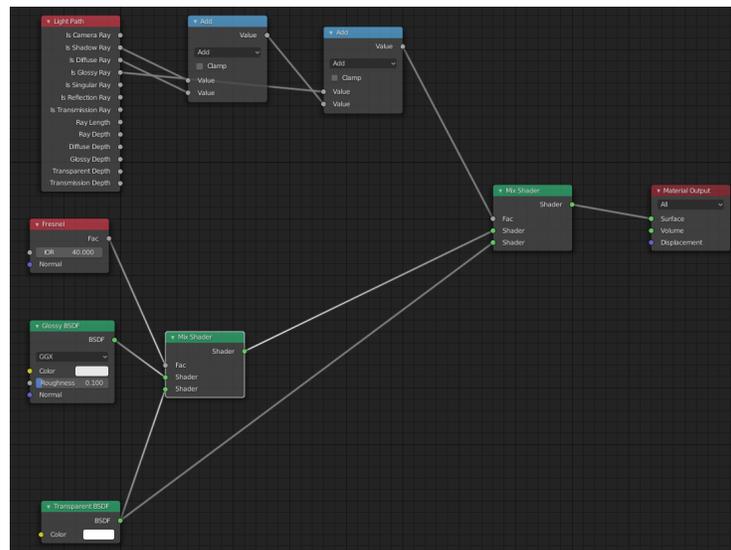
COLOR PLATO AZUL OSCURO #001F6D

COLOR PLATO ROJO #790006

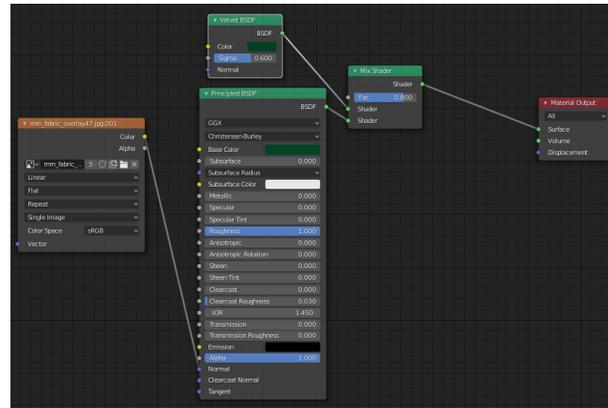
COLOR PLATO BLANCO #E8E5D6

VERDE BILLAR #008E45 Specular 0.1 Roughness 1

CRISTAL

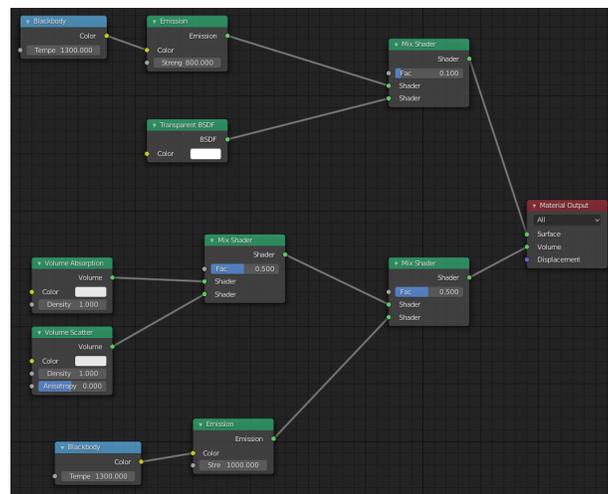


TERCIOPELO



Amarillo: #FFE072 Azul: #9BD8FF Negro: #000000 Rojo: #CA0D1E Verde: #004421

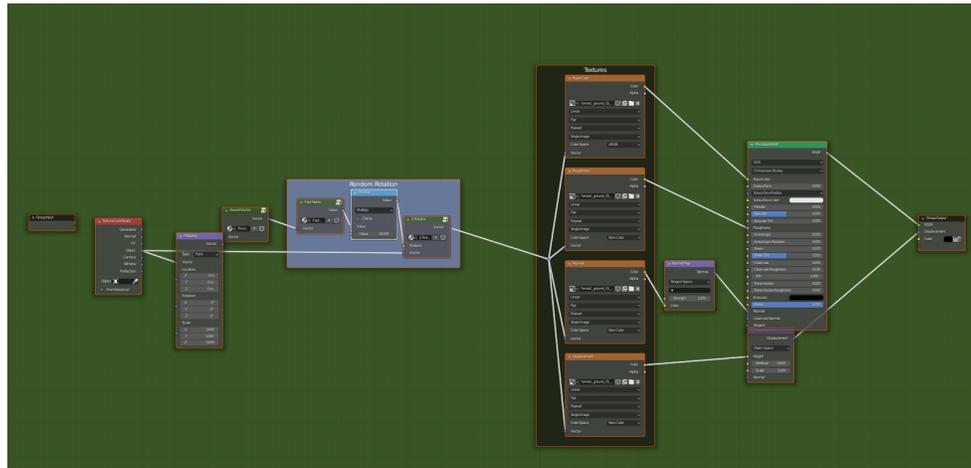
LLAMA



Intensidad vela: Emisión 500. Intensidad vela: Emisión 800.

