



ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

LABORATORY FOR THE GEOMETRIC DOCUMENTATION OF
HERITAGE'S ARCHIVE

Sección de proyectos fin de carrera / Undergraduate master
projects section

8

Información general / General information		
AUTOR:	Andrés FERNANDO DE FUENTES	:AUTHOR
TUTOR:	Ane LOPETEGI GALARRAGA José Manuel VALLE MELÓN	:TUTOR
TITULACION:	Ingeniería Técnica en Topografía. Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (UPV-EHU)	:DEGREE
TITULO:	Interpretación de información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables, Casalarreina (La Rioja)	:TITLE
FECHA:	junio 2007 / June 2007	:DATE
NUMERO:	LDGP_pfc_008	:NUMBER
IDIOMA:	español / Spanish	:LANGUAGE

Resumen	
TITULO:	Interpretación de información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables, Casalarreina (La Rioja)
RESUMEN:	Generación de un modelo 3D completo del Palacio a partir de diversas fuentes parciales disponibles: planos arquitectónicos, fotografías y documentación topográfica. Se ha desarrollado una estrategia de decisión entre fuentes cuando algún elemento del modelo aparecía representado en varias y se incluye una versión del modelo que identifica las fuentes utilizadas para cada parte. Finalmente se ha generado un conjunto de secciones a partir del modelo 3D.
DESCRIPTORES NATURALES:	patrimonio, modelo virtual
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	(Procedentes del Tesoro UNESCO [http://databases.unesco.org/thessp/]) Patrimonio Cultural, Infografía

Abstract	
TITLE:	Virtual reconstruction of the Condestables' Palace from multisource information, Casalarreina (La Rioja)
ABSTRACT:	Complete virtual 3D model from partial sources of information: architectonic plans, photographs and land-surveying. A methodology for merging the sources has been developed and there is also a key model which indicates from which source is drawn each part of the Palace.
NATURAL KEYWORDS:	heritage, virtual model
CONTROLLED KEYWORDS:	(From the UNESCO's thesaurus [http://databases.unesco.org/thesaurus/]) Cultural Heritage, Computer Graphics

Derechos / Rights		
DERECHOS:	<p>Está permitido citar y extraer el texto, siempre que la fuente sea claramente identificada (respecto a la consideración de "no comercial" ver el apartado "otros derechos"). / Permission is granted to quote and take excerpts from this text, provided that the source of such material is fully acknowledged (for the "non commercial" label see below in "others rights").</p> 	:RIGHTS
OTROS:	<p>Algunas imágenes y planos corresponden a proyectos de documentación realizados por encargo y, en consecuencia, su uso comercial puede infringir derechos de explotación de los promotores. / Some pictures and plans come for the documentation of commissioned projects, therefore, their use for commercial purposes may be an infringement of the promoters rights.</p>	:OTHERS

Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	<p>El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario. / The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.</p>	:DISCLAIMER

Estructura / Framework		
ID PERMANENTE:	http://hdl.handle.net/10810/8378	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> • ldgp_pfc008_AndresF.pdf: este documento (incluye anexos y planos) / this document (including appendixes and plans). • ldgp_pfc008_fot_*.jpg: 6 fotografías de documentación / 6 photographs for documentation purposes. • ldgp_pfc008_multimedia.zip: multimedia del proyecto en formato web (HTML) incluye la descripción de procesos y la exploración interactiva de ficheros VRML (es necesario disponer de un visor instalado en el navegador web) / web multimedia of the project (HTML), it includes the general reporta and the virtual models in VRML format (a plug-in will be needed in order to explore them interactively). 	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	<p>FERNANDO DE FUENTES, Andrés. <i>Interpretación de información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables, Casalarreina (La Rioja)</i>. Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica en Topografía. Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU). 2007.</p>	:CITATION

ÍNDICE

1. Introducción	Pág.
1.1. Localización.....	03
1.2. Reseña histórica de la Villa de Casalarreina.....	05
1.3. Evolución histórica.....	07
1.4. Estilo arquitectónico.....	10
1.5. Descripción del edificio.....	10
1.6. Estado actual.....	14
1.7. Origen del presente proyecto.....	16
2. Objetivos	
2.1. Introducción.....	17
2.2. Estudio de posibilidades de la documentación existente.....	17
2.3. Desarrollo y validación del procedimiento para la integración de información geométrica procedente de fuentes diversas.....	18
2.4. Generación de resultados	
2.4.1. Modelo virtual del edificio.....	19
2.4.2. Modelo virtual interactivo.....	19
2.4.3. Modelos de precisión.....	19
2.4.4. Visita guiada interactiva.....	20
3. Fuentes disponibles y su tratamiento para la integración	
3.1. Modelo vectorial topográfico	
3.1.1. Descripción.....	21
3.1.2. Método operativo.....	22
3.1.3. Aplicaciones.....	23
3.2. Planos	
3.2.1. Descripción.....	24
3.2.2. Relación de planos disponibles.....	26
3.2.3. Digitalización de las plantas	
3.2.3.1. Captura de la imagen.....	27
3.2.3.2. Rectificación.....	28
3.2.3.3. Digitalización.....	28
3.2.4. Precisión.....	31
3.2.5. Aplicaciones.....	33
3.3. Fotografías	
3.3.1. Descripción.....	34
3.3.2. Aplicaciones.....	35
3.4. Cartografía municipal y ortofotos	
3.4.1. Descripción.....	36
3.4.2. Aplicaciones.....	37
3.5. Escáner	
3.5.1. Descripción.....	38
3.5.2. Aplicaciones.....	38
3.6. Elementos estructurales lógicos no documentados.....	39

4. Procedimiento para la integración	Pág.
4.1. Introducción	40
4.2. Clasificación de fuentes	41
4.3. Fundamento.....	42
4.3. Organigrama de proceso	43
5. Herramientas utilizadas	44
6. Generación del modelo geométrico	
6.1. Planteamiento inicial	
6.1.1. Elección del tipo de modelado: alámbrico-sólido.....	48
6.1.2. Utilización de capas y colores en el modelo	49
6.1.3. Establecimiento del orden de modelado	50
6.2. Integración de las plantas con el modelo preexistente	
6.2.1. Fundamento.....	52
6.2.2. Línea de cota cero	53
6.2.3. Establecimiento de condiciones del punto de inserción....	53
6.2.4. Inserción de la planta en el modelo.....	54
6.3. Elevación en altura del modelo	
6.3.1. Introducción	56
6.3.2. Definición del nivel del suelo	56
6.3.3. Definición del nivel del techo	58
6.3.4. Cambio a una nueva planta base	59
6.4. Generación de vanos	
6.4.1. Introducción	60
6.4.2. Distribución en capas	60
6.4.3. Proceso de construcción.....	61
6.5. Generación de las escaleras	
6.5.1. Introducción	63
6.5.2. Proceso de construcción.....	63
6.6. Generación de artesonados y forjados	
6.6.1. Introducción	66
6.6.2. Generación de las vigas.....	67
6.6.3. Generación de los forjados.....	68
6.7. Generación de fachadas	
6.7.1. Análisis de las fuentes disponibles.....	69
6.7.2. Decisión elegida	70
6.7.3. Proceso de generación.....	71
6.8. Generación de cubiertas y aleros	
6.8.1. Introducción	72
6.8.2. Proceso de generación.....	72
6.9. Generación de estructuras menores	73
6.10. Modelado del entorno	74
6.11. Cubrimiento del modelo alámbrico mediante superficies	
6.11.1. Introducción	75
6.11.2. Metodología seguida en la aplicación de superficies.....	76
6.12. Depuración de errores en el modelo	

	Pág
6.12.1. Introducción	79
6.12.2. Exportación de Autocad a VRML.....	79
6.12.3. Corrección de errores en el modelo	80
7. Generación del modelo virtual	
7.1. Introducción	81
7.2. Elección del método.....	81
7.3. Exportación desde AutoCad a 3D Studio	81
7.4. Elección de texturas	82
7.5. Biblioteca de materiales.....	83
7.6. Asignación de texturas.....	84
7.7. Luces	85
8. Generación del modelo virtual interactivo	87
9. Generación de una visita guiada	
9.1. Introducción	88
9.2. Elección del método.....	88
9.3. Proceso	89
10. Elaboración de los modelos de fuentes	
10.1. Introducción	91
10.2. Elección del atributo a representar.....	91
10.3. Criterio seguido para la división de los niveles de precisión.....	92
10.4. Elección de la variable visual a aplicar y de la trama	93
10.5. Elección de la forma de representación	94
10.6. Proceso de generación de los Modelos de Fuentes.....	95
11. Análisis de resultados	97
12. Conclusiones	100
13. Bibliografía	101
14. Agradecimientos	103
ANEXO I. Presupuesto	104
ANEXO II. Metadatos	111
ANEXO III. Contenido del CD	117
ANEXO IV: Planos	118

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Localización

El municipio de Casalarreina se encuentra situado en el noroeste de la Comunidad Autónoma de La Rioja, España. Forma parte de la comarca de La Rioja Alta, de cuya capital, la ciudad de Haro, se encuentra a una distancia de 7 kilómetros en dirección suroeste.



Imagen 1.1. Localización

El termino municipal es de pequeña extensión, ocupando el casco urbano el centro del mismo. Este está atravesado de sur a norte por el río Oja, afluente del Tirón que a su vez vierte sus aguas en el Ebro a la altura de Haro

El Palacio de los Condestables está situado en pleno casco urbano de la Villa, en una plaza que se abre a un lado de la Avenida de la Paz, arteria principal de la localidad, cerca del puente sobre el río Oja. El Palacio ocupa los números 19 y 21 de la mencionada calle.

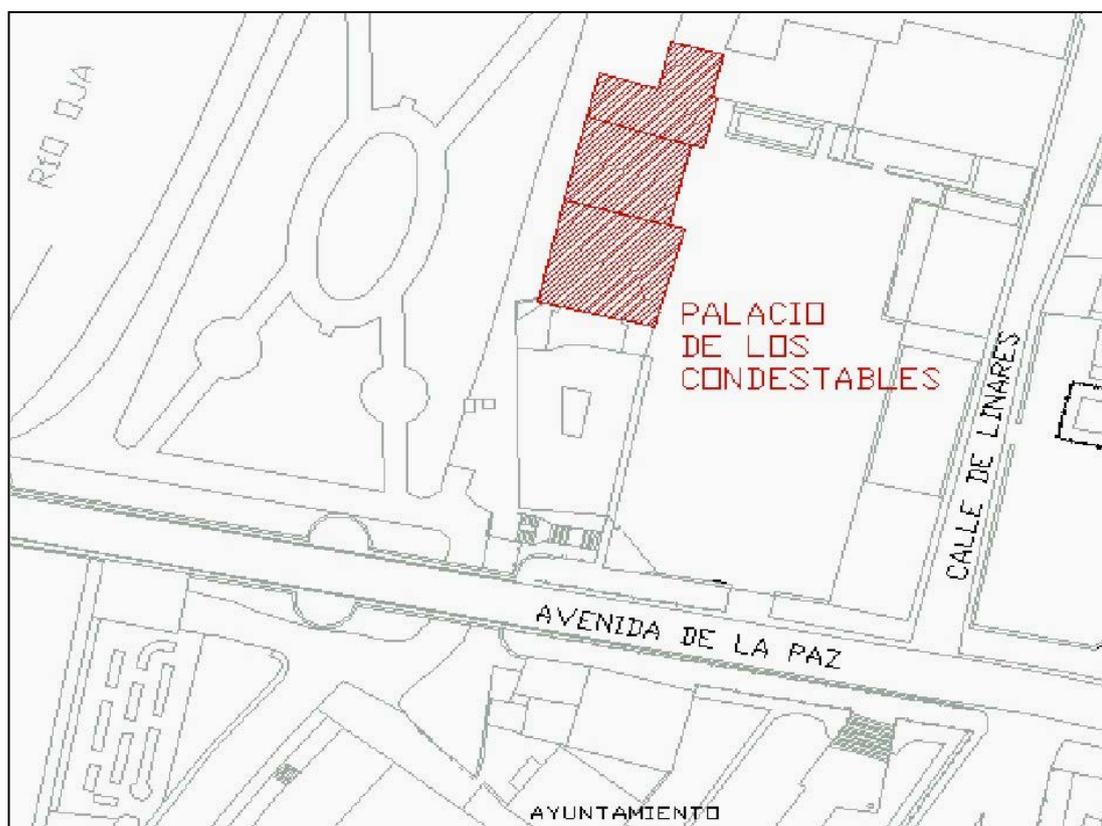


Imagen 1.2. Situación Urbana del Palacio de los Condestables

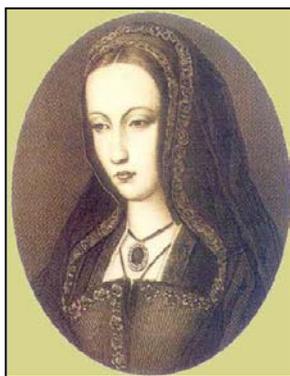
1.2. Reseña histórica de la Villa de Casalarreina¹

Su antigua denominación era “*Naharruri*” o “*Nafarruri*”, que provendría de “*Nafar*”, nombre propio usado en la Edad Media y que al añadirle la terminación “*uri*” (que en vascuence significa población o villa) quedaría traducido como “*Villa de Nafar*”.

Perteneció a la familia Haro y según algunos historiadores, la villa fue donada, entre otras, en 1170 por Aldonza Ruiz de Castro, viuda de Lope Díaz I de Haro, al Monasterio de Cañas.

En 1177 lo que actualmente corresponde a La Rioja, y por tanto la actual Casalarreina, pasó a formar parte del Reino de Castilla.

En 1404, el Monasterio de Cañas vendió la villa a censo enfiteúutico² a Haro, reservándose el monasterio el señorío directo sobre el lugar.



Img. 1.3. Juana I de Castilla

En este contexto, fue la familia Fernández de Velasco, Condes de Haro, que ostentaba el título hereditario de Condestables de Castilla³, la que construyó el Palacio, que se iniciaría entre finales de siglo XV y principios del siglo XVI.

En 1511 pasó a pertenecer a los Fernández de Velasco.

La importancia histórica del Palacio es fundamental para la Villa, ya que fue en él donde por un tiempo se alojó en 1511 la Reina Juana I, hecho que motivó el cambio de nombre de la localidad, de “*Naharruri*” a “*Cassa de la Reyna*”, el cual derivó en el actual Casalarreina.

¹ Fuente: Consejería de Industria, Trabajo, Turismo y Comercio del Gobierno de la Rioja.

² Censo enfiteúutico: derecho real que supone la cesión del dominio útil de un inmueble, a cambio del pago anual de un canon, y de un laudemio por cada enajenación de dicho dominio. En algunos ordenamientos jurídicos esta cesión puede tener carácter perpetuo.

³ Título de Condestable: creado por el Rey Juan I de Castilla en 1382 para sustituir al de Alférez Mayor del Reino. En él recaía el mando supremo del ejército y tenía el derecho de llevar el pendón, mazas y rey de armas. El Condestable era el máximo representante del Rey en ausencia del mismo. Desde su creación, el título tenía carácter vitalicio pero no hereditario. Cuando en 1473 Enrique IV nombra Condestable a Pedro Fernández de Velasco, el título se hace hereditario.

Otra importante efeméride para la Villa, en la que también fue protagonista el Palacio de los Condestables, tuvo lugar en 1522 con la visita del Papa Adriano VI durante su viaje desde Vitoria (donde le había sido comunicado su nombramiento como Sumo Pontífice), hacia Roma. Invitado por Juan Fernández de Velasco, Obispo de Calahorra, el 13 de marzo asistió a la inauguración del Convento de las Dominicas de la Piedad. Durante esta corta estancia, Adriano VI se alojó en el Palacio de los Condestables, propiedad de la familia del Obispo.



Img. 1.4. Adriano VI

En 1671 logró independizarse de Haro y obtener la condición de Villa independiente con el nombre oficial de Casalarreina.



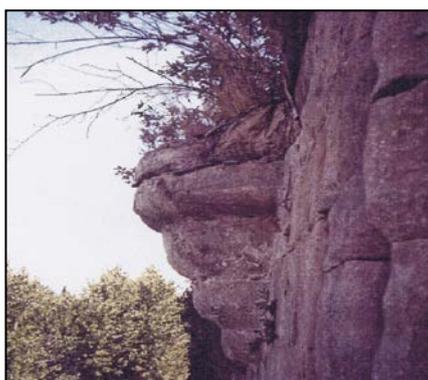
Img.1.5. Convento de las Dominicas de la Piedad

Por su situación estratégica como zona de paso hacia Miranda de Ebro, Logroño, Burgos por Belorado, Haro y Santo Domingo de la Calzada; durante los siglos XVI, XVII y XVIII se construyeron caminos y carreteras. En la década de 1820 a 1830, la Real Sociedad Económica de Amigos del País de La Rioja Castellana costeó una obra pública de la mayor importancia: el puente de sillería sobre el Oja, con arreglo al proyecto del ingeniero militar Antonio Bolaño.

Actualmente además de la tradicional actividad agrícola, la localidad se beneficia de un intenso turismo en forma de segunda residencia. El sector servicios está fundamentalmente centrado en Haro.

1.3. Evolución histórica del Palacio

Dentro del casco urbano, el edificio se encuentra en el límite de lo que sería la villa en la Edad Media, justo en el linde de la ribera del río Oja. La razón de que el edificio se construyera en este lugar es claramente estratégica. El hecho de que se sitúe sobre el perímetro defensivo del casco urbano, unido a su cercanía con el río y un posible vado-puente (el de la actualidad data del siglo XIX), corroboran el sentido estratégico.



Img.1.6. Ménsula, Fachada Oeste.

El edificio se empezó a construir a modo de casa fuerte, con lo cual el objetivo inicial que se buscó queda claramente definido. Para su construcción, se utilizó piedra caliza, probablemente extraída de la zona cercana de Álava-Burgos⁴. Este primer estilo de construcción se caracteriza por sus anchos muros. Además a la altura de la parte superior de la planta baja, se construyen ménsulas⁵ a modo de semicono o tres cuartos de cono, escalonadas con molduras aboceladas, con el objetivo de integrar en el muro futuras escaraguaitas⁶.

Siguiendo este primer estilo se construyó el semisótano así como parte de la planta baja y la entreplanta.

El conjunto se levantó sobre el talud que desciende hasta el cauce del río, por lo que la estructura debía salvar un desnivel de más de cuatro metros desde la plaza interior en el casco urbano, hasta la ribera del río Oja. Debido a este desnivel, las bodegas, que se construyeron por debajo del nivel del suelo de la plaza principal, en la parte trasera no quedan completamente por debajo del nivel de la ribera, de tal manera que no se trata de un sótano, si no de un semisótano.

⁴ Obtenido a partir del informe de la empresa GeoNorte, sobre el estado geológico del edificio realizado en el año 1995, depositado en el Archivo del Municipal de Casalarreina.

⁵ Ménsula: miembro arquitectónico saliente para sostener alguna cosa.

⁶ Escaraguaita: antecesora de las garitas aspilleras del siglo XVI. Se trata de un semicilindro adosado a la parte superior de un muro, rematado por almenas y cuya parte inferior se integra en la cortina con un semicono. No se trata de una estructura de carácter defensivo sino estético.

Pero durante su construcción, los Reyes Católicos prohibieron a los nobles levantar nuevas fortalezas, por lo que el proyecto inicial de casa fuerte se tuvo que abandonar y adoptar uno nuevo acorde con la nueva ordenanza.

Este nuevo proyecto sigue una línea de carácter menos militar o defensivo y se orienta hacia uno más civil, donde el objetivo es intentar reflejar en el edificio el poder y la riqueza que se ostenta.

Como materia prima principal en la nueva construcción, se cambian los sillares de piedra caliza por sillares de piedra arenisca autóctona de la región. Los muros pasan a ser más estrechos. Este hecho queda patente en la fachada posterior (oeste), donde se observa este cambio de grosor en el muro, entre la planta baja y la primera, de tal manera que queda un espacio baldío hacia el exterior, de anchura superior al medio metro. En este estilo se terminará el edificio, es decir, se concluye la planta baja y se construye la primera planta.



Img. 1.7. Espacio baldío entre la planta baja y la primera.

Como excepción a la sobriedad general del estilo, se levantó en el cuerpo central un pórtico y, sobre este, una logia⁷ similar, ambos de piedra caliza blanca, con seis columnas torsas en cada planta que soportan arcos escarzanos⁸. En balconada de la logia el intercolumnio está protegido por una balaustrada del mismo tipo de piedra que el resto del conjunto.

⁷ Logia: galería abierta íntegramente al menos por una de sus lados y sostenida por columnas y arcos.

⁸ Arco escarzano: es un caso particular de arco rebajado. Se construye de tal manera que el triángulo formado entre los dos extremos de la luz y el centro sea un triángulo equilátero. Fuente: www.matemáticas.net/paraiso

Seguramente sería durante el siglo XVII, periodo barroco, cuando se le añadiría un recrecido de ladrillo, formando así la segunda planta. Se trata de un ladrillo macizo y, al parecer, se empezó a levantar siguiendo un dibujo geométrico de forma romboidal (fachada principal, parte sur), que luego se abandonaría para construir el resto de una forma lisa. Hay de señalar que este recrecido no se levantó a la misma altura en todo el edificio: en la zona sur, la altura es inferior que en la central, mientras que en la norte el recrecido no levanta más de 0,5 metros. Debido a esta modificación, la cubierta quedó dividida en tres zonas de diferentes alturas, siendo la central la más elevada de las tres.



Img. 1.8. Loggia en la fachada principal.

1.4. Estilo arquitectónico

El hecho de que el edificio haya sido construido en una época en la que en España coincide, en lo que a arquitectura se refiere, con la transición entre el último gótico y el primer renacimiento, hace que se tenga que analizar más concienzudamente el estilo seguido en la construcción del palacio.

Como características del gótico civil, destaca la utilización de arcos rebajados en toda la edificación, así como la construcción de estos mediante grandes dovelas o dovelones.

Por otro lado la construcción de una logia en sí, es una característica propia ya de un estilo renacentista, pero esta se levanta mediante los ya mencionados arcos escarzanos, que como ya se ha dicho, son característicos del estilo gótico.

Como conclusión, el estilo del palacio se establecerá en un gótico tardío, con una leve transición hacia el renacimiento con la construcción del pórtico y de la logia.

1.5. Descripción del edificio

Semisótano:

Dos calados para bodegas en planta semisótano, realizados con sillares de piedra caliza perfectamente conjuntados y concertados, tanto en los muros laterales como en las bóvedas de cañón que los cubren.

Los calados se presentan de forma alargada, en orientación norte-sur. Este semisótano cuenta con dos accesos diferentes:



Img. 1.9. Calado Oeste del semisótano

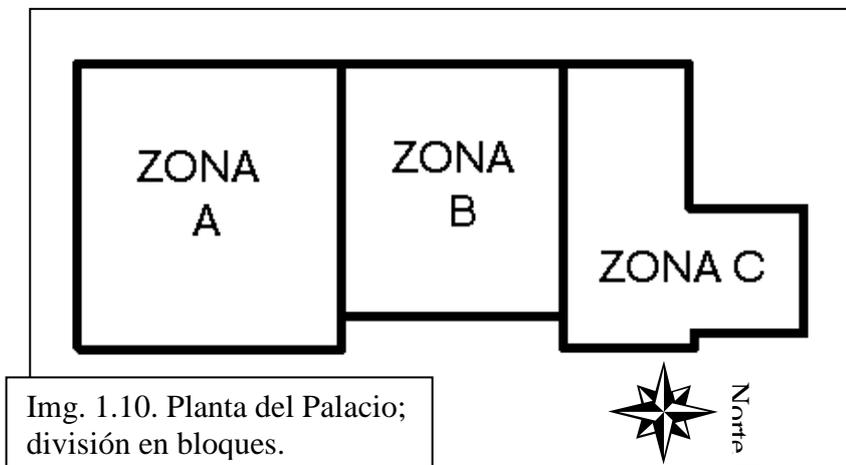
El primero en un lateral del calado oeste. Se trata de una apertura con arco de medio punto, a través del gran espesor del muro, a la misma altura que el nivel del suelo y directamente abierta hacia el cauce del río Oja.

El segundo, en el extremo norte del calado este. Este acceso, a diferencia del

anterior, se hace a través de una escalera, ya que la salida es hacia el lado norte del edificio, cuya cota es la misma que la de la avenida de la Paz. Al igual que en el interior de los calados, la escalera se cubre con una bóveda de cañón, siendo esta y los muros laterales también de piedra caliza.

A lo largo del calado este, se distribuyen de manera transversal grandes piedras rectangulares, cuya finalidad era la de sujetar las cubas de vino.

A continuación se van a describir tres plantas más una entreplanta que el arquitecto D. Julio Sabrás Farias dividió en tres zonas: A, B y C.



Img. 1.10. Planta del Palacio; división en bloques.

Planta baja:

Esta planta se caracteriza por el amplio grosor de sus muros, ya que esta planta corresponde al proyecto inicial de construcción de una casa fuerte. Un muro de gran espesor en dirección norte-sur, divide toda la planta en dos crujías⁹, la Este y



Img. 1.11. Interior de la planta baja

la Oeste. La comunicación entre las dos crujías se realiza a través de diversos accesos que atraviesan el espesor del muro, con bóvedas de arcos escarzanos. El centro de la crujía Este está ocupada por un pórtico compuesto por seis columnas torsas que soportan cinco arcos escarzanos. A lo largo de la planta,

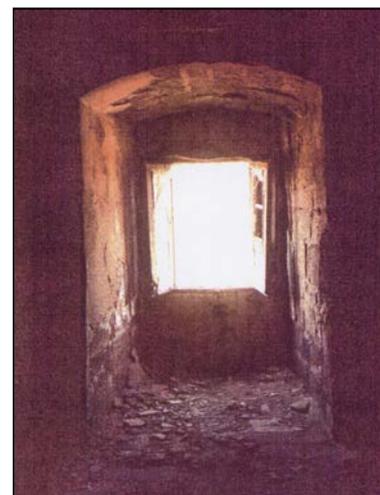
⁹ Crujía: espacio comprendido entre dos muros de carga.

se abren diferentes huecos, a manera de cortejadores¹⁰. Los vanos son en su mayoría de arcos escarzanos, aunque también existen con arcos de medio punto y arcos adintelados¹¹.

La existencia de la entreplanta hace que la altura de las distintas estancias varíe. El artesonado está compuesto por vigas de madera labrada que se apoyan en los muros de carga, mientras que los forjados¹² son de bovedillas de arcos rebajados.

Entreplanta:

Al igual que la anterior, esta planta esta construida en la primera fase de la obra, siguiendo el modelo de la ya mencionada casa fuerte, con piedra caliza. No ocupa toda la superficie del edificio, sino sólo una parte del cuerpo sur. Al igual que en la planta baja, las ventanas que dan al exterior se hacen a través de grandes huecos atravesando el muro, con ventanas de arcos escarzanos o adintelados. Los artesonados son también de madera labrada y los forjados de bovedillas de arcos rebajados.



Img. 1.12. Vista de un hueco de la entreplanta

Primera planta:

Con muros de un grosor mucho más estrecho que en las plantas anteriores, la primera planta se eleva sobre la totalidad de las dos anteriores.

Se accede a ella por cualquiera de las dos escaleras que en la actualidad cuenta el edificio. Destaca en su parte central, mirando hacia la Avenida de la Paz, la logia renacentista. A lo largo de sus cuatro fachadas se abren ventanas, en su mayoría de arcos escarzanos aunque los más pequeños son adintelados. La totalidad de la

¹⁰ Cortejador: conjunto constructivo ubicado en los huecos de las ventanas, compuestos por un mirador con antepecho y dos bancos de obra enfrentados, adosados a cada una de las jambas del hueco en el muro.

¹¹ Arco adintelado: dinteles contruidos con ladrillos o piedras planas, colocados de tal manera que desvían las cargas hacia los propios muros.

¹² Forjado: obra de madera o argamasa que cubre los huecos entre vigas para formar un piso.

planta cuenta con un artesonado de madera labrada con forjado de bovedillas de arcos rebajados.

Segunda planta:

Mientras que la zona A y la B son adecuadas para su uso como vivienda, la zona C, debido a su poca altura, no cuenta con las condiciones para tal uso.

La zona B está dividida en dos grandes estancias, una que mira hacia la plaza principal y la otra hacia la zona trasera. Están divididas por el muro hastial¹³ que sustenta los dos tendidos de la cubierta. Las ventanas son todas rectangulares. Las vigas que sostienen la cubierta están a la vista, mientras que los forjados son tablones de madera.

La zona A está formada por una serie de estancias a las que se accede por un pasillo central. Todas las habitaciones cuentan con ventanas rectangulares, localizadas en las tres fachadas. El artesonado de vigas de madera con el forjado liso, sustentan los dos tendidos¹⁴ así como un faldón¹⁵. El techo de esta zona no es liso, si no que se trata directamente de la cubierta, de tal manera que la altura de las habitaciones desciende conforme se acerca a las fachadas.

¹³ Hastial: parte superior triangular de un muro en el que descansan las dos vertientes del tejado. Por extensión se denomina así a la totalidad del muro.

¹⁴ Tendido: porción plana del tejado comprendida entre el caballete y un alero.

¹⁵ Faldón: vertiente triangular de un tejado limitado por dos limatesas y un alero

1.6. Estado actual¹⁶

Los calados del semisótano, con bóvedas y muros de piedra de sillería, se hallan en un buen estado de conservación.

En la zona A la estructura horizontal y vertical de madera está en un estado deficiente, con maderas deterioradas por la humedad y los insectos xilófagos. Cuenta, incluso, con zonas apuntaladas con puntales metálicos, sin embargo no se ha desplomado ningún forjado hasta la fecha. Los muros de piedra están erosionados en sus partes inferiores y la cubierta está en un estado lamentable.

En la zona B se ha derrumbado la cubierta de la crujía oeste y la de la crujía Este esta en muy mal estado. También se han derrumbado varias zonas de forjados

de los techos de las plantas baja y primera. El resto de la estructura horizontal de madera está en un estado muy deficiente. Los elementos pétreos de los muros y columnas están erosionados en sus partes inferiores.



Img. 1.13. Derrumbe en la zona C

En la zona C se ha desplomado el forjado del techo de la planta baja de la crujía Este. El resto de la estructura de madera está en mal estado. La cubierta también está en mal estado, incluso tiene vegetación visible desde la avenida de la Paz. Los muros de piedra están erosionados en sus partes inferiores y tienen grandes hiedras que cubren sus fachadas y tejados Norte y Oeste.

Fachada Este: principal, con sus intercolumnios de pórtico y galería, macizados, para aprovechar torpemente los espacios libres. Los recrecidos de ladrillo, desfiguran el remate y volumen que debió de tener originalmente el edificio.

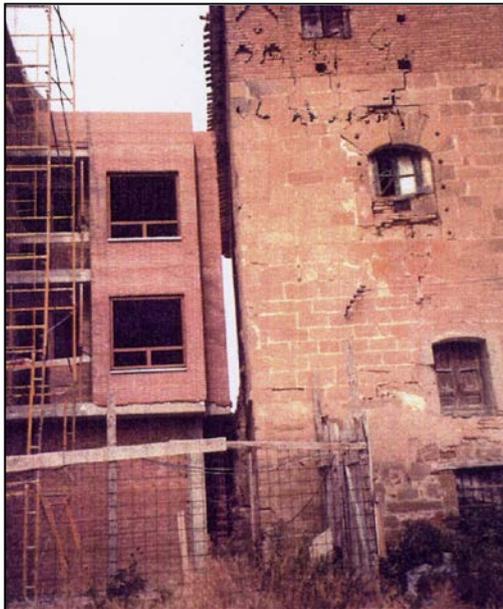
¹⁶ Fuente: Informe Arquitectónico elaborado en 2003, depositado en el Archivo Municipal de Casalarreina.



Img. 1.14. Aspecto que presenta la fachada oeste del Palacio en la actualidad.

Fachada Oeste: posterior, sobre el río Oja. El encuentro con edificio de nueva planta y el distinto tratamiento del muro de planta baja y semisótano, con el resto de la edificación. Gran parte del edificio, invadido por una hiedra enorme que cubre la mitad de la fachada.

Fachada sur: construcción en 2003 de un edificio a 30 cms de la fachada, apoyado sobre el resto del muro del molino. En la planta baja la aproximación es total.



Img. 1.15. La construcción reciente de un edificio ha cegado completamente la fachada Sur del Palacio.

1.7. Origen del presente proyecto

Ante el estado de ruina en el que se halla el Palacio de los Condestables de Casalarreina y a instancias de Dña. M^a Angeles Ezquerro Zabalza, Jefa de Sección de Gabinete Técnico de Patrimonio Histórico Artístico del Gobierno de La Rioja, se encargó al Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la Universidad del País Vasco, la realización de la documentación geométrica necesaria para la restauración del edificio.

Sin embargo durante la planificación de este trabajo, se vio que debido al estado del edificio sólo era posible realizar por topografía el modelo volumétrico tridimensional de unas zonas. Algunas presentaban una ruina total, otras suponían un riesgo personal para los miembros del equipo y alguna, como la mitad de la fachada posterior, se encontraba cubierta por vegetación.

Se concluyó que el resto cabía la posibilidad de levantarlo mediante los planos del Palacio que en el año 1992 elaboró el arquitecto Julio Sabrás Farias, y que se encuentran depositados en el Ayuntamiento de Casalarreina.

Un análisis inicial concluyó que la posibilidad de complementar el modelo topográfico era viable, por lo que se inició el presente proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1. Introducción

El objetivo principal del presente proyecto es la generación de un modelo virtual del Palacio de los Condestables de Castilla.

Este modelo tiene como principal finalidad servir de soporte de información en una futura restauración del Palacio, además de otras aplicaciones relacionadas con el patrimonio.

Debido a esta finalidad, el modelo tiene que cumplir con el requisito de aproximarse al máximo a las verdaderas magnitudes del edificio. Por lo tanto, el modelo deberá poseer la máxima precisión que las diferentes fuentes puedan ofrecer.

Para que esta precisión se mantenga, habrá que realizar previamente un estudio, una clasificación y una selección de las fuentes disponibles.

2.2. Estudio de posibilidades de la documentación existente

Es primordial que, antes de realizar cualquier proceso del proyecto, se analice las posibilidades que ofrecen las fuentes disponibles.

De esta manera se podrá saber si la información que proviene de los diferentes tipos de documentación cumplen las condiciones para el desarrollo de la integración, y, en caso de serlo, cuáles son sus limitaciones y sus posibles aplicaciones.

El estudio se deberá realizar de manera individual, fuente por fuente:

Primero se tiene que analizar el estado en el que se encuentra la información, en qué formato está presentada y si se tiene que realizar algún tipo de tratamiento o transformación.

También se tendrá que estudiar la precisión y la verosimilitud¹ que ofrece cada tipo de documentación, y si estas van a ser adecuadas para las necesidades del proceso de integración.

Una vez que se haya aprobado que la fuente cumple los requisitos de precisión y verosimilitud, hay que analizar si va a ser útil para la integración, ya que puede suceder que existan dos fuentes que documenten lo mismo, pero una con mayor precisión y verosimilitud que la otra, por lo que la segunda quedaría relegada a una función de complemento de la primera.

Por último se analizarán las posibles aplicaciones de cada una de las fuentes en la reconstrucción virtual del edificio.

2.3. Desarrollo y validación del procedimiento para la integración de información geométrica procedente de diversas fuentes

Una vez establecidas las fuentes que se van a utilizar, así como las aplicaciones de cada una de ellas, el paso siguiente consistirá en establecer un procedimiento para organizar el proceso de integración.

Este procedimiento va a marcar los pasos que se deben de dar para integrar la información procedente de diversas fuentes, basándose en unos fundamentos lógicos, que establecerán y justificarán el orden de preferencia de utilización de las fuentes y, finalmente, cual va a ser la más adecuada para cada tipología arquitectónica.

¹ Modelo de verosimilitud: modelo llave o leyenda que permite identificar el grado de conocimiento del que se dispone, y por tanto, de la certeza que se le puede atribuir a la forma, dimensiones y textura de cada una de las partes que componen el modelo virtual. “Verosimilitud, trascendencia y metadatos: algunos conceptos a tener en cuenta en la reconstrucción virtual de elementos patrimoniales”. José Manuel Valle Melón, Álvaro Rodríguez Miranda, Ane Lopetegi Galarraga. Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la Universidad del País Vasco. III Bienal de la Restauración Monumental. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y Academia del Partal. Sevilla, 23, 24 y 25 de noviembre de 2006.”

2.4. Generación de resultados

A continuación se describen los resultados que se van a obtener a lo largo del proceso:

2.4.1. Modelo virtual del edificio

Establecido el procedimiento, este objetivo consistirá en su aplicación a un edificio en concreto, ocupando la mayor parte de trabajo del proyecto.

El proceso de generación del modelo virtual, se puede dividir en dos grandes partes: primero la generación del modelo geométrico y posteriormente el modelado tridimensional.

Generación del modelo geométrico:

En esta primera fase, lo que se va a hacer es levantar un modelo tridimensional del edificio que reproduzca el volumen del mismo de una forma virtual.

Modelado tridimensional:

Una vez completada la totalidad del modelo geométrico, se pasa a la siguiente fase, la del modelado tridimensional. En esta fase se va a procesar el modelo geométrico para tratar de darle un aspecto que se acerque más a la realidad. Es decir, no se va a modificar la geometría pero sí su apariencia.

2.4.2. Modelo virtual interactivo

Completado ya el modelo virtual del edificio, hay que visualizarlo de una manera que permita explorarlo de la forma adecuada. Para ello se estudiará y aplicará el modo adecuado de representación virtual del modelo generado.

2.4.3. Visita guiada interactiva

En el mismo contexto que en el apartado anterior, se sitúa el hecho de ofrecer a cualquier persona una visita al edificio de una forma guiada, lo que supondría una mayor comodidad.

2.4.4. Modelos de fuentes

Por último, se deberán generar diferentes modelos donde se indiquen la fuente que se ha tenido en cuenta para levantar cada parte del edificio.

Estos modelos de fuentes son parte imprescindible de este proyecto. El hecho de indicar la procedencia de cada elemento va a permitir a cualquier persona que vaya a trabajar con el modelo, saber que precisión y que verosimilitud cuenta cada una de ellas dependiendo de la fuente de la que se sacó la información para levantarlo.

Se estudiarán y se aplicarán los modelos de verosimilitud a la restauración virtual.

3. FUENTES DISPONIBLES Y SU TRATAMIENTO PARA LA INTEGRACIÓN

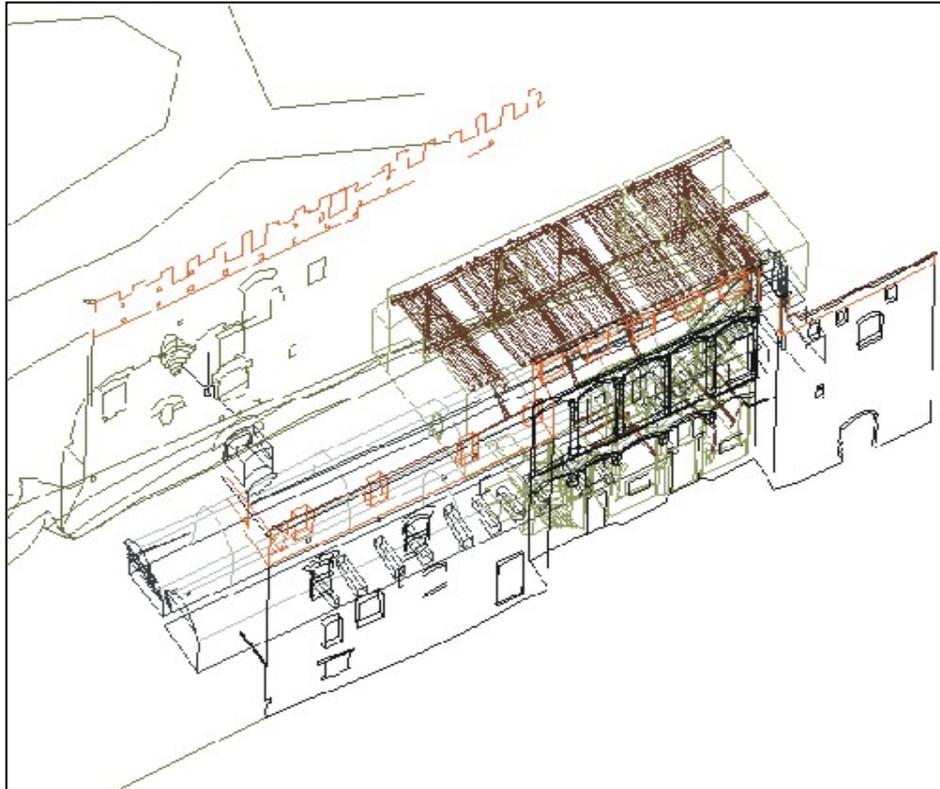
3.1. Modelo vectorial topográfico

3.1.1. Descripción

En primer lugar se cuenta con información proveniente de los trabajos topográficos realizados por el equipo del LDGP durante julio de 2006. Durante estos trabajos se consiguió documentar parte del edificio, y el resto, como ya se ha indicado, no se pudo debido al riesgo que se correría al trabajar en un entorno de ruina en evolución.

Por lo tanto, mediante esta metodología se midieron las partes del edificio que se encontraban en buen estado. Si hacemos una enumeración de las estancias documentadas según la codificación usada en este proyecto diremos que fueron las siguientes:

- Semisótano, en su totalidad.
- Acceso al semisótano.
- Planta baja, únicamente en el cuerpo central del edificio.
- Fachada principal (este) en su totalidad.
- Fachada trasera (oeste). En esta fachada no se pudo medir su mitad más septentrional, debido a que la zona inferior estaba cubierta por gran cantidad de maleza, y la superior por una hiedra de grandes dimensiones.



Img. 3.1. Modelo vectorial

3.1.2. Método operativo

Para la obtención de este modelo vectorial inicial los pasos que se dieron fueron los siguientes:

- Se observaron las estaciones dispuestas tanto en el interior como en el exterior del edificio.
- A partir de las medidas observadas, se calcularon y compensaron las coordenadas de las diferentes estaciones.
- Mediante estas estaciones se tomó la geometría de los elementos que definen los volúmenes del edificio, utilizando la medida directa de la estación topográfica.
- Las medidas de campo, calculadas y compensadas, se volcaron a un archivo de dibujo donde se editaron, confeccionando el modelo gráfico vectorial.



Img. 3.2. Medición de la geometría del interior del Palacio por topografía.

3.1.3. Aplicaciones

Este será el modelo vectorial del que se partirá para la integración del resto del edificio, es decir, es un modelo base, al que se le tendrán que ir añadiendo las partes que faltan del edificio, que procederán de las demás fuentes disponibles.

Esto es debido a que la parte obtenida por topografía es la fuente que mayor confianza nos otorga de todas en las comprobaciones y en el estudio de precisiones.

Este modelo vectorial se presenta en un fichero de formato CAD, con capas propias ya editadas. Será a partir de una copia de este fichero donde se integrará y levantará todo el resto del modelo.

3.2. Planos

3.2.1. Descripción

Como segunda fuente se cuenta con los planos que en el año 1992 realizó el arquitecto D. Julio Sabrás Farias, del Palacio de los Condestables, con el fin de una futura rehabilitación.

Son propiedad del Ayuntamiento de Casalarreina y estaban depositados en el archivo del mismo. Fueron entregados al LDGP para que sirvieran de apoyo para la medición del edificio.



Img. 3.3. Planos

Este conjunto de planos se trata de una relación de plantas, secciones, memoria de huecos y planos de localización, bastante completa. Están presentados en formato papel, todos ellos a una escala de 1:50, salvo los de localización.

Su conservación es buena. No se aprecia deterioro visible alguno, aunque no se descarta que hayan podido sufrir pequeñas deformaciones a lo largo de estos años, algo que es común en los planos realizados en este formato.

Es destacable que en estos planos las diferentes estancias aparecen codificadas, de tal manera que sean fácilmente localizables.

La codificación de los planos es la siguiente:

El edificio queda dividido en tres bloques: la parte más meridional se le denomina la zona A; al bloque central, el B; y la zona más septentrional la C. A su vez, dentro de cada bloque, las diferentes habitaciones se numeran en orden empezando por la planta baja. Así, esta codificación queda definida en primer lugar por la letra del bloque al que pertenece, seguido del número de habitación asignado. Ejemplos: A-5, B-15, C-11...

1. Situación
2. Emplazamiento
3. Situación Urbana
4. Semisótano (cotas y superficies)
5. Planta baja (cotas y superficies)
6. Entreplanta (cotas y superficies)
7. Planta primera (cotas y superficies)
8. Planta segunda (cotas y superficies)
9. Planta de cubierta
10. Planta de semisótano(suelos y ref. huecos)
11. Planta baja (suelos y ref. huecos)
12. Entreplanta (suelos y ref. huecos)
13. Planta primera (suelos y ref. huecos)
14. Planta segunda (suelos y ref. huecos)
20. Forjado de entreplanta
21. Forjado de planta primera
24. Fachada principal
25. Fachada posterior
26. Sección A-A'
27. Sección B-B'
28. Sección C-C'
29. Sección D-D'
30. Sección E-E'
31. Memoria de huecos de entreplanta
32. Memoria de huecos exteriores de planta primera.

3.2.3. Digitalización

Debido a que los planos se presentan en formato papel, y la integración se va a realizar a través de un programa CAD, se hace indispensable la digitalización de los planos base que se van a utilizar directamente en él, para su uso en el proceso.

Los planos que se van a digitalizar van a ser únicamente las plantas de los distintos pisos del Palacio, ya que serán estas las que se van a integrar directamente con el modelo vectorial hecho por topografía.

Así los planos que serán digitalizados son concretamente las plantas del piso bajo, entreplanta, primer piso y segundo piso. La digitalización del resto de los planos es prescindible, ya que se puede medir directamente sobre ellos y después trasladar esa medida al modelo vectorial digital.

Para esta digitalización, se debe dar una serie de pasos: el primero va a consistir en la captura de la imagen del plano, posteriormente su rectificación y por último la digitalización propiamente dicha.

3.2.3.1. Captura de la imagen:

Para la captura de la imagen del plano se utilizaron distintas metodologías:

La primera es el escaneo de las plantas. Para ello se utilizó un escáner UMAX, cuyo área de captura es de tamaño máximo A3. Se utilizó para las plantas del primer piso, segundo piso y planta baja. Este método tiene la desventaja de que no se puede escanear la totalidad de la superficie de un plano a la vez, por lo que hay que realizar escaneos sucesivos, teniendo que integrar las diferentes partes posteriormente para lograr una única planta.

La segunda metodología consistió en realizar una fotografía al plano, mediante una cámara digital de alta resolución, modelo Canon EOS 5D. Para ello, se extendió el plano en el suelo con el fin de que la fotografía se pudiese tomar desde una posición lo más perpendicular posible. Es de destacar que el plano debe estar bien estirado, prestando especial atención a las líneas de doblado, a fin de que presente el mínimo de deformaciones. A continuación, la cámara se tendrá que posicionar en un lugar lo más elevado posible, y, realizando el mejor encuadre, hacer la toma. Es recomendable efectuar varias tomas, así se podrá seleccionar la mejor de todas.

3.2.3.2. Rectificación:

Pero existe un problema, la fotografía tomada, al no haber sido tomada desde un punto rigurosamente perpendicular al plano, no va a mostrar la verdadera geometría de la planta, sino que esta va a aparecer deformada, de tal manera que las líneas que deberían ser paralelas van a converger hacia puntos de fuga.

El siguiente paso que hay que tomar, es la rectificación de las imágenes tomadas, tanto las capturadas mediante el escáner como la de fotografía. Este proceso consiste en realizar una transformación de la perspectiva cónica de la fotografía, a una perspectiva ortogonal, en la que las líneas paralelas se ven realmente así, obteniéndose la geometría real del plano.

Para ello se utilizó un programa de software libre, desarrollado por D. Álvaro Rodríguez Miranda para su uso dentro del LDGP, y que fue prestado de manera desinteresada para su utilización en este proyecto.

El programa desarrolla una transformación proyectiva con ocho parámetros, por la cual se pasa el objeto fotografiado en la perspectiva cónica a como se vería si se hubiese sacado rigurosamente perpendicular. Para ello se deberán marcar cuatro puntos de la imagen.

3.2.3.3. Digitalización:

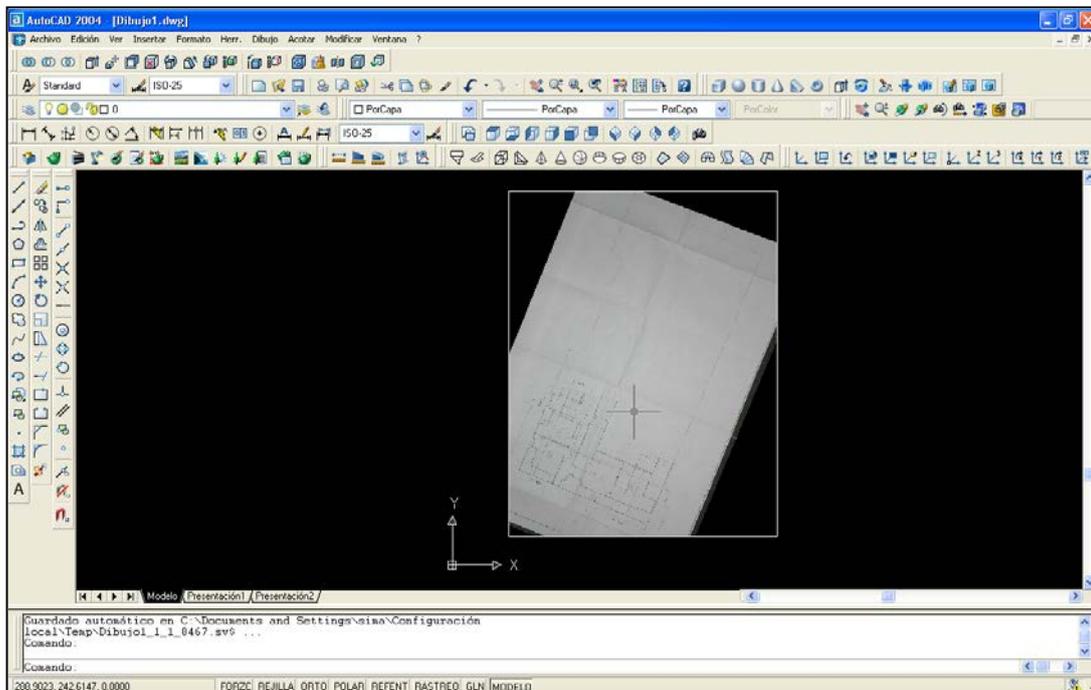
Una vez rectificadas las imágenes, se deberá insertar en el programa AutoCad para poder editarlas:

Se irá al menú Insertar > Imágenes de trama.

Se selecciona la imagen que queremos insertar.

A continuación, aparecerá un menú donde se puede elegir como se quiere introducir la imagen: punto de inserción, escala y rotación. Se seleccionará la opción de precisar en los tres apartados. Se acepta y aparecerá ya la pantalla principal del programa.

Se selecciona un punto de inserción cualquiera y se le da también una magnitud aleatoria.

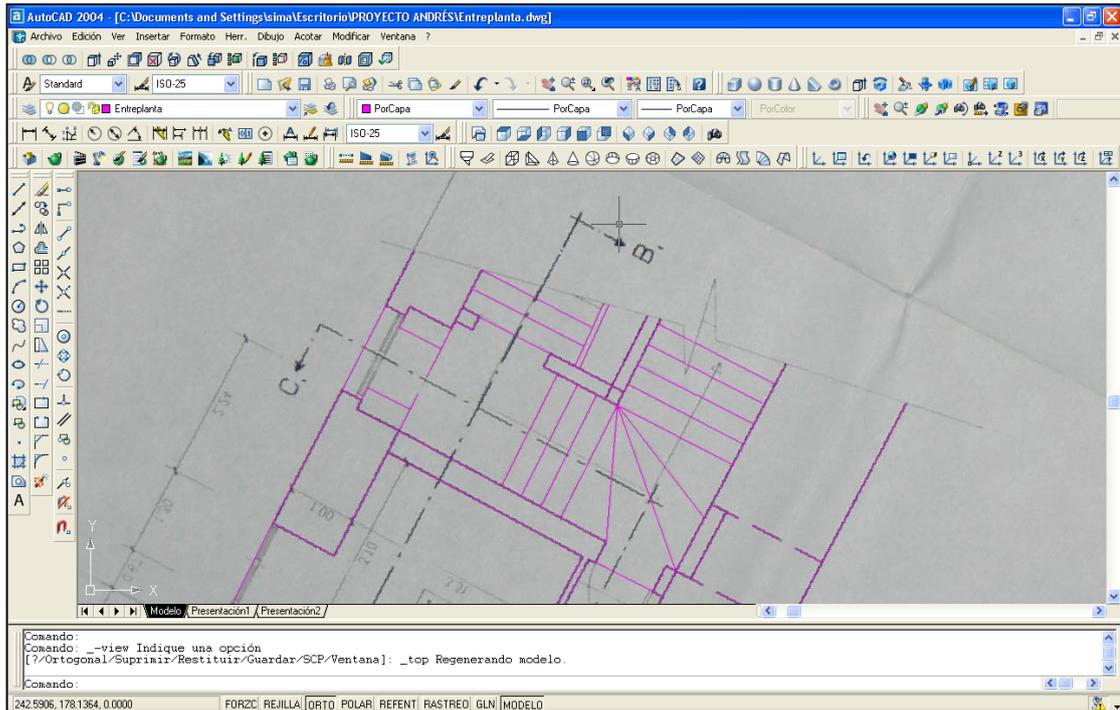


Img. 3.6. Imagen rectificada insertada en el entorno

Esta imagen no está escalada, por lo que el siguiente paso será otorgarle un rigor métrico a la imagen. Para ello se tendrá que ir al plano que se escaneó, elegir una línea de la planta de la máxima dimensión y medirla rigurosamente. Multiplicando esa medida por el denominador de la escala (50) se obtendrá la verdadera magnitud.

Ahora, en el programa AutoCad, en el menú “modificar” se selecciona la opción “factor de escala”. Se selecciona también la imagen insertada, y se marca la línea que anteriormente se ha medido sobre el papel, y se le indica la distancia verdadera como nueva magnitud.

Sólo resta editar la imagen. Lo único que se tiene que hacer es dibujar las líneas que se quiera que aparezcan sobre la imagen, a modo de calco. Una vez dibujado todo, se selecciona la planta editada y se forma un bloque con ella.



Img. 3.7. Digitalización de la imagen.

3.2.4. Precisión

La precisión total que van a tener las plantas que se van a utilizar en el modelo de AutoCad, va a depender de los errores que se han ido cometiendo a lo largo de todo el proceso de digitalización. A estos habrá que sumarles el error que los planos

tenían originalmente, que corresponderá al cometido durante la medición del edificio, la delineación y también el hecho de que los ejemplares con los que se ha contado no fuesen los originales, sino fotocopias. Además, durante el tiempo que a transcurrido desde su impresión han podido sufrir deformaciones.

Por tanto, se parte de unos documentos que tienen error de por sí, un error que no es cuantificable pero que se sabe que existe.

Más fácil de cuantificar es el error producido durante la digitalización:

El primer error que se comete se produce en la toma fotográfica. El papel no está perfectamente estirado, por lo que se introducen deformaciones añadidas en la geometría. En el caso de que la digitalización haya sido a través de escáner, este error se disminuirá en gran medida.

El siguiente error, que es inevitable, se comete en el proceso de vectorización. Al escalar la imagen también se produce otro error, ya que la medida que se tome sobre el plano no va a ser la verdadera, debido a que la vista humana tiene un límite de percepción visual cuyo valor empírico se cifra en 0,2 mm.

Por último, al digitalizar la imagen en AutoCad se cometerá un pequeño error, ya que las líneas de creación nuevas no serán exactamente las de la imagen.

El error cometido desde la elaboración del plano original, hasta el final de la digitalización es perfectamente cuantificable. Basta con comparar las acotaciones de diferentes líneas de los distintos planos, repartidas por toda su superficie y compararlas con las distancias de las homólogas en AutoCad.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Plano de planta baja (escáner):

Distancia en plano original	Distancia en plano AutoCad	Error cometido
-----------------------------	----------------------------	----------------

42,24 m	42,33 m	+0,09 m
35,64 m	35,64 m	0,00 m
12,50 m	12,48 m	-0,02 m
4,70 m	4,72 m	+0,02 m
1,63 m	1,61 m	-0,02 m

Plano de primera planta (escáner):

Distancia en plano original	Distancia en plano AutoCad	Error cometido
42,24 m	42,40 m	+0,16 m
34,68 m	34,68 m	+0,00 m
12,35 m	12,43 m	+0,08 m
5,65 m	5,75 m	+0,10 m
3,12 m	3,06 m	-0,06 m

Plano de planta segunda (escáner):

Distancia en plano original	Distancia en plano AutoCad	Error cometido
42,24 m	42,38 m	+0,14 m
34,68 m	34,68 m	+0,00 m
12,45 m	12,51 m	+0,06 m
12,35 m	12,38 m	+0,03 m
5,41 m	5,42 m	+0,01 m

Plano de entreplanta (fotografía):

Distancia en plano original	Distancia en plano AutoCad	Error cometido
-----------------------------	----------------------------	----------------

16,68 m	16,64 m	-0,04 m
1,18 m	1,20 m	+0,02 m
1,00 m	1,03 m	+0,03 m
2,24 m	2,23 m	-0,01 m
1,25 m	1,22 m	-0,03 m

Analizando los errores cometidos, se ve que, como es lógico, los mayores errores se producen en las distancias mayores, pero que este error no supera en ningún caso el 0,4% sobre la longitud inicial.

Para las distancias menores, que corresponden a anchura de vanos o pasillos, el porcentaje de error es mayor, pero esto se debe achacar a posibles deformaciones puntuales que haya sufrido el plano antes y durante el proceso, como por ejemplo arrugas en el papel al hacer la foto o los propios pliegues del mismo.

3.2.5. Aplicaciones

La información que van a ofrecer los planos va a ser la principal para completar el modelo del edificio. Esta fuente ofrece información geométrica de la totalidad de las partes del edificio de una manera clara y definida.

Las plantas digitalizadas una vez integradas con el modelo vectorial topográfico, van a ser la base a partir de la cual se va a levantar la altura de cada estancia. Es decir, que teniendo las plantas integradas con el resto del modelo, se tienen las coordenadas X e Y de los elementos ya definidos, y sólo queda aplicarles la Z (altura). Para ello, el procedimiento será medir sobre las diferentes secciones la altura de los elementos y trasladarla al modelo digital después de haberle aplicado el coeficiente de escala.

3.3. Fotografías

3.3.1. Descripción

Para la realización de este proyecto, se cuenta también con gran cantidad de fotografías, de diversas procedencias y distintas épocas:

- El conjunto más valioso de todos es el que proviene del informe del arquitecto realizado en el año 2004 y que estuvo adjunto a los planos del año 1992. Este informe aparece documentado con numerosas imágenes que, aunque la calidad no es muy buena, si son las más útiles debido a diversos motivos:

En primer lugar, aunque el informe sea del año 2004, las fotografías son anteriores, ya que aparecen fotografiadas estancias que en ese año ya se habían visto afectadas por derrumbes. Otro motivo es que aparecen documentadas la totalidad de estancias del Palacio, así como imágenes de más detalle en elementos más característicos. Por último y la razón más importante de la valía de estas imágenes, es que adjuntada a la imagen correspondiente aparece la habitación a la que pertenece, escrito en la misma codificación que aparece en los planos del arquitecto Julio Sabrás.



Img. 3.8. Informe del arquitecto.

- Sin embargo el conjunto de fotografías más numeroso corresponde a las realizadas por el equipo del LDGP durante la medición de parte del edificio,

efectuado en julio de 2006. Aunque en esta fecha el edificio ya se había visto afectado por la mayoría de los derrumbes de los que hoy adolece, esto está compensado por la excelente calidad de las fotografías, en formato digital y de una gran resolución. En este conjunto esta registrada de manera abundante tanto la fachada principal como la posterior, así como el semisótano y las habitaciones del cuerpo central B-1, B-2, B-3 y B-4. Además, aunque de forma puntual, están fotografiadas otras estancias de la planta baja.

- El tercer grupo de fotografías se encuentra en el informe de GeoNorte, también adjuntado con los planos del año 1992. Son en su mayoría imágenes de detalle del pórtico y de la logia. En las de carácter más general, aparece únicamente zonas ya fotografiadas en los grupos anteriores.

3.3.2. Aplicaciones

Las fotografías no van a servir como documentos métricos. Pero van a ser muy útiles a la hora de definir la forma de algunas estructuras, o de elementos aislados como son vanos o vigas del artesonado, que no aparezcan reflejados en los planos o que aparezcan de una forma ambigua.

Pero sobre todo, las fotografías van a servir en el momento de realizar el modelo virtual, para saber de que materiales está compuesta cada elemento y asignarle así la textura adecuada.

Por último, en el caso de que exista una contradicción entre la información proveniente de los planos y una fotografía, esta desvelará un posible fallo en los primeros.

3.4. Cartografía municipal y ortofotos

3.4.1. Descripción

Tanto la cartografía municipal como la ortofoto de Casalarreina, se obtienen del servidor del Gobierno de La Rioja: www.larioja.org. Dentro de esta dirección se entra en la sección de “Medioambiente”, y a continuación en la de “Cartografía”. Aquí se selecciona descarga de datos geográficos, bien sean ortofotos o cartografía. Se descargarán las hojas correspondientes al municipio de Casalarreina.



Img. 3.9. Cartografía



Img. 3.10. Ortofoto del casco urbano de Casalarreina.

3.4.2. Aplicaciones

La cartografía municipal servirá para situar el edificio dentro del casco urbano, así como para complementar la información correspondiente al entorno, al igual que la ortofoto.

3.5. Escáner

3.5.1. Descripción

Durante el trabajo de campo realizado por el equipo del LDGP en julio de 2006, se probó la utilización de un láser-escáner para la documentación de la fachada principal. Esta prueba tenía como objetivo servir de base para el proyecto desarrollado por D. Sergio Gutiérrez Alonso, para la comparación de este método con el topográfico.



Img. 3.11. Escáner durante la toma.

3.5.2. Aplicaciones

Esta fuente va a tener un carácter meramente complementario, ya que no se va a hacer uso de ella directamente. Si bien si podría resolver o confirmar alguna duda que se pudiera tener de algún elemento de la fachada, pero al estar esta muy bien documentada por el resto de fuentes, como se ha dicho, el láser-escáner va a tener únicamente carácter experimental.

3.6. Elementos estructurales lógicos no documentados

Aunque no se trata en sí de una fuente, se describe en este apartado porque es el origen de la construcción de alguna parte del modelo.

Como su propio nombre indica, se tratan de partes del modelo de las que no se tienen información ninguna, pero que sin embargo su existencia es supuesta y su forma previsible, debido a que son estructuralmente lógicos y necesarios.

Es muy importante destacar que únicamente se añadirán este tipo de elementos cuando sea muy evidente su existencia o que su carencia sea arquitectónicamente muy poco probable.

Tal es el caso de vigas que, según las fuentes, cuelgan en el vacío. En este caso se presupone la existencia de otra viga transversal que las soporte.

4. Procedimiento para la integración

4.1. Introducción

Antes de generar cualquier parte o elemento del modelo, se tendrá que elegir cual es la fuente óptima para extraer la información para dicho cometido.

Para la valoración de las diversas fuentes disponibles se van a estudiar dos propiedades: la precisión métrica y la verosimilitud de formas y elementos.

Precisión métrica:

Es el grado de acercamiento que se obtiene en una medición respecto a su valor real.

Verosimilitud de formas y elementos:

Esta propiedad esta relacionada únicamente con la existencia o la morfología de los elementos, no con sus dimensiones. Indica el nivel de confianza que posee la información procedente de una determinada fuente, es decir, el grado de certeza de que en la realidad fuese como se indica en la fuente y no de diferente forma.

Para poder elegir de una manera correcta la fuente óptima, primero se tendrá que realizar una clasificación ordenada según estas dos propiedades. De esta manera se tendrá una visión mucho más clara de la situación.

Una vez realizada esta clasificación, se deberá establecer el protocolo que se va a seguir para determinarse la fuente a utilizar.

4.2. Clasificación de fuentes

Como ya se mencionó anteriormente, se tienen que realizar sendas clasificaciones en relación a las dos propiedades descritas.

1) Clasificación de las fuentes según su precisión métrica:

- + **TOPOGRAFÍA**
 - ESCÁNER (Complementaria)**
 - PLANOS**
 - CARTOGRAFÍA (C)**
 - FOTOGRAFÍAS**
- **ELEMENTOS NO DOCUMENTADOS**

2) Clasificación de las fuentes según su verosimilitud de formas y elementos:

- + **ESCÁNER (C)**
 - FOTOGRAFÍAS**
 - TOPOGRAFÍA**
 - CARTOGRAFÍA (C)**
 - PLANOS**
- **ELEMENTOS NO DOCUMENTADOS**

4.3. Fundamento

En el caso de que la zona donde se encuentra un elemento esté únicamente documentada por una fuente, lógicamente será esta la que se utilice para levantarlo.

El conflicto surge únicamente cuando la zona está documentada en dos o más fuentes. Entonces surge la duda de cual elegir: la que más precisión posea o la que sea más verosímil. Sin embargo, un elemento posee ambas propiedades, por lo que hay que buscar un proceso que conjugue ordenadamente las dos.

De la propiedad de precisión se sabe que todas las fuentes poseen una diferente. Pero, por el contrario, de la propiedad de verosimilitud puede que varias fuentes coincidan en la información que ofrecen, algo que ocurre en la mayoría de los casos. Solamente existe conflicto en la forma o en la existencia de un elemento cuando hay una contradicción entre dos o más fuentes.

Si la morfología de un elemento queda en duda, la precisión de las fuentes no va a tener tanta relevancia como su verosimilitud. Por muy precisa que sea una fuente al dar las dimensiones de un elemento, si este no existe, se está cometiendo un grave error.

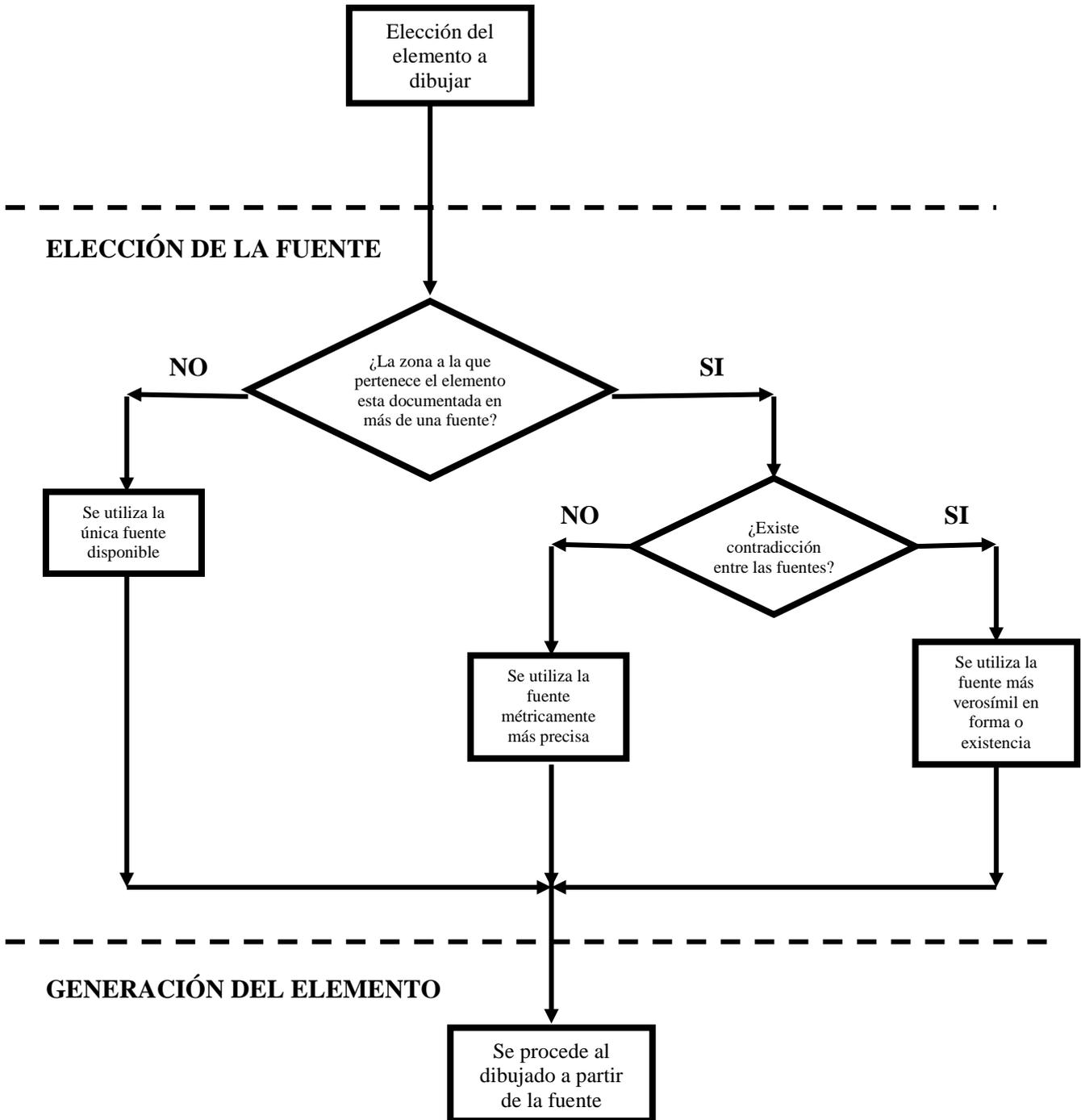
Por lo tanto, es esta posible contradicción entre fuentes la que va a marcar la elección de la fuente que se va a tener en cuenta la precisión o la verosimilitud.

Resumiendo:

En el caso de la zona donde se encuentre el elemento estuviese definida en más de una fuente, se tomará para su reconstrucción la que dé la información más precisa, salvo en el caso de que dos fuentes se contradigan en la existencia o en la forma del elemento en cuestión, por lo que se tomará la de la fuente que más verosimilitud posea.

Para que se visualice el proceso de una forma más clara, se adjunta el siguiente esquema:

ELECCIÓN ELEMENTO A DIBUJAR



5. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

A continuación se van a describir las herramientas informáticas utilizadas durante la elaboración de este proyecto.

AutoCad: programa de diseño asistido por ordenador

AutoCad es un programa de diseño asistido por ordenador, para dibujo en 2D y en 3D, desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

Al igual que otros programas de CAD, AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (punto, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza mediante comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado.

El programa permite organizarlos objetos por medio de capas, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color.

La extensión del archivo de AutoCad es *.dwg*, aunque permite exportar en otros formatos, como el *.dxf*¹.

El formato *.dxf* permite compartir dibujos con otras plataformas de dibujo CAD, reservándose el formato *.dwg* para sí mismo. El formato *.dxf* puede editarse con un procesador de texto. En cambio *.dwg* sólo podía ser editado con AutoCad, si bien desde hace poco tiempo se ha liberado este formato, con lo que muchos programas CAD distintos lo incorporan, y permiten abrir y guardar en esta extensión, quedando el DXF relegado a necesidades específicas.

A lo largo del proyecto se utilizó la versión AutoCad 2000.

¹ DXF: Autodesk (Document Exchange Format file). Formato de texto ASCII usado para almacenar datos vectoriales de aplicaciones CAD.

3D Studio VIZ R3: programa de modelado tridimensional

3D Studio es una aplicación desarrollada por la empresa Autodesk, que permite crear tanto modelados como animaciones en tres dimensiones, a partir de una serie de vistas. La utilización del 3D Studio permite al usuario la fácil visualización y representación de los modelos, así como su exportación y salvado en otros formatos distintos del que utiliza el propio programa.

Mediante este programa se va a desarrollar el modelado tridimensional del edificio, completando así el modelo virtual.

CORTONA: programa visualizador de VRML

Se trata de un visor de 3D interactivo, desarrollado por la empresa Parallel Graphics, ideal para visualizar mundos virtuales en la red.

Es compatible con diversas tecnologías para desarrollo 3D y con todos los formatos de VRML.

VRML (del inglés Virtual Reality Modeling Language, “Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual”), es un formato de archivo normalizado que tiene como objetivo la representación de gráficos interactivos tridimensionales, diseñado particularmente para su empleo en Internet.

Consiste, al igual que el formato DXF en un formato de fichero de texto ASCII en el que se especifican los vértices y las aristas de cada polígono tridimensional, así como el color de su superficie.

Aporta la posibilidad de asociar direcciones web a los componentes gráficos así definidos, de manera que el usuario pueda acceder a una página web o a otro fichero VRML de Internet cada vez que pique en el componente gráfico en cuestión.

El CORTONA, se instala como añadido en los navegadores, a modo de plug-in², compatible con los navegadores más habituales (Explorer, Mozilla, Opera...).

Este programa cuenta con diversas opciones, como pueden ser distintas vistas, movimiento en primera persona, estudio de objetos, etc.

² Plug-in: es una aplicación informática que interactúa con otra aplicación para aportarle una función o utilidad específica. Se utilizan como forma de expandir programas de forma modular, de manera que se le puedan añadir nuevas funcionalidades sin afecta a las ya existentes. Fuente: www.wikipedia.org.

En la web de Parallel Graphics se puede descargar e instalar gratuitamente el software: www.parallelgraphics.com.

Cámara Canon EOS 5D: cámara digital de alta resolución

- Características:**
- Tipo: réflex, objetivos intercambiables
 - Sensor: CMOS de 12,80 MP efectivos
 - Tamaño sensor: 35,80 x 23,90 mm
 - Montura: Canon EF
 - Factor de multiplicación: 1,00x
 - Pantalla: TFT de 2,50 pulgadas

Esta cámara se usó durante el proceso de la digitalización de los planos, como alternativa al escáner como medio de captura.



Img. 5.1. Canon EOS 5D

Modelo_v21: programa de rectificación automática de imágenes.

Programa desarrollado por el LDGP y utilizado durante el proceso de digitalización de los planos.

Secciones_v1: programa de realización automática de secciones.

Programa desarrollado por el LDGP. Se basa en la obtención de secciones a partir de un modelo geométrico tridimensional.

Microsoft FrontPage: editor HTML³.

Herramienta de administración de páginas web de Microsoft para el sistema operativo Windows.

Escáner UMAX PowerLook 2100XL

- Características:**
- Tipo: escáner plano (flatbed)
 - Área máxima de escaneado: 304,8 x 431,8 mm
 - Resolución óptica: 800 ppp (H) x 1600 ppp (V)
 - Resolución máxima: 9600 ppp(H) x 9600 ppp (V)



Img. 5.2. Escáner UMAX PowerLook 2100XL

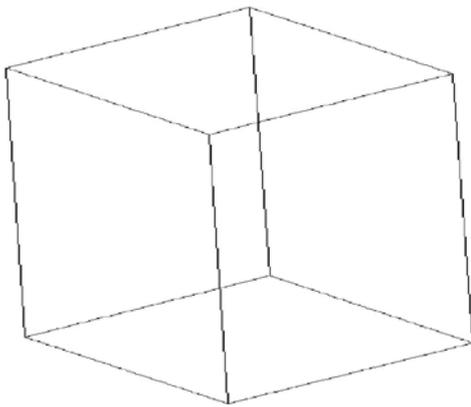
³ HTML: acrónimo inglés de Hyper Text Markup Lenguaje (lenguaje de marcas hipertextuales). Lenguaje de marcación diseñado para estructurar textos y presentarlos en forma de hipertexto, que es el formato estándar de las páginas web.

6. GENERACIÓN DEL MODELO GEOMÉTRICO

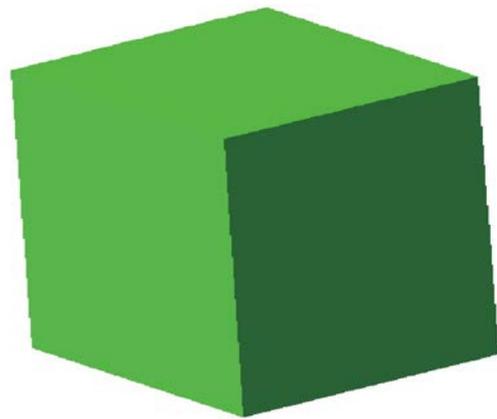
6.1. Planteamiento inicial

6.1.1. Elección del tipo de modelado: alámbrico-sólido

Antes de empezar a levantar el modelo vectorial del Palacio, se deben plantear una serie de cuestiones. La primera de todas ellas, y la más importante es el modo en el que se va a realizar el modelo. Se trata de elegir entre dos opciones: por un lado el modelo alámbrico, formado únicamente por líneas que representan las aristas de definición básica de una forma. Por el otro lado los sólidos, que como su propio nombre indica, se tratan de estructuras macizas. Ambos cuentan con ventajas y desventajas:



Img. 6.1. Ejemplo de modelo alámbrico.



Img. 6.2. Ejemplo de modelo sólido.

Por un lado, en un modelo alámbrico, si el proyecto es de una magnitud y complejidad considerable, como es este el caso, se van a utilizar infinidad de líneas, por lo que si hay que seleccionar una en concreto nos podemos ver inmersos en una maraña infinita de ellas, lo que haría el trabajo engorroso. Habría que utilizar diferentes capas y colores para simplificar el trabajo. Pero la principal desventaja con la que parte este tipo de estructuras es que básicamente son formas vacías, que dan la sensación de tridimensionalidad pero que están huecas. Por ello, cuando más adelante se quiera generar el modelo virtual, se tendrán que cubrir con caras bidimensionales para que ofrezcan sensación de solidez. Este recubrimiento supondría tanto trabajo como el empleado en construirlas.

Pero las estructuras alámbricas tienen la ventaja inestimable de ser muy versátiles, adaptables, algo que en este trabajo va a ser muy apreciado. Además, el modelo vectorial procedente de la parte medida por topografía está realizado mediante este tipo de estructura.

Por el otro lado, los sólidos son más cómodos cuando se trabaja con formas prismáticas, de una geometría, no simplemente sencilla, sino ordenada. Los sólidos son ideales si partimos de un objeto plano que hay que extrusionar¹, como es este el caso de las plantas. Además un sólido no haría falta cubrirlo con caras ya que de por sí ya es un objeto tridimensional. Sin embargo, si las formas son complejas, trabajar con objetos sólidos puede ser más complicado, ya que son menos versátiles y en caso de encontrarse un error cuesta más modificarlos.

Una vez analizadas las ventajas y desventajas de cada opción se decidió construir el modelo utilizando una estructura alámbrica, ya que el hecho de ser más versátil y adaptable se valoró como más adecuado para integrar estructuras de distinta procedencia y precisión.

6.1.2. Utilización de diferentes capas y colores en el modelo

Para construir el modelo alámbrico va a ser necesario realizar una separación entre sus diferentes partes, para poder discriminar zonas del modelo y así trabajar con él más ágilmente.

Como primera división se utilizará la herramienta de capas de Autocad. Las capas van a permitir separar en partes diferentes los distintos elementos que se vayan generando, de tal manera que va a permitir poder visualizar o manipular la información perteneciente a cada una de estas capas de manera independiente.

¹ Extrusión: acción de elevar o reducir en volumen una superficie a lo largo de un eje perpendicular a la misma.

El criterio seguido para la distribución de elementos en distintas capas va ser condicionado por los siguientes motivos:

- 1) Las líneas auxiliares tienen que ubicarse en capas diferenciadas de las que van a ser visibles.
- 2) Separación de las líneas de diferentes pisos.
- 3) Separación de las líneas de diferente procedencia (fuente).
- 4) Separación de las líneas de elementos de materiales diferentes.

Lo ideal sería separar en capas diferentes los grupos de elementos que tengan alguna diferencia en los cuatro aspectos anteriores. Pero esto podría suponer trabajar con una infinidad de capas, por lo que en el momento de administrarlas puede significar un lastre en la velocidad de trabajo.

Por ello, si no se cuenta con un buen administrador de capas (el de AutoCad 2000 es peor que el de la versión 2004), puede ser una buena idea no dividir los elementos por su material, dejarlos en la misma capa que otros con los que compartan fuente y piso, y diferenciarlos mediante la aplicación de colores preestablecidos para cada material. Eso conllevaría una menor cantidad de capas, pero obligaría a realizar la separación según el material una vez terminado el modelo alámbrico. Por todo lo explicado, se escogió esta última opción.

6.1.3. Establecimiento del orden de modelado

El orden de construcción que se va a llevar a cabo tiene que ser estricto y predeterminado, nunca de una forma aleatoria, sino que debe fundamentarse en unos criterios lógicos, atendiendo a las necesidades del proceso de integración de las partes procedentes de las distintas fuentes con la parte del modelo vectorial ya levantado.

Al estar el semisótano y parte de la planta baja ya generados, es lógico empezar la integración por esta última. Así se construirá el edificio de abajo a arriba, planta por planta, es decir, no se comenzará con el levantamiento de un piso sin haber acabado completamente antes con el anterior. El piso inmediatamente inferior al que

se esté levantando servirá de guía y soporte, así como de comprobación para detectar posibles fallos. De esta manera, se levantarán los muros, tabiques y vanos de cada piso, quedando marcada la altura de cada estancia.

Como excepción, se dejarán sin ejecutar ambas escaleras principales, ya que al ser bloques que interrelacionan con todos los pisos, es conveniente levantarlas cuando se hallan completado ambas cajas que las albergan. De esta manera, en caso de que debido a la falta de precisión exista un error en el levantamiento de la escalera por pequeño que sea, este no condicionará la construcción del siguiente piso.

Además, aunque no afecten a la estructura general del edificio, se optó por dejar los diferentes forjados para después de haber completado los muros y tabiques de todos los pisos.

Es muy importante reseñar que las diferentes fachadas no se dibujarán hasta no haber completado la totalidad del interior del edificio. El motivo es muy sencillo:

Como la mayoría del modelo va a ser levantado a partir de las plantas de los diferentes pisos, estas al ser integradas una por una, van a tener un error inevitable de giro y desplazamiento entre unas y otras, que, por pequeño que sea, va a afectar al modelo. De esta manera la línea de fachada quedaría en distinto plano vertical según se cambia de piso. Por eso se reserva para el final, adaptando el grosor de los muros exteriores de cada planta a una vertical común de fachada.

6.2. Integración de las plantas con el modelo preexistente

6.2.1. Fundamento

La base para la integración de la información proveniente de los planos de 1992 con el modelo vectorial realizado por topografía, van a ser las plantas.

Una vez unidas las diferentes plantas al modelo de topografía, bastará con levantar la altura de cada parte del edificio para generar el modelo.

Por lo tanto, esta integración de las plantas va a ser la parte más importante y delicada del todo el proceso. Un pequeño error cometido en esta fase repercutirá de una manera superior en las siguientes. Por este motivo, hay que buscar y analizar la mejor forma de insertar las plantas, no debiendo hacerse de una manera aleatoria, si no a partir de un fundamento justificado y contrastado con otros posibles, con el fin de que se cometa el menor error posible.

Antes de nada, hay que importar las plantas editadas al mismo dibujo del modelo vectorial preexistente. Para ello crearemos sendos bloques de cada planta, las cuales copiaremos e importaremos al modelo vectorial de una en una, separando cada una en una nueva capa.

Una vez importadas, hay que asegurarse de que las plantas son totalmente horizontales, algo que debería ser así, puesto que durante su edición se ha dibujado únicamente en el plano XY. Pero como al ser importadas han podido girarse, lo mejor es comprobarlo de nuevo.

La primera planta que será insertada será la baja. Para ello, primero se tiene que buscar un punto común de la planta y con el modelo en el plano XY. Este punto debe pertenecer a una zona destacada, que no presente ambigüedades en ambas partes, a fin de que no se produzca un error mayor que la diferencia de precisiones entre las dos fuentes.

Pero no solamente se tiene que tener en cuenta para elegir el punto común que este no sea ambiguo, si no que la localización del mismo es tanto o más importante. Esto es debido a que también hay que corregir el giro existente entre la planta a insertar y el modelo.

Si se tomara como punto de inserción una esquina del extremo del edificio, en el momento de corregir el giro, el error existente debido a la diferencia de precisión entre fuentes afectaría de una manera creciente a las zonas del edificio conforme se alejan de dicho punto. Es decir, que error sería extremo en el lado opuesto del punto de inserción, puesto que el error de giro aumenta proporcionalmente a la distancia al punto.

Por lo tanto, hay que elegir un punto que genere un error mínimo, y ese es el que se sitúe a la menor distancia posible de cada extremo. Dicha condición la cumplen únicamente los puntos de la zona central del modelo.

6.2.2. Línea de cota cero

El hecho de insertar la planta del piso bajo a una altura o a otra es indiferente en cuanto al resultado que se va a obtener. Sin embargo, la altura en el eje Z a la que se va a insertar la planta va a marcar el plano de cota cero en el modelo. Es decir, este plano va a marcar la línea a partir de la cual se va a tener que medir en las secciones para conocer cuanta altura hay que darle a una estancia, tanto hacia arriba como hacia abajo.

Por tanto, para que en el momento de medir sobre las secciones resulte más sencillo conocer cuanta altura hay que levantar a través de las acotaciones, sería conveniente que el punto de inserción tuviese la misma altura que el suelo de una estancia cuya cota venga marcada en las secciones.

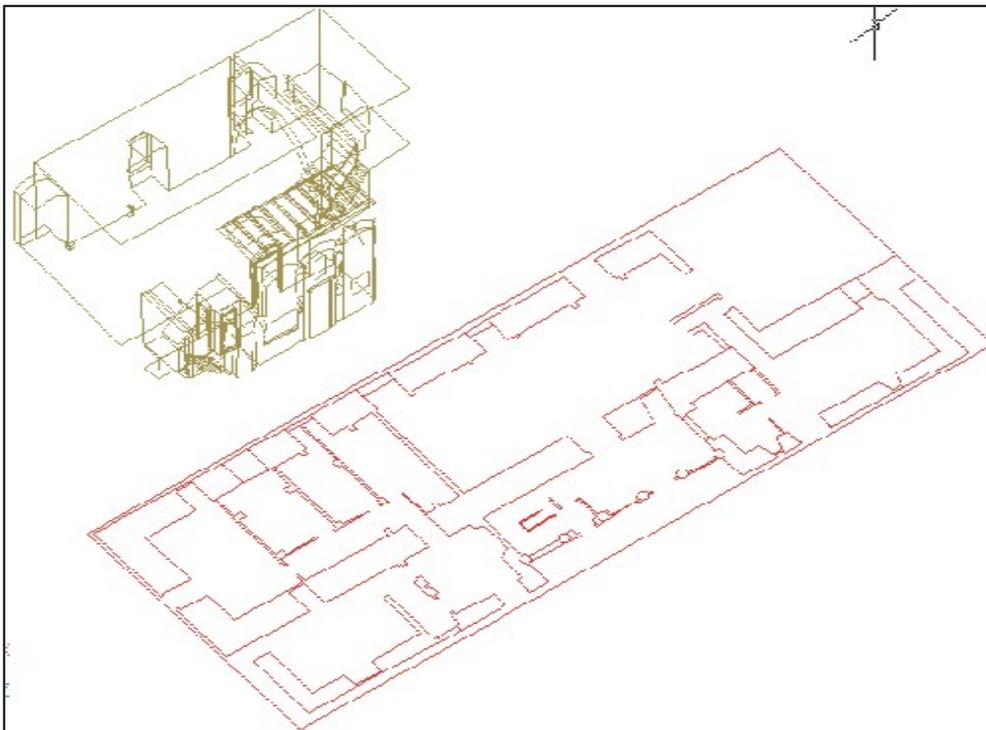
6.2.3. Condiciones del punto de inserción

Resumiendo, el punto a elegir debe situarse en una zona destacada de la zona central, y que además esté a la altura del suelo de una habitación cuya cota esté señalada en las secciones.

6.2.4. Inserción de la planta en el modelo

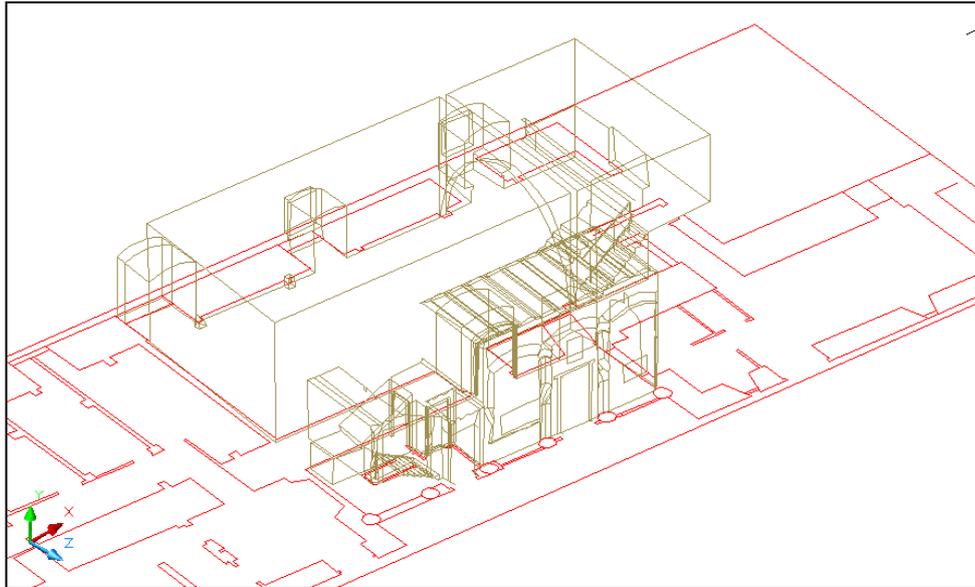
Cumpliendo estas condiciones, se eligió como punto de inserción una esquina inferior de una de las columnas centrales del pórtico de la fachada principal, ya que cumplía con creces las exigencias preestablecidas.

Se trasladará el bloque de la planta haciendo coincidir el punto de inserción con su homólogo en el modelo. A continuación se corregirá el giro existente entre las dos partes.



Img. 6.3. Vista del modelo y de la planta antes de ser insertada.

Para ello se girará la planta, utilizando como eje de giro el mismo punto de inserción, hasta que coincidan los puntos homólogos de ambos extremos de la planta y el modelo. Hay que indicar que esta coincidencia nunca será total debido a que existen diferencias entre ambas plantas ya que tienen diferentes procedencias. Por lo tanto se tiene que buscar la coincidencia que en mayor medida se acerque a la realidad.



Img. 6.4. Planta insertada en el modelo.

6.3. Elevación en altura del modelo

6.3.1. Introducción

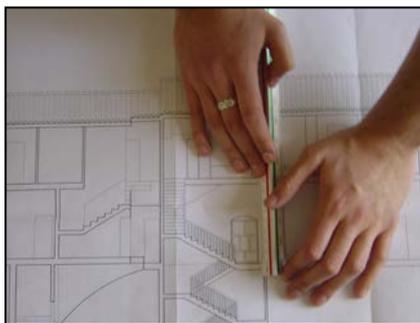
Para levantar en altura el modelo se va trabajar con dos fuentes diferentes. Por un lado las cinco secciones diferentes que forman parte de la colección de planos del edificio. Por el otro, la planta insertada en el modelo en Autocad, que define en X e Y los límites de cada espacio.

El objetivo que se quiere cumplir en esta fase es muy sencillo: se trata simplemente de trasladar la altura de cada estancia que se indica en las secciones, al modelo tridimensional de Autocad.

Se van a dar una serie de pasos que se explican a continuación.

6.3.2. Definición del nivel del suelo

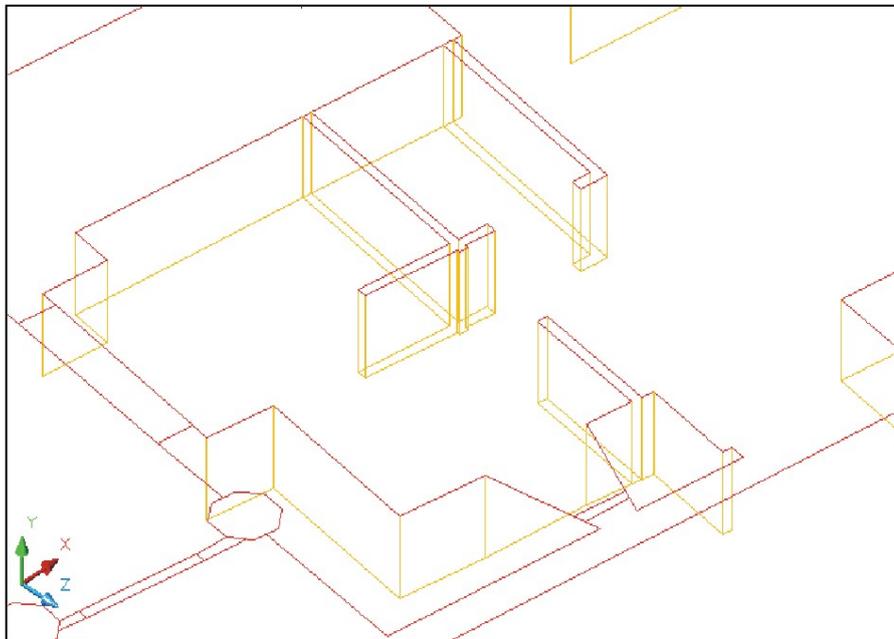
Los diferentes espacios que hay en cada planta tienen la característica de que no se encuentran a la misma altura. Así, puede que exista un máximo de 0,5 metros de desnivel entre estancias en una misma planta. Por lo tanto, primero se tiene que definir el nivel del suelo de cada una de ellas. Para lo que se localizan en las secciones la que se ha denominado “línea de cota cero”, que es la que representa al “plano de cota cero” que marca la planta insertada en el modelo.



Img. 6.5. Medición de la altura en las secciones.

Ahora se busca en el plano de sección, la habitación con la que se quiera trabajar. Se mide en la sección el incremento en altura entre la línea de cota cero y la del suelo de la estancia. Hay que señalar que este incremento puede ser tanto positivo como negativo. Esta medida siempre habrá que multiplicarla por el coeficiente de escala de los planos, que es 50.

Se trasladará esta distancia al modelo en Autocad, siguiendo el eje Z, quedando definido el nivel del suelo de dicha habitación. De esta manera, la planta de la habitación queda trasladada a su cota real.



Img. 6.6. Definición del nivel del suelo.

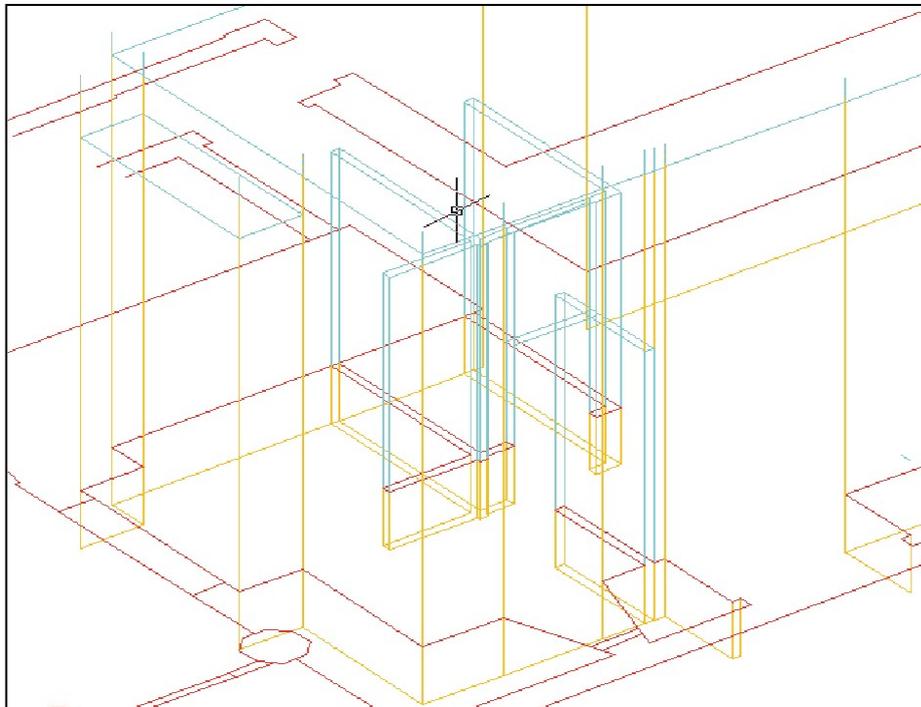
6.3.3. Definición del nivel del techo

El proceso va a ser similar al de la definición del nivel del suelo.

En este caso se mide en la sección la altura de la estancia, es decir, la distancia entre su suelo y su techo, y se multiplica la distancia por el coeficiente de la escala.

Se traslada la altura al modelo, pero esta vez las líneas verticales partirán de los puntos característicos del nivel del suelo que hemos marcado con anterioridad

Así queda definido el contorno superior de la habitación, y, por lo tanto, la altura de la misma.



Img. 6.7. Definición del nivel techo.

6.3.4. Cambio a una nueva planta base

Es obvio que, cuando se haya levantado la totalidad de una planta, se debe pasar a levantar la siguiente. Para ello hay que repetir el mismo proceso de inserción de planta aplicado con anterioridad en el caso de la planta baja.

Para esta nueva inserción, hay que utilizar un punto que cumpla con los requisitos marcados anteriormente.

Para saber a que altura hay que colocar la nueva planta, habrá que medir en una sección el incremento de altura entre la “línea de cota cero” anterior y la que hemos elegido como nueva.

Utilizando una línea auxiliar vertical, se insertará la nueva planta en su lugar correspondiente, debiendo corregir a continuación el giro que presente con el resto del modelo.

El proceso de generación del modelo tridimensional de los espacios de este nuevo piso, será similar al explicado anteriormente, definiendo primero el nivel del suelo y posteriormente la altura del techo.

6.4. Generación de los vanos

6.4.1. Introducción

Una vez que se ha levantado en altura una estancia, se puede pasar a construir sus vanos. La luz y la anchura de estos, están claramente definida en la planta, por lo que sólo resta conocer sus dimensiones en el plano vertical.

Pero de los vanos no sólo hay que conocer sus dimensiones, si no que también la forma en la que están rematados, es decir, si son adintelados o acaban en algún tipo de arco. Es algo que se va a conocer a través de las secciones, o a través de las fotografías. Esto último es muy importante, ya que durante el proceso de generación del modelo, se comprobó que existían discrepancias entre la forma que mostraban las secciones de algunos vanos, con las que se veían en las fotografías. Se eligió como mejor opción la de la fotografía, ya que se trata de una fuente con más verosimilitud.

Resumiendo, que mientras de las plantas obtenemos la ubicación, luz y anchura de los vanos, la altura nos la proporcionan las secciones y la forma, estas últimas y las fotografías.

6.4.2. Diferenciación en capas

Como consecuencia de que la información para levantar los vanos provenga de dos fuentes diferentes, está la necesidad de dejar constatado a partir de cual se ha generado cada uno.

Por ello, como ya se indicó en el apartado 6.1.2., se utilizarán capas distintas para dibujar los vanos que hayan sido construidos únicamente a partir de las secciones y los que hayan sido corregidos debido a que en las fotografías presentaban una forma diferente.

6.4.3. Proceso de construcción

Al igual que para determinar la altura de las estancias, para generar los vanos se tendrá que medir la altura en las secciones, y trasladarla al modelo después de haber sido aplicado el coeficiente de escala.

En caso de que el vano que se vaya a generar sea una puerta, bastará con tomar sólo la altura desde el suelo, mientras que si se trata de una ventana habrá que tomar tanto la altura de arranque como la de donde acaba.

Según el tipo de vano, su generación va ser diferente:

Vano adintelado. Bastará con que el cierre superior del vano sea una línea recta.

Arco de medio punto. El proceso de su construcción será el siguiente:

Los ejes X e Y de dibujo deberán estar alineados con la línea vertical de la jamba del vano y la de la luz del futuro arco. De esta manera la futura circunferencia que formará el arco seguirá la dirección correcta.

Si a continuación, se unen los dos extremos superiores del arco con una línea auxiliar el proceso se simplifica, ya que bastará dibujar una circunferencia cuyo centro este en la mitad de dicha línea y de radio la distancia de este a uno de los extremos superiores de la jamba.

Sólo restará recortar la mitad inferior de la circunferencia para que quede formado el arco de medio punto.

Arco escarzano. Su construcción será algo similar al del arco de medio punto, pero siguiendo el fundamento de dicho tipo de arco:

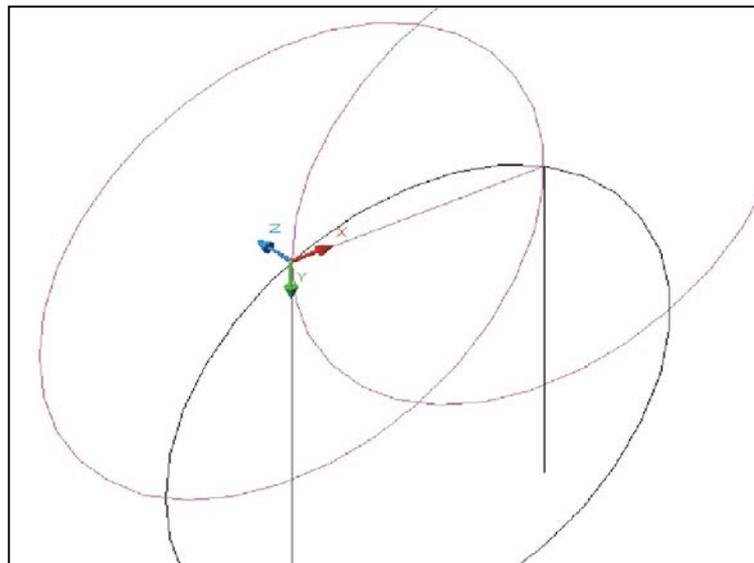
Al igual que en el caso anterior, y por el mismo motivo, los ejes de dibujo X e Y deberán estar alineados con la vertical de la jamba y la dirección de la luz del vano.

A continuación se van a dibujar dos circunferencias auxiliares: una con centro en un lado del arranque del arco (final de la jamba) y de radio la luz del vano, y la otra igual, pero cuyo centro sea en el otro arranque con radio también la luz. Así se nos forman dos intersecciones entre las dos circunferencias auxiliares.

El fundamento del arco escarzano se cumple, ya que uniendo el punto de intersección inferior de las circunferencias auxiliares con los puntos de arranque del futuro arco, y estos entre sí, se forma un triángulo equilátero cuyo lado es igual a la luz del vano.

Ahora, con centro en el punto de intersección inferior, se dibuja otra circunferencia, esta vez en una capa principal, con radio la distancia a un arranque del futuro arco.

Recortando la parte inferior a la luz de la circunferencia se forma el arco escarzano buscado.



Img. 6.8. Generación de un arco escarzano.

6.5. Generación de las escaleras

6.5.1. Introducción

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la construcción de ambas escaleras se ha pospuesto para la parte final de la generación del modelo.

La razón, ya explicada, es que al ser una parte común en los diferentes pisos, si se hubiese levantado con anterioridad a estos, hubiera condicionado su construcción. Por ello se pospone a la terminación de las dos cajas de escalera.

Para una mejor identificación de las dos escaleras, se le ha denominado de forma que la escalera del bloque A, la más meridional, se le denomina escalera A. La del bloque B, situada en la zona central, escalera B.

6.5.2. Generación

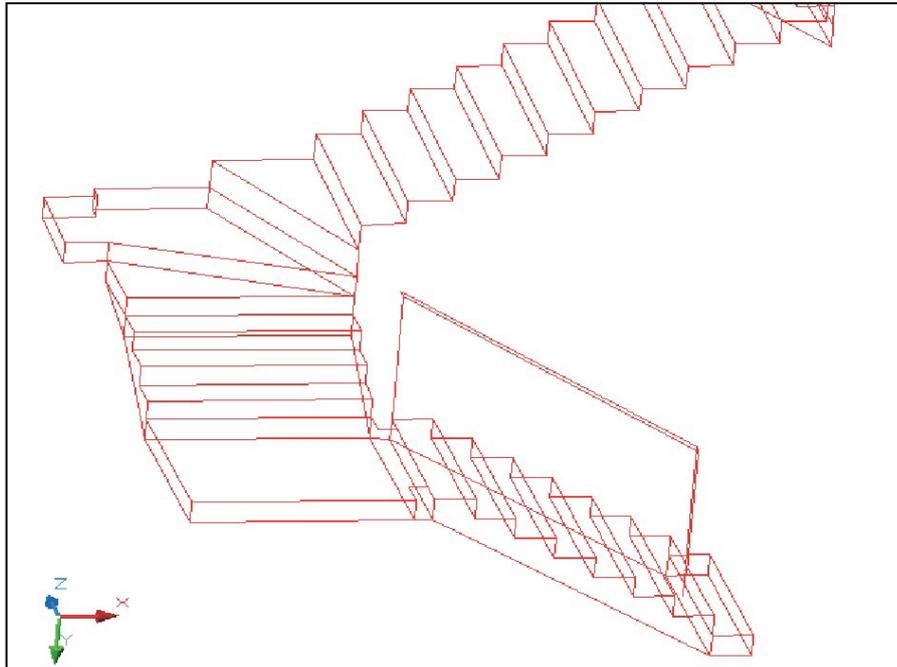
La generación de ambas escaleras no va a ser similar, ya que cuentan con estructuras diferentes:

Escalera A:

Es la más antigua de las dos. Su caja no es una estructura vertical, si no que sigue varias estancias, en algunos casos en el mismo piso. No son de madera, sino que son de obra. Además, de esta escalera no se cuenta con parte medida por topografía.

Para levantar los diferentes escalones, la anchura se obtendrá de la planta, mientras que la altura se sacará de las secciones.

Destacar que durante este proceso, se constató un error en los planos: en planta aparecía representado un escalón menos que en la sección. Esta contradicción se debió salvar dando por válida la información de la planta e incrementando la altura de todos los escalones del tramo afectado hasta compensar el error en la altura.



Img 6.9. Modelo alámbrico de la escalera A.

Escalera B:

Por otro lado, la escalera B es una estructura mucho más homogénea. Sigue una estructura totalmente vertical, con tramos de las mismas dimensiones, excepto el último. Construida totalmente de madera, es una construcción posterior a la escalera A. Para crear la caja, se eliminó el forjado por donde tendría que pasar la escalera. A diferencia de la anterior, el arranque ha sido medido por topografía por lo que su construcción va a ser más complicada, ya que se tendrá que integrar información procedente de dos fuentes.

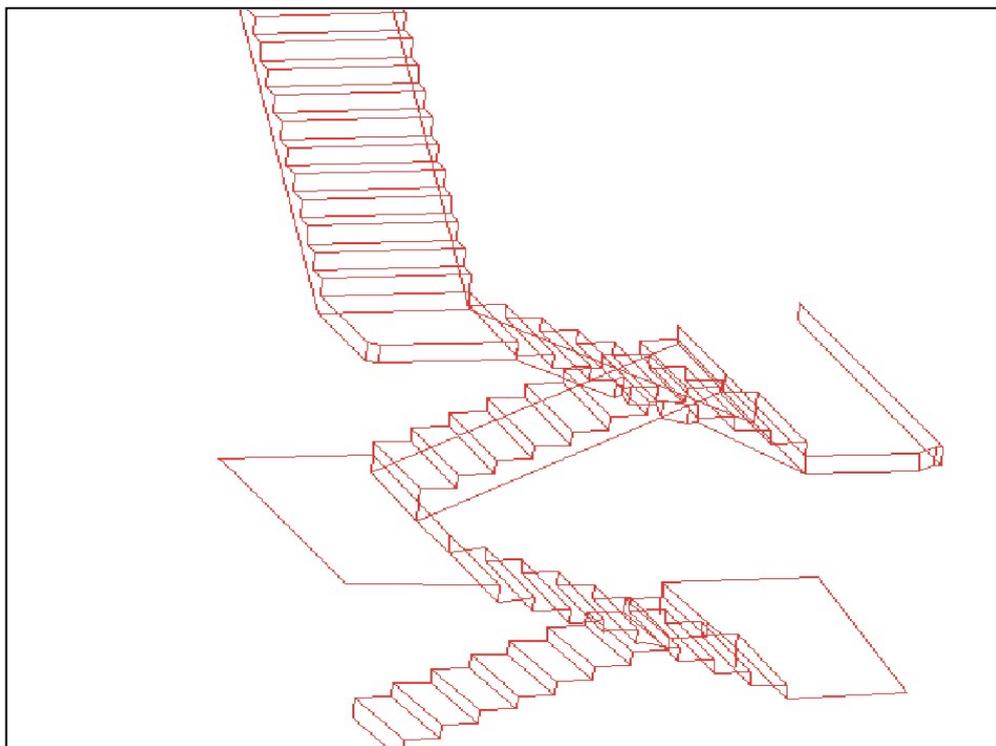
Por tanto, la construcción de esta escalera debe comenzar por la integración del tramo inicial hecho por topografía con la información que procede de las plantas. La no coincidencia total de entre ellos, obliga a adaptar la parte nueva que se toma por la planta a las exigencias que impone el modelo vectorial hecho por topografía.

Una vez superado este inicio, la construcción del resto de la estructura no presenta más problemas. A diferencia de la otra escalera, las plantas y las secciones no se contradicen. Cabe destacar, que las dimensiones de la barandilla de esta

escalera las obtenemos de las secciones. Aunque aparece muy simplificada con respecto a la realidad, se seguirá este modelo con el fin de mantener la precisión.

Debido al error inevitable cometido en la integración de las distintas plantas, los tabiques que forman ambas cajas, al corresponder a distintos pisos, no quedan totalmente en la misma vertical. Para lograr una mejor estética se podían haber modificado estos tabiques, pero se decidió no manipularlos para salvaguardar las dimensiones indicadas por los planos. Sin embargo fue la propia escalera la que se adaptó a estos tabiques, absorbiendo el error.

Por lo tanto, al hacer esta modificación, se primó el mantener la precisión métrica de los tabiques a la de la propia escalera.



Img. 6.10. Modelo alámbrico de la escalera B.

6.6. Construcción de forjados y artesonados

6.6.1. Introducción

Para la construcción de los forjados, únicamente se cuenta con dos planos: las plantas de los forjados de la entreplanta y de la planta primera. Para los del resto plantas fue necesario utilizar las fotografías del informe del arquitecto, ya que en la mayoría las estancias las vigas del techo están a la vista. Se desconoce si existen planos de forjado de las otras dos plantas (segunda y cubierta), aunque parece ser que sí, ya que los dos con los que se cuenta están numerados como 20 y 21, y el siguiente, el alzado de la fachada principal, es el número 24.

En las plantas de forjado sólo aparecen representados los ejes de cada viga. No se indica ni la anchura de la viga, ni se puede conocer que forma tiene. Así pues, de los planos sólo se va obtener la distancia entre los ejes de las vigas, su número y su dirección, pero, como se ha dicho, sólo de los forjados de la entreplanta y la planta primera.

Cabe indicar también, que en estos planos de forjado no se indica si lo que se representa es el forjado del suelo o del techo de esa planta. Comparando con los otros planos se deduce que se trata del forjado del suelo de la planta indicada.

Debido a esto, se optó por no seguir la técnica aplicada con los otros planos de plantas, ya que las vigas no se representan como tal y además no se cuenta con todos los planos. Por tanto se seguirá una técnica más cercana a la utilizada con las secciones, midiendo directamente en los planos y trasladando esa medida al modelo.

Para los artesonados de las plantas primera y segunda (forjados segundo y de cubierta), sólo se contó para su generación con las diferentes fotografías procedentes del informe del arquitecto. A través de estas fotografías se puede deducir la dirección del artesonado, así como aproximarse a la forma y dimensiones de las vigas. En cuanto al número de vigas en cada estancia, se tiene que realizar una aproximación, ya que se desconoce la distancia entre ellas y la imagen sólo cubre una parte del techo.

Así, las fotografías se descubrieron como una fuente valiosísima, cubriendo las carencias percibidas en los planos.

Al carecer de información de la anchura de las vigas, se tomó como referencia las de la zona medida por topografía. Así se generalizó que las vigas tenían una anchura de 0,1 metros, una magnitud inferior a la verdadera, excepto en las habitaciones en las que a través de las fotografías se veía claramente que eran diferentes (bloque C).

También fue a través de las fotografías como se pudo comprobar que la mayoría de los forjados tenían un acabado en bovedillas de arcos rebajados.

6.6.2. Construcción de las vigas

Una vez explicada la situación de la que se parte y como se va a abordar la construcción de los artesonados, ahora se va a explicar lo que es su generación propiamente dicha.

Para realizar el modelado de las vigas, primero se tienen que colocar los ejes de dibujo en la posición correcta. Esta es la dirección del borde superior de la pared donde arrancan las vigas. De esta manera, siguiendo esta dirección, se puede ir marcando el citado arranque y la distancia entre ellas.

Posteriormente, a partir de las marcas de arranque de las vigas, se une con la pared opuesta, formando así el artesonado en planta.

A partir de este modelo en planta de las vigas, sólo resta aplicarles la altura a cada una de ellas siguiendo en eje Z en sentido descendente.

Una vez aplicada la altura, se cerrará la parte inferior de la viga con una forma similar a la superior.

El proceso explicado, corresponde a los pisos inferiores, ya que las vigas se construyen paralelas al plano XY.

Sin embargo, el artesonado de cubierta (techo de la segunda planta) no es paralelo al plano XY, si no que es paralelo a la cubierta que sustenta. Por lo tanto, antes de empezar a dibujar este artesonado, hay que marcar los planos de la cubierta.

Para ello, tiene que estar marcada la forma interior de la cubierta, es decir, los planos de los tendidos y faldones que la forman. A partir de ella, se levantarán las vigas de forma paralela a los faldones, ya de la misma forma que en el caso de los pisos inferiores, llevando las vigas desde los muros de carga de las fachadas, hasta el muro hastial del centro.

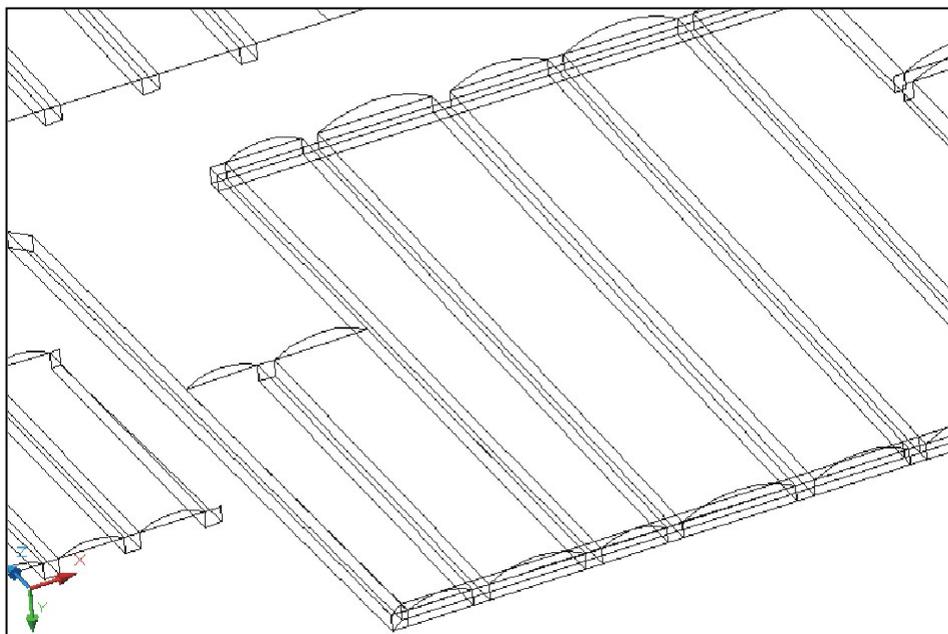
Hay que reseñar, que a diferencia de los artesonados de los otros pisos, las vigas del segundo no terminan en los muros de carga de la fachada, sino que continúan más allá para sostener el voladizo del tejado. Estas partes de vigas que asoman hacia el exterior se denominan canes o canecillos. Para construir estos canecillos únicamente se tendrá que alargar la viga hasta la distancia que indiquen tanto las secciones como la planta de cubierta.

6.6.3. Construcción de los forjados

Como en los planos no se indica nada acerca de la forma de los forjados, esta se obtendrá únicamente de la información que proporcionen las fotografías.

Observándolas, se aprecia que existen varios tipos de acabados para los forjados: el primero se trata de bovedillas de arcos rebajados. Al parecer, este es el tipo de forjado original, y todos los demás son modificaciones o corresponden a añadidos posteriores. Otro tipo es el forjado de tipo plano. Por último, en parte del segundo piso, el forjado es de tablas de madera a la vista.

El único que puede crear problemas, es la generación del primer tipo de forjado. Para ello, basta seguir el proceso de construcción de los arcos rebajados en los vanos, pero sustituyendo la luz del vano por la distancia en línea recta entre las vigas.



Img. 6.11. Modelo alámbrico de una parte del artesonado y su forjado ya generados.

6.7. Construcción de fachadas

6.7.1. Análisis de las fuentes disponibles

Como ya se señaló con anterioridad, durante todo el proceso realizado hasta ahora no se han dibujado los planos de fachada. Por tanto, el modelo vectorial levantado hasta el momento sólo contaba con la parte interior, así como los vanos exteriores de los muros de la fachada.

Para el levantamiento de las fachadas se cuenta con diversas fuentes:

1) **Topografía:**

Como se mencionó anteriormente, se documentó mediante esta técnica tanto la totalidad de la fachada principal, como la mitad de la posterior.

Las dos fachadas formaban parte del modelo vectorial inicial, por lo que ya estaban perfectamente integradas con el interior del edificio antes de empezar el proyecto. Por lo tanto, es la fuente que más precisión va a ofrecer de las fachadas.

Sin embargo, cuenta con varios inconvenientes:

El primero es que las fachadas no están completamente documentadas por esta fuente. No sólo parte de la posterior, sino que también las laterales (norte y sur). Por lo que sería necesario la integración no sólo con el interior del edificio, si no que también con partes de la fachada cuya fuente sea diferente.

Pero el inconveniente más importante es que el modelo de la fachada medida por topografía no coincide con la parte del modelo interior levantado a partir de los planos, el cual sí está perfectamente integrado con la parte interior medida por topografía. Se está hablando de una diferencia que llega a 0,5 metros en el plano XY en algunas zonas, la cual se podría haber salvado si el vano se localizaba correctamente dentro de la estancia.

Mayor problema presenta la diferencia entre las dos partes en el eje Z. En algunos casos la diferencia alcanza 0,3 m, algo completamente insalvable, ya que los arranques de algunos vanos quedarían muy cercanos al nivel del suelo.

Este error tan amplio no es posible achacarlo a los errores acumulados en el proceso, ya que como quedó comprobado y explicado estos no llegaban a los 0,2 m.

Por lo tanto, tal magnitud debe ser atribuida a diferencias existentes entre las distintas fuentes.

Como consecuencia, y a pesar de ser la fuente con mayor fiabilidad, los modelos de las fachadas tomados por topografía quedan relegadas a un segundo plano.

Cabe reiterar, que no se descartan por ser peores, si no como consecuencia de esa diferencia abismal con el modelo del interior del edificio.

A pesar de todo, como se indicará posteriormente, para una parte del modelo de la fachada principal se utilizará esta fuente.

2) **Planos:**

Se cuenta con los planos de las fachadas principal y posterior. A diferencia del modelo de topografía, estos si representan la totalidad de las fachadas, pero tampoco se cuenta con planos de las fachadas norte y sur.

El error existente entre el modelo interior y los de las fachadas tomados por topografía, convierte a esta fuente en la opción principal.

Pero analizando los planos de fachada, se comprueba que estos son exactamente igual al modelo interior, ya que mayoritariamente éste último se levantó a partir de la misma fuente. Por tanto si se intentará integrar los planos de fachada en el modelo como se hizo con las plantas, se entraría en una redundancia.

6.7.2. Decisión elegida

Después de haber hecho estos análisis, se toma la decisión de no introducir una información adicional en el modelo, puesto que para formar la fachada bastará simplemente con proyectar los huecos de los vanos del modelo interior, hacia un plano vertical de fachada común.

Puesto que en la zona central de la fachada principal estaba localizado el punto de inserción de las plantas de los diferentes pisos, el error entre el modelo de esta parte de la fachada y el del interior era mínimo (máximo 2 cm) y, dada la complejidad que presenta el conjunto formado por el pórtico y la logia, se toma la decisión de utilizar la parte del modelo tomado por topografía correspondiente a este conjunto.

6.7.3. Proceso

Los errores inevitables cometidos en la integración de las plantas de los diferentes pisos en el modelo, hace que los límites de los vanos no coincidan en la misma vertical. Si para dibujar el plano de fachada simplemente se uniesen estos extremos sin modificarlos, la fachada quedaría a distinta profundidad según el piso.

Por lo tanto se deben hacer pequeñas modificaciones para contrarrestar estas diferencias entre pisos, y lograr que la fachada sea única y homogénea.

Para ello, se tiene que marcar primero el plano vertical que va a ocupar la fachada y posteriormente adaptar la profundidad de cada vano a ese plano.

Como plano vertical para la fachada se eligió la que marcaba la planta del piso bajo.

A continuación se adaptó de forma individual cada vano, para que su extremo exterior coincidiese con el plano de la fachada. Si el extremo del vano sobresale por más allá del plano, se recortará el vano. Si por el contrario no lo alcanza, se alargará.

Esta modificación, aunque reduce la precisión del modelo, se trata en el mayor de los casos de 4 cm, por lo que se consigue una enorme mejora estética a cambio de perder una precisión que no es mayor al error producido al integrar las plantas.

En cuanto a la integración del modelo del pórtico y de la logia rescatado del trabajo de topografía, esta fue muy simple. Bastó con realizar una pequeña modificación en las pequeñas fachadas laterales inmediatas a ellos.

6.8. Construcción de cubiertas y aleros

6.8.1. Introducción

Puesto que cuando se generó el artesonado de la segunda planta, se tuvo que marcar ya la estructura básica de la cubierta, la construcción de esta no va a presentar ningún problema.

Únicamente habrá que darle volumen, extruyendo hacia arriba los planos de faldones y tendidos.

En cuanto a la distancia hasta donde prolongar los tendidos tampoco existe dilema, simplemente hasta el extremo del alero que marcan los canecillos.

6.8.2. Proceso de generación

Como ya se ha mencionado, para levantar un tendido, se tienen que crear dos planos:

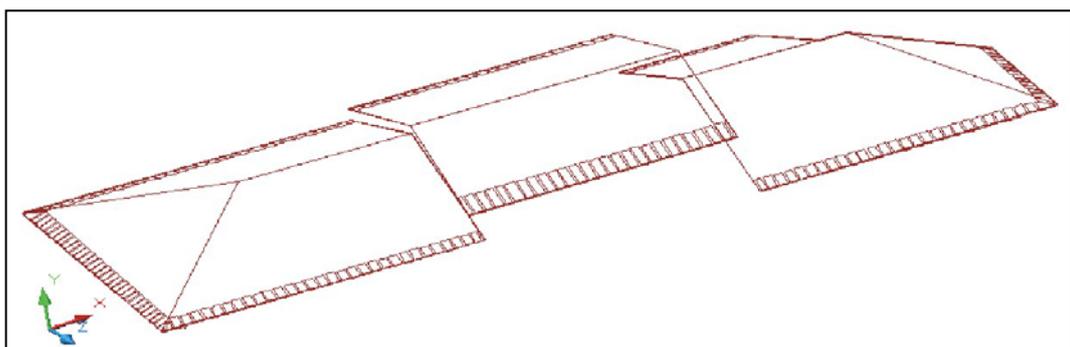
El primero va a ser el inferior, y es el que va a coincidir con el forjado del segundo piso. Comienza en el hastial del muro central y se prolonga hasta el final de los canecillos.

El segundo, el superior, se sitúa encima y de forma totalmente paralela al anterior. Arranca en el caballete central y se prolonga hasta el extremo del alero.

La distancia en la vertical entre estos dos planos marca la anchura de la cubierta.

Mencionar que si en vez de tratarse de un tendido, se trata de un faldón, la generación es similar.

Así se quedarán marcadas todas las líneas que representan las limatesas, caballetes y aleros de toda la cubierta.



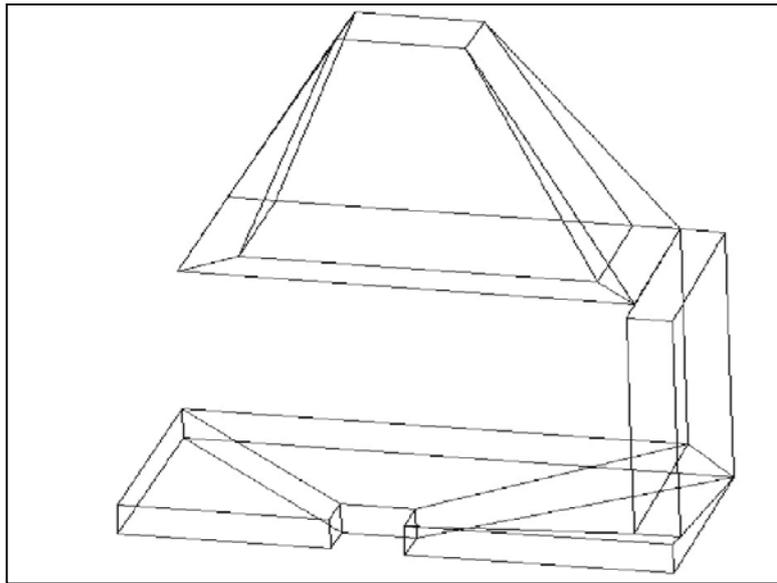
Img. 6.12. Modelo alámbrico de la cubierta una vez finalizado.

6.9. Generación de estructuras menores

Aparte de los elementos arquitectónicos propios del edificio, existen otros que no tienen ese carácter estructural, pero que son parte importante del conjunto, bien porque ayudan a comprender las funciones de las estancias o de los elementos en los que están situados, bien porque son elementos originales del Palacio.

Ejemplo de estas estructuras son los poyos de los cortejadores, o la chimenea de la entreplanta.

Estos elementos están perfectamente documentados en los planos de 1992, por lo que no supone ningún problema levantar los modelos individuales dentro del resto del modelo. Aparecen en las plantas y fueron digitalizados junto con el resto.



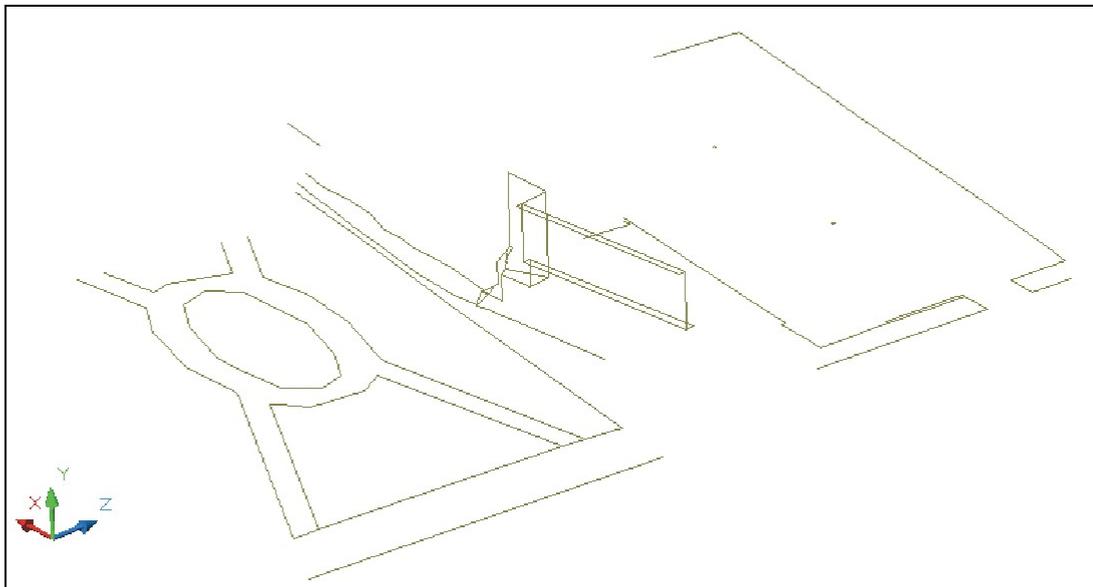
Img. 6.13. Ejemplo de estructura menor: hogar en la entreplanta.

6.10. Modelado del entorno

Para complementar el Palacio, se va a modelar parte del su entorno.

De este entorno, se tomó parte por topografía. En concreto la plaza anterior, el parque posterior, así como la parte trasera del edificio de nueva construcción levantado al sur del Palacio. De esta manera queda definido el nivel de ambas plazas, visualizando el desnivel existente entre ambas fachadas, ayudando a comprender la estructura del semisótano.

Por otro lado, para completar el entorno, así como el edificio ya mencionado, se utilizará la cartografía municipal y las ortofotos.



Img. 6.14. Modelo alámbrico del entorno medido por topografía.

6.11. Cubrimiento del modelo vectorial mediante superficies bidimensionales

6.11.1. Introducción

Una vez finalizado el modelo alámbrico, el siguiente paso será cubrirlo mediante caras bidimensionales. De esta manera, se logrará un aspecto macizo en la totalidad de la estructura, de forma que al observador le resulte mucho más cómodo y sencillo visualizar el modelo. Además, posibilitará la posterior aplicación de texturas sobre estas superficies.

Al igual que en el caso del modelo vectorial, habrá que distribuir las superficies que se van a generar en diferentes capas, con los mismos criterios que en el modelo vectorial: piso, fuente y material.

Pero a estos hay que añadirles uno nuevo, que tiene que ver con la posterior generación de un modelo virtual y que se explica a continuación:

Durante la generación del modelo virtual, el principal cometido que se va a llevar va a ser la aplicación de texturas apropiadas a los diferentes elementos, intentando imitar su verdadera apariencia. Pero en objetos de diferente morfología o orientación, si se aplican ciertas texturas a la vez en ellos, el resultado no va a ser el mismo. Por lo tanto, hay que aplicar también la distribución en capas diferentes de esos elementos que, aún siendo de materiales, fuentes y pisos similares, la textura va a quedar de manera diferente entre ellos.

Este es el caso del artesonado: las vigas longitudinales de una estancia tienen similar aspecto que las que las sustentan, que son transversales. Pero si se les aplicara la misma textura de madera a la vez a ambos grupos, las vetas quedarían de forma correcta y real en un grupo, pero en el otro quedarían de manera transversal, de modo irreal. Por lo tanto se tendría que dividir ambos grupos, vigas longitudinales y transversales en diferentes capas.

De esta manera se simplificará mucho el trabajo en el momento de generar el modelo virtual.

Por lo tanto los cuatro criterios seguidos para distribuir en capas diferentes las superficies bidimensionales que se vayan creando serán:

- Diferente piso
- Diferente fuente
- Diferente material
- Diferente morfología o orientación

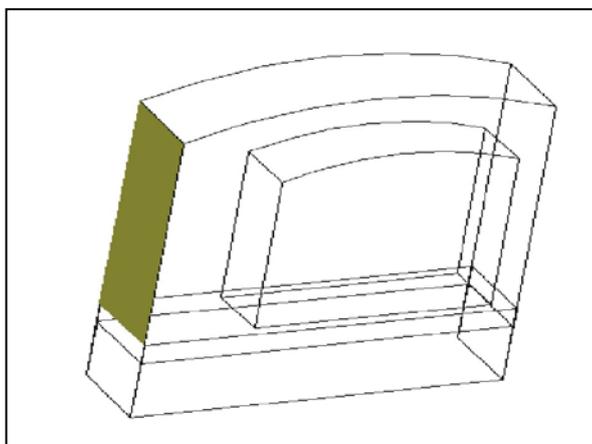
Como en el caso del modelo vectorial, bastará que uno de los diferentes criterios sea diferente entre dos elementos para que se distribuyan en capas diferentes.

6.11.2. Metodología seguida en la aplicación de superficies

Según la morfología del elemento que se proceda a cubrir, los métodos de aplicación de caras bidimensionales al modelo alámbrico van a variar.

Cara 3D:

Se trata del caso más simple. Crea una superficie triangular o cuadrangular según se le marque tres o cuatro puntos característicos de la cara. Esta opción se utilizará para superficies planas, estructuras sencillas como son las paredes y las vigas.



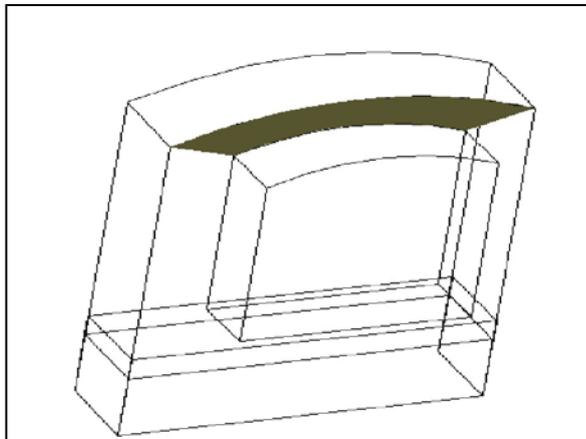
Img. 6.15. Cara 3D aplicada a un lado de un modelo alámbrico.

Superficie tabulada:

Se utiliza cuando se quiere crear una superficie delimitada por dos líneas curvas similares opuestas y los otros dos laterales rectos.

Superficie reglada:

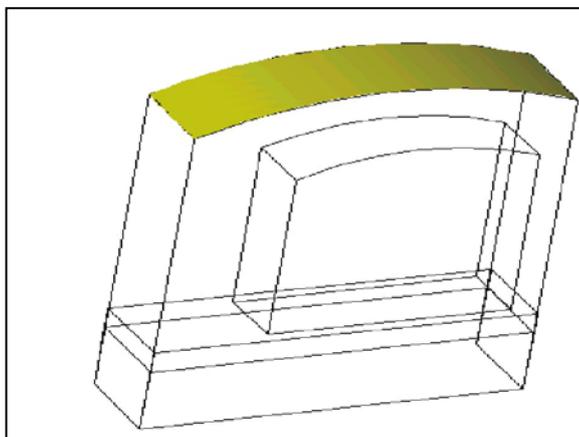
Esta opción va a ser la más útil para crear una superficie comprendida entre dos líneas, mínimo una de ellas curvas.



Img. 6.16. Superficie reglada aplicada en el mismo modelo anterior.

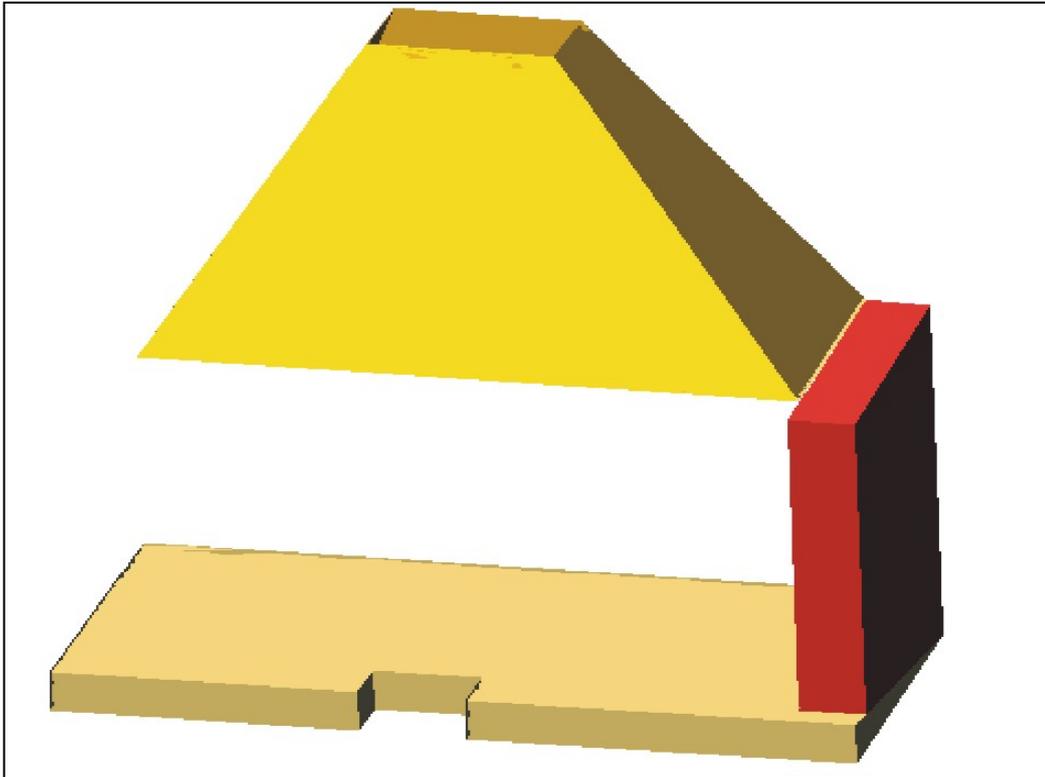
Superficie definida por lados:

Esta tercera opción, a diferencia de las dos anteriores, permite delimitar el espacio de la superficie mediante cuatro líneas. Por lo tanto, será utilizado para superficies que vayan a cubrir espacios delimitados por más de dos líneas curvas.



Img. 6.17. Superficie definida por lados aplicada al modelo.

Utilizando estas herramientas se cubrirá la totalidad del modelo vectorial con superficies, distribuyendo estas en capas según el criterio establecido con anterioridad. De esta manera se logra ese aspecto macizo del modelo que se ha buscado en esta fase.



Img. 6.18. El hogar del que antes se presentó su modelo alámbrico, cubierto ya por superficies. Apréciase que los colores indican que se han separado en capas diferentes los distintos materiales.

6.12. Depuración de errores

6.12.1. Introducción

Una vez acabado la totalidad del modelo geométrico, el paso siguiente será corregir los, más que probables, errores que se hayan cometido durante su generación.

Se depurará el modelo directamente y al encontrarse errores serán corregidos de inmediato. Pero lo que se está intentando corregir es que no existan errores en el modelo completo, es decir, con todas las capas que van a ser visibles activadas e interactuando.

En Autocad, si se activaran todas las capas que van a ser visibles, sólo se podría inspeccionar la parte exterior del modelo. Por esto, será necesario exportar a otro formato el modelo, uno que permita la inspección libre buscada.

Este formato va a ser el VRML, que como se explicó con anterioridad, va a permitir explorar y por tanto detectar, aquellos errores que posee inicialmente el modelo.

6.12.2. Exportación de Autocad a VRML

Para exportar el modelo realizado a lenguaje VRML, primero es necesario exportarlo a formato 3D Studio, ya que Autocad no cuenta con la opción de exportar directamente a este formato.

Una vez creado un nuevo fichero del modelo en formato 3D Studio, se iniciará el programa 3D Studio VIZ y se abrirá el fichero anteriormente exportado a este formato. Ahora, se abrirá el fichero que se acaba de crear.

El último paso será exportar desde 3D Studio al formato VRML.

6.12.3. Corrección de errores en el modelo

Para detectar los errores, se abrirá el fichero en formato VRML; se inicializará el programa visualizador CORTONA. A través de este programa, se podrá explorar con cualquier libertad la totalidad del modelo, tanto el exterior como el interior.

Al localizar un error, una zona que no está bien cubierta por cara 3D ó que falta de generar algún elemento, se corregirá en el modelo de Autocad ese error de forma inmediata.



Img. 6.19. Inspección del modelo en VRML buscando posibles errores en él.

Una vez inspeccionado todo el modelo en VRML, se repetirá otra vez el mismo proceso a partir del modelo de Autocad ya corregido. De esta manera se podrá comprobar que las correcciones efectuadas han sido satisfactorias y, en caso contrario, volver a corregir el modelo en Autocad.

7. GENERACIÓN DEL MODELO VIRTUAL

7.1. Introducción

Una vez completado y corregido el modelo geométrico, el siguiente paso será realizar el modelo virtual.

El objetivo de esta fase es dar al modelo geométrico una apariencia que se acerque a la realidad, de tal manera que el usuario que lo explore, pueda hacerse una idea de cómo es el Palacio, lo más aproximada posible a la real.

La herramienta informática que se va a utilizar para desarrollar este modelo virtual será el programa de modelado tridimensional 3D Studio VIZ.

7.2. Elección del método

Durante la medición del Palacio que realizó el equipo del LDGP durante el mes de Julio de 2006, además de la parte tomada por topografía, se efectuó un trabajo fotogramétrico que abarcó la totalidad de las fachadas principal y posterior.

Estas composiciones, podían haber sido utilizadas para cubrir el modelo geométrico de ambas fachadas, pero al existir notables diferencias entre el modelo generado y ambos conjuntos fotogramétricos, y tras realizar unas pruebas se pudo comprobar que los resultados de su aplicación no iban a ser satisfactorios, por lo que se desechó esta opción.

La opción elegida, tanto para el interior como para las fachadas, fue finalmente la aplicación a cada elemento de texturas y sombras adecuadas, previamente seleccionadas.

7.3. Exportación desde AutoCad a 3D Studio

Antes de realizar la exportación a formato 3D Studio, resulta conveniente comprobar que cada tipo de material se encuentre distribuido en capas diferentes. De esta manera el tratamiento posterior se simplificará de manera notable.

Se exportarán los elementos del mismo material y cualidades en el mismo fichero, ya que después estos van a tener el mismo tratamiento. Así, se tendrá todo el modelo exportado a una colección de ficheros en formato 3D Studio.

Para empezar a trabajar ya con el modelo en el entorno de 3D Studio VIZ, primero se tienen que importar los ficheros que en AutoCad se exportaron a este formato. Estos ficheros se irán importando uno a uno según el orden con el que se vaya a trabajar con ellos.

7.4. Elección de texturas

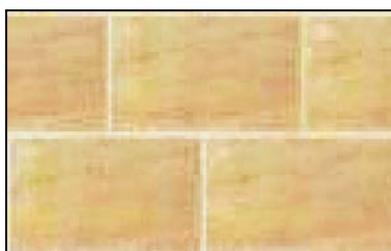
El siguiente paso va a ser la elección de las texturas que se van a aplicar a las diferentes partes del modelo.

Por textura se entiende la trama que imita la apariencia de un material y que va a ser aplicado en parte del modelo geométrico, con el fin de darle un aspecto cercano a la realidad.

Por cada material habrá que utilizar una textura. Esta se puede asemejar más o menos, desde la más simple que recuerda vagamente al color de material, hasta una que sea muy cercana a la realidad.

Para encontrar la textura necesaria, se puede buscar en Internet. Aquí existen multitud de páginas que ofrecen una infinidad de texturas totalmente gratuitas, las cuales se pueden descargar en formato JPG como una imagen cualquiera.

Es posible que se encuentren texturas que son fotografías reales, es decir, que no son composiciones. Estas texturas aplicadas a la geometría del edificio puede que queden muy bien, pero sin embargo se está cometiendo un grave error, puesto que no se trata de la imagen correspondiente al Palacio, por lo que se estaría engañando a cualquier persona que fuera hacer un uso posterior al modelo.



Img. 7.1. Textura aplicada en los muros de sillares de arenisca.

Por lo tanto, la textura perfecta será aquella que se acerque lo más posible a la realidad, pero que **al observarla se note que se trata de una composición**. Así, la persona que posteriormente observe el modelo, podrá conocer el material del que está compuesto un elemento, pero entenderá que la geometría de sus componentes (sillares, ladrillos...) no se corresponde con la realidad.

7.5. Biblioteca de materiales

La biblioteca de materiales es el menú del programa 3D Studio donde se van a controlar y administrar todo lo referente a las texturas que se han seleccionado para aplicar en el modelo.

Las texturas elegidas se tendrán que importar a la biblioteca de materiales. Para ello desplegaremos el menú de la biblioteca y se elegirá un mapeado difuso de tipo imagen bitmap. En la caja de diálogo correspondiente se elegirá la textura que se quiera utilizar.

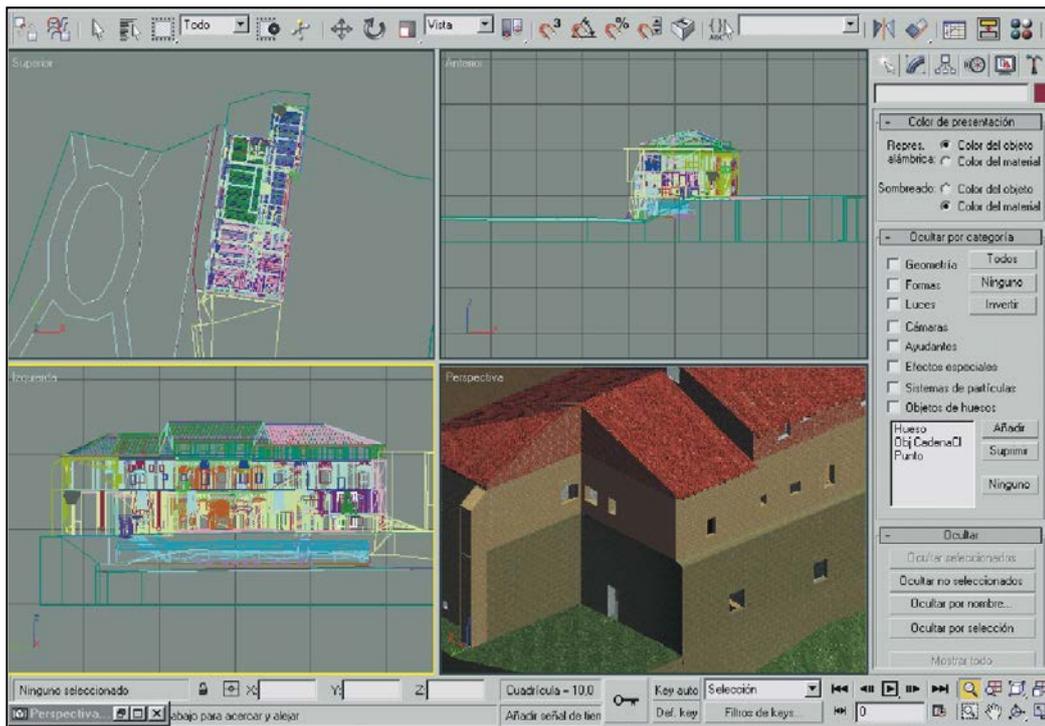
Advertir que en el primer apartado de la biblioteca de materiales, “Parámetros básicos de sombreador”, se activará la opción “2 lados”. De esta manera se aplicará la textura a ambos lados de la cara seleccionada. De lo contrario, podría ocurrir que el lado visible de la cara se quedase sin la aplicación de la textura.



Img. 7.2. Menú Biblioteca de Materiales.

7.6. Asignación de texturas

Para empezar el proceso de modelizado, primero se tiene que importar la parte con la que se quiere trabajar. Al seleccionar el fichero, surgirá un aviso en que se preguntará si con la parte importada se quiere sustituir a lo ya existente en el modelo, o si bien se quiere fusionar a él. Se seleccionará en todos los casos la opción fusionar.



Img. 7.3. Interfaz principal de 3D Studio VIZ

Con el objeto a trabajar seleccionado, se elegirá que el tratamiento que se le va a dar sea un “Mapa UVW¹”, de esta manera se permitirá agregar texturas externas al programa.

A continuación se elegirá el tipo de mapeado con el que se quiere trabajar. Sólo se utilizarán tres: el de caja, el de plano y el de cara. Se elegirá uno u otro según la geometría del objeto o zona a modificar.

¹ Mapa UVW: controla el modo en que el mapeado y los materiales del procedimiento aparecen en la superficie de un objeto. Las coordenadas de mapeado especifican el modo en que las imágenes se proyectan en un objeto. El sistema de coordenadas UVW es similar al sistema de coordenadas XYZ.

Seleccionada la parte que se quiere modificar, en la biblioteca de materiales se elegirá el material a aplicar, y se pulsará la opción “Asignar material a la selección”. Si se activa la opción “Mostrar mapa en el visor” el modelo con las diferentes texturas asignadas se podrá ver en la pantalla principal del programa.

Una vez asignado el material, se podrá comprobar que el resultado es satisfactorio. Se modificará la orientación o la escala del mosaico hasta lograr que la textura tenga una apariencia correcta.

Para la comprobación del resultado se puede utilizar también la opción “Render”. Esta permite una definición mayor que la que ofrece el visor y por lo tanto ofrecerá una apariencia más cercana a lo que es el resultado verdadero.

Este proceso se llevará a cabo con todas las partes del modelo geométrico que hayan sido importadas a formato 3D Studio. Según se vayan importando las diferentes partes, se irán fusionando con el modelo preexistente, trabajando de manera ordenada e independiente con todos ellos.

7.7. Luces

Como último paso del modelado virtual, se asignarán al modelo las luces necesarias, tanto exteriores como interiores, con el fin de crear sombras y un ambiente más realista.



Img. 7.4. Aspecto del modelo virtual concluido.

Una vez importadas todas las partes y asignadas a todas ellas sus texturas correspondientes de forma correcta, estará concluido el modelo virtual.

8. Generación de un modelo virtual interactivo

El objetivo de este apartado es realizar un modelo que pueda ser explorado, tanto por el exterior como por el interior, de una manera libre.

Para ello el modelo virtual deberá ser traducido a lenguaje VRML como se explicó anteriormente. Para explorar el modelo se utilizará el programa visor de VRML Cortona, que se trata de un software gratuito y que se puede descargar de la red de forma sencilla.



Img. 8.1. Exploración del modelo a través del visualizador CORTONA

9. GENERACIÓN DE UNA VISITA GUIADA

9.1. Introducción

Como ya se explicó anteriormente, la magnitud y complejidad del Palacio hace que sea recomendable presentar el modelo de una forma dirigida, de tal manera que una persona que quiera realizar una visita virtual no encuentre posibles dificultades en el manejo del visualizador.

9.2. Elección del método

La primera posibilidad que se planteó fue la de utilizar el propio programa de modelado tridimensional, ya que este cuenta con la herramienta “cámara” las cuales permiten programar presentaciones que posteriormente pueden ser activadas en el visualizador VRML. Se desechó esta posibilidad porque no se contaba con los conocimientos y la experiencia necesarios para poder llevar a cabo con éxito esta opción.

Otra opción barajada fue la de utilizar un grabador de vídeos AVI. Este grabaría los movimientos ordenados en tiempo real y de forma manual en el programa visualizador de VRML por un recorrido que interesase, creando un fichero de extensión *.avi*. Esta salida también se descartó, debido a que la calidad del vídeo no era satisfactoria, ya que las imágenes capturadas del visualizador se veían de forma discontinua entre ellas.

Como última posibilidad, se barajó la de realizar una presentación virtual interactiva a través de un editor de páginas web, disponiendo una serie de cámaras por todo el Palacio, y permitiendo al usuario elegir el mismo la cámara que desease utilizar. Esta fue finalmente la opción elegida y desarrollada.

9.3. Proceso

El primer paso que se debe realizar es el de ubicar todas las cámaras que se consideren necesarias por todo el modelo. Se tomó la decisión de colocar una cámara en cada estancia del Palacio, de esta manera el usuario tendría la oportunidad de visualizar todos los lugares del edificio de una forma directa y sencilla.

Para conocer las coordenadas en las que se deberían ubicar las cámaras, simplemente dentro del programa de diseño, en el modelo geométrico, se toman las coordenadas X, Y y Z de estos lugares.

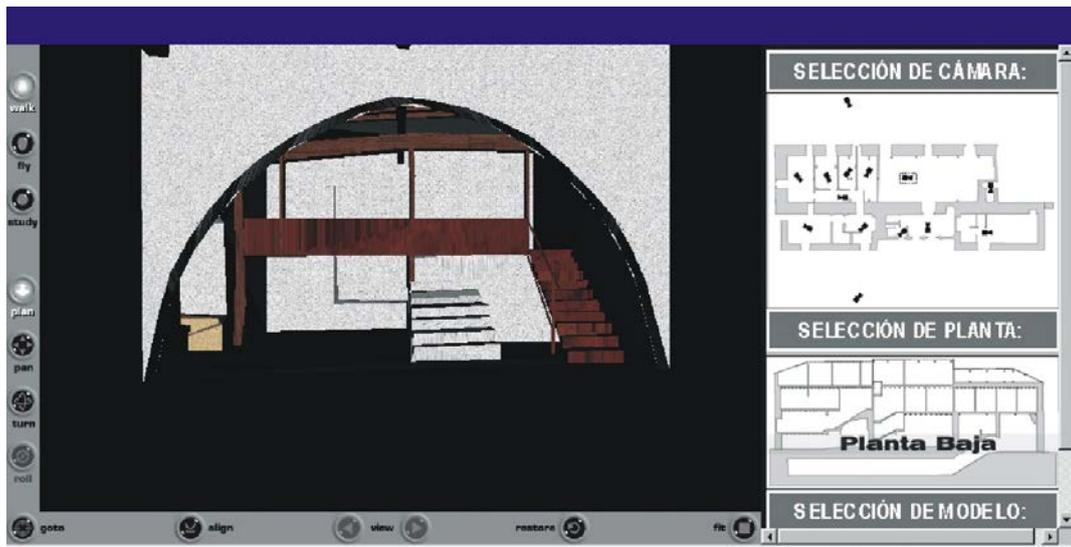
Una vez tomadas las coordenadas, se tiene que abrir el modelo virtual exportado a formato VRML con un procesador de textos. En este se pueden programar las cámaras así como sus características: nombre, coordenadas, orientación y campo de visión.

Como nombre de cada cámara se le asignará el código con el que se designaba a cada estancia en los planos utilizados, precedidos de la planta en la que se encuentren (B, E, 1 y 2). A continuación se asignarán las coordenadas en la que se quiere que se ubiquen, así como la orientación inicial que presente cada cámara. En cuanto al campo de visión a todas las cámaras se les otorgará el campo normal, que corresponde a la cifra 1, la cual no distorsiona la visión.

Una vez concluido el diseño de todas las cámaras, el siguiente paso es diseñar los croquis en los que se van a señalar las ubicaciones de las cámaras, así como sus orientaciones. Se presentarán por plantas y las cámaras vendrán representadas por un pequeño logotipo en el que se distinga su orientación.

Se diseñarán los carteles y botones que posteriormente serán utilizados en la presentación.

Terminado el diseño de todos los elementos que van formar parte de la presentación, se pasará ya a diseñar la presentación web. Para ello, en el programa de edición de páginas web se irán importando los elementos a utilizar que anteriormente se han creado, y se realizarán los hipervínculos pertinentes entre ellos.



Img. 9.1. Página Web

10. Generación de los modelos de fuentes

10.1. Introducción

El hecho de utilizar información proveniente de diversas fuentes, y por tanto de distinta precisión y verosimilitud, obliga a tener que indicar la procedencia de la información utilizada para generar las distintas partes. En caso contrario, podría llevar a la suposición de que todo el modelo posee el mismo grado tanto de precisión como de verosimilitud.

De esta manera, cualquier persona que observe el modelo virtual podrá conocer la fiabilidad que posee cada parte del mismo.

En estos modelos, la procedencia se deberá de indicar de forma clara, precisa y de una manera que no suponga ningún cambio en la geometría del modelo ni que pueda llevar a equívocos. Por tanto, el modo de presentación que se elija tendrá que cumplir todas estas condiciones.

10.2. Elección del atributo a representar

Al principio se barajó la idea de representar por separado los niveles de precisión y verosimilitud de cada parte, bien utilizando un modelo para cada propiedad o bien combinándolas en uno mismo, utilizando para una el color y para otra la trama. Si se hubiese adoptado la primera solución, para que un futuro usuario del modelo conociese sus propiedades, le supondría tener que observar tres modelos a la vez. Por otro lado, con la segunda solución, al existir partes pequeñas diferenciadas, la identificación de la trama sería muy costosa. Ambas soluciones fueron descartadas por las razones expuestas.

Como última opción para la representación, estaba indicar directamente la fuente utilizada para la generación. De esta manera, al estar las fuentes ya jerarquizadas en tablas según sus dos propiedades, el observador conocerá inmediatamente estas. Esta fue la opción elegida.

Por tanto, junto al modelo virtual del Palacio siempre deberá aparecer un modelo en el que se indique que fuente se utilizó para la reconstrucción de cada parte.

Este tipo de modelo se le vaya a denominar a partir de ahora Modelo de Fuentes.

10.3. Criterio seguido para la división de las procedencias para su representación

Aunque parecería lógico que la división para la representación coincidiera con las diferentes fuentes, si se analizan los elementos generados, se ve que algunos de ellos han sido creados a partir de una combinación de varias, ya que en esos casos la información procedente de la fuente principal se ha corregido atendiendo a otra. Por lo tanto, la división escrupulosa en niveles ceñidos a las diferentes fuentes no será total.

Realizando un análisis, las diferentes partes del modelo quedarían distribuidas en niveles de mayor a menor precisión, separando en un nivel diferente los elementos que hayan sido combinación de dos fuentes, que se situará en una posición intermedia a estas.

Atendiendo a este criterio se distinguirá entre los siguientes niveles:

- 1) **Generado a partir de mediciones topográficas:** se corresponde con la totalidad de la parte medida por el equipo del LDGP.
- 2) **Generado a partir de planos:** abarcará las zonas levantadas exclusivamente a partir de los planos de D. Julio Sabrás.
- 3) **Generado a partir de planos y modificados a partir de las fotografías:** tal vez el nivel más complicado por el hecho de que se utilicen varias fuentes a la vez. Es aquí donde se aplica el fundamento la mayor verosimilitud de las fotografías que los planos. En su mayoría se tratan de vanos que en los planos su acabado aparecía de forma diferente a como se veía en la fotografía, por lo que se tuvo en cuenta antes la verosimilitud de las fuentes sobre la precisión métrica. Se adaptó el acabado que se veía en las fotografías a las dimensiones de los vanos que se habían generado a partir de los planos.

- 4) **Generado a partir de las fotografías:** en este caso los elementos sólo estaban documentados por esta fuente. Por lo tanto, tanto la situación como las dimensiones del elemento serán aproximadas. Únicamente la forma del elemento será la cualidad más aproximada a la realidad.
- 5) **Elementos estructurales lógicos no documentados:** como se deduce del nombre, ninguno de los elementos aquí situados están documentados por ninguna fuente. Como ya se explicó en el apartado “3. Documentación disponible” la existencia de estos elementos son deducidos por lógica estructural.
- 6) **Generado a partir de cartografía municipal:** solamente pertenecen a esta fuente algunas pequeñas zonas aisladas del entorno del palacio, que se han utilizado para completar algunos espacios.

10.4. Elección de la variable visual a aplicar

Se tiene que estudiar la variable visual que va a ser más conveniente para la representación de las fuentes.

Se parte de las siete variables visuales universales: tamaño, forma, color, valor, orientación, grano y número.

En un primer análisis, se pueden descartar las variables de forma, tamaño y número, ya que supondría una modificación de la geometría del modelo.

La utilización de las variables orientación y grano generaría un modelo muy complicado, poco claro, en el que las diferentes partes no se distinguirían a primera vista, por lo que también quedan descartadas.

El mayor debate surge al elegir entre las variables valor ó color. La utilización de la variable valor, indicaría una clasificación jerárquica, algo que se busca por separado en las relaciones de precisión y verosimilitud. Un degradado de color parecería ser lo más apropiado para aplicar en el modelo. Sin embargo, no hay que olvidar que se van a representar las fuentes, y estas no son jerarquizables.

Analizando ahora la variable color, lo que se haría con ella sería asignar un color indicativo de fuente y por tanto, a través de las tablas, quedarían indicadas la precisión y la verosimilitud de cada zona. Esta solución permitiría un contraste

cromático superior que en la anterior opción, por lo cual la identificación de la fuente utilizada sería inmediata. Además, no hay que olvidar que se utilizan pocos niveles, por lo que la identificación será aún más fácil.

Por tanto se aplicará la variable color, utilizando colores diferentes para indicar la procedencia de los elementos.

Los colores asignados las diferentes fuentes:

- **Generado a partir de mediciones topográficas:** 

- **Generado a partir de planos:** 

- **Generado a partir de planos y modificados a partir de las fotografías:** 

- **Generado a partir de las fotografías:** 

- **Elementos estructurales lógicos no documentados:** 

- **Generado a partir de cartografía municipal:** 

10.5. Elección de la forma de presentación

Para la presentación del Modelo de Fuentes, se barajaron distintas ideas:

La primera opción, consistía en realizar un modelo similar al virtual, pero aplicando los colores a las diferentes zonas. Este modelo posteriormente sería traducido a lenguaje VRML y visualizarse de manera interactiva.

Otra opción barajada fue la representación del modelo mediante capturas de pantalla, de tal manera que el modelo no sería manejable, sino una imagen fija.

La decisión final fue realizar ambas opciones. Se realizará un modelo en AutoCad, redistribuyendo cada parte según su procedencia en distintas capas. Este modelo servirá tanto para exportar a lenguaje VRML, como para realizar las capturas de pantalla sobre él.

10.6. Proceso de generación de los Modelos de Fuentes

Lo primero que se tiene que desarrollar va a ser un modelo de fuentes en AutoCad. Este modelo tiene que cumplir una serie de características necesarias para que se puedan desarrollar ambas salidas planteadas. Para conocer estas condiciones, primero se tiene que conocer las necesidades de ambos representaciones.

Para la creación del modelo de fuentes interactivo, la única condición que este exige es que las partes generadas a partir de las diferentes fuentes estén representadas en distintos colores.

Sin embargo, para realizar las capturas, el modelo no podría quedar representado en una única imagen, ya que los elementos que se encontrasen más cercanos al observador ocultarían a los que se encontrasen detrás, no pudiendo conocer la fuente utilizada. Por tanto, con esta opción se tendrían que utilizar varias capturas.

Para que la totalidad del modelo de fuentes quede visualizado, se tendrán que realizar representaciones planta por planta, con el fin de que las plantas superiores no oculten a la que interesa.

Además, en la visualización de cada planta, se tendrán que realizar tomas de diferentes posiciones, para que se pueda observar la totalidad de la planta.

No hay que olvidar que el conjunto del artesonado y el forjado va a tapar el interior de cada planta, por tanto habrá que eliminarlo para la representación del interior. Pero también es necesario indicar la fuente del techo, por lo que se reservará una captura adicional en cada planta para que se visualicen el artesonado y el forjado.

Por último, para que las fachadas y la cubierta queden bien visualizadas, se realizarán las capturas necesarias para que quede documentado todo el exterior.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las exigencias de las representaciones, las condiciones que el modelo en Autocad debe cumplir son las siguientes:

Los elementos procedentes de diferentes fuentes, deberán estar separados en distintas capas. Estos se tendrán que dividir a su vez en nuevas capas según la

planta a la que pertenezcan, quedando las fachadas y la cubierta a parte, para una representación independiente.

Se desarrollará el modelo, partiendo del geométrico. Se cambiarán los elementos de capas, distribuyéndolos según las condiciones anteriormente impuestas.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se analizarán por separado los resultados obtenidos en los diferentes objetivos marcados inicialmente:

11.1. Análisis documentación disponible

Durante esta fase tuvo lugar la digitalización de las plantas del conjunto de planos de 1992. Como ya se indicó, los errores que se produjeron durante este proceso alcanzaron 0,15 m como máximo, algo que coincide con la diferencia existente entre las plantas digitalizadas ya insertadas con el modelo topográfico, que corresponde a la parte central del edificio y por tanto, donde menos error va existir. Sin embargo, si se comparan algunos vanos de la fachada levantados a partir de los planos con sus homólogos medidos por topografía, se observa en alguno una diferencia de casi 0,5, muy superior al error existente en planta. Tal magnitud solamente es achacable a diferencias métricas existentes entre las fuentes de planos y topografía y no a un error grosero en la integración.

11.2. Procedimiento para la integración

Aunque el procedimiento establecido es adecuado para este proyecto, no es definitivo. Solamente es un planteamiento inicial, totalmente mejorable.

Aplicado en otros casos de reconstrucción virtual, seguramente se modificará o completará, ya que se localizarían posibles defectos o faltas que por las características del presente proyecto no han podido ser apreciados.

11.3. Modelo geométrico

El modelo geométrico no tiene la misma precisión en todas sus zonas. Esta, obviamente, va a depender de la fuente utilizada para la generación de cada zona.

La parte que se midió mediante topografía cuenta con una indeterminación máxima de 2cm.

Para conocer la precisión de las de las zonas generadas a partir de las demás fuentes, es necesario compararlas con el modelo de topografía.

Así, si se compara la parte realizada a partir de los planos y parte hecha por topografía se ve que la diferencia entre las dos fuentes abarca un arco que va de la nulidad en la zona de la fachada principal, a casi 0,5 metros en el espacio en algunos vanos de la fachada posterior.

La precisión de los elementos desarrollados a partir de fotografías, es difícilmente cuantificable, ya que estos no tienen otra fuente con la que compararse.

Hay que destacar que, como ya se explicó en el apartado 6.7.2., para realizar las fachadas no se utilizaron los datos que se habían tomado por métodos topográficos debido a motivos ya explicados. Por esto, si en algún caso se requieran únicamente datos de la fachada, se deberá recurrir a las tomadas por topografía, ya que tienen una precisión superior.

En cuanto a la metodología empleada para la generación de este modelo, la elección del modelado tipo alámbrico aumentó excesivamente el tiempo de modelado, ya que se debieron realizar una infinidad de caras tridimensionales para cubrirlo. Tal vez la elección de un modelado mixto, alámbrico y sólido, hubiese aligerado el tiempo de generación, utilizándose la segunda opción para generar elementos repetitivos y de geometría simple como pueden ser las vigas.

11.4. Modelo virtual

La diferencia entre el modelo virtual y el geométrico es únicamente la aplicación de texturas y sombras, por lo que solamente estas se analizarán a continuación.

Como es obvio, la calidad del modelo virtual va depender de la experiencia y pericia en el manejo del programa de modelado.

Esta calidad del modelo virtual podía haber sido infinitamente mejor, pero debido a las limitaciones en el manejo del programa debido a la inexperiencia, el resultado logrado puede ser visualmente mejorable.

La primer falta en este modelado es la elección de texturas. Un mayor abanico en la elección de ellas o una mayor capacidad de poder diseñarlas o modificarlas, habría posibilitado la opción de mejorarlo enormemente.

Otro error localizado en este modelo, viene producido por otro que se arrastra desde la generación del geométrico. La existencia de caras con una orientación ligeramente distinta a otras a las que se les tiene que aplicar la misma textura, hace que esta se visualice claramente deformada. Se podría haber solucionado parcialmente este error, si se hubiese aplicado por separado la textura a estos elementos, pero esto hubiera supuesto una cantidad excesiva de ficheros