GRUPO DE NODOS

(Ejemplo shader castillo, con rotación aleatorizada)



Anexo H

Fuentes externas

En las siguientes 3 páginas se incluyen todos los enlaces a las fuentes externas para modelos tridimensionales, texturas, sonidos y fotografías.

H.1. Fuentes externas para modelos tridimensionales

| | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Balcón y ventanas exteriores | Cama simple | Cama imperial |
| Cortinas cama imperial | Cortina ventana | Cortina balcón |
| Silla de mimbre | Escalera de servicio | Escalera central |
| Farol | Rinconera | Bañera de madera |
| Cornucopia | Espejo | Espejo de pie |
| Lámpara de araña | Billar | Mesa redonda |
| Mesa escritorio de 3 cajones | Papelera | Canapé |
| Cubo de madera | Sillón | Columna |
| Chimenea 1 | Chimenea 2 | Utensilios chimenea |
| Barril | Reloj | Baúl |
| Escritorio 10 cajones | Cómoda | Pluma |
| Armario | Estante | Brasero |
| Orinal | Caja del orinal | Sofá turco |
| Vela alta | Candelabro | Libro |
| Plato rojo | Vela pequeña | Busto Napoleón |
| Balanza | Sartenes | Taza de metal |
| Puchero | Jarra vinagrera | Copa |
| Jarra ancha | Chocolatera | Carruaje |
| Carreta | Fuente Catedral | Toldo |
| Adorno Palacio Arzobispal 1 | Adorno Palacio Arzobispal 2 | Puerta tapiada Palacio Arzobispal |
| Escudo Palacio Arzobispal | Ángeles Palacio Arzobispal | Puerta Palacio Arzobispal 1 |
| Puerta Palacio Arzobispal 2 | Puerta Palacio Arzobispal 3 | Puerta redonda doble |
| Pedestal Monumento del Cid | Farol calle | Árbol 1 y 2 |
| Árbol 3 | Arbusto | Catedral de Burgos |
| Arco de Santa María | Escultura 1 | Escultura 2 |
| Escultura 3 | Escultura 4 | Tumba |
| Ancla Consulado del Mar | | |

H.2. Fuentes externas para texturas

| | | |
|--|----------------------------|--|
| Alfombra Planta 1 Comedor | | Alfombra Planta 1 Cuarto Espolón Derecha |
| Alfombra Planta 1 Cuarto Espolón Central | | Alfombra Planta 1 Cuarto Espolón Izquierda |
| Alfombra Planta 2 Cuarto Secretario | | Alfombra Planta 2 Cuarto de Peinar |
| Alfombra Planta 2 Cuarto del Ayuda de Cámara | | Alfombra Planta 2 Cuarto Espolón Derecha |
| Alfombra Planta 2 Cuarto Espolón Central | | Alfombra Planta 2 Cuarto Espolón Izquierda |
| Alfombra Planta 2 Cuarto Imperial | | Cuadro 1 |
| | Cuadro 2 | Cuadro 3 |
| | Cuadro 5 | Cuadro 6 |
| | Cuadro 8 | Cuadro 9 |
| | Cuadro 11 | Cuadro 12 |
| | Cuadro 14 | Cuadro 15 |
| | Bronce | Cal |
| | Colcha | Hierro oscuro |
| | Ladrillos | Libros |
| | Madera clara | Madera muebles |
| | Oro | Piedra de sillería |
| | Piel oscura | Plato rojo |
| | Tela real | Tarima de madera |
| | Tela blanca cortinas | Normal de terciopelo |
| | Terracota suelo | Piedra única |
| | Piedra Arco de Santa María | Piedra puentes |
| | Piedra Catedral | Piedra Consulado del Mar |
| | Tierra caminos | Losas de piedra |
| | Hierba huertas | Toldo púrpura |
| | Toldo líneas azules 2 | Toldo amarillo |
| | Toldo verde | Toldo rojo |
| | Environment | |
| | | Cuadro 4 |
| | | Cuadro 7 |
| | | Cuadro 10 |
| | | Cuadro 13 |
| | | Cuadro 16 |
| | | Chimenea |
| | | Hierro plateado |
| | | Madera caoba |
| | | Mimbres |
| | | Piel clara |
| | | Plato azul |
| | | Tejado |
| | | Terciopelo a rayas |
| | | Mármol |
| | | Piedra murallas |
| | | Empedrado |
| | | Hierba falda del castillo |
| | | Toldo líneas azules 1 |
| | | Toldo naranja |
| | | Toldo azul |

H.3. Fuentes externas para sonidos

| | |
|-----------------------|--|
| Río | Campanas Catedral |
| Sonido ambiente aldea | Los Manolos - Boccherini (versión de Master and Commander) |

H.4. Fuentes externas para fotografías

| | |
|---------------------------|--|
| Grabado monumento del Cid | Grabado del Espolón |
| Catedral y casa contigua | Plaza de Santa María desde carpintería |
| Foto San Nicolás | Burgos desde el convento del Carmen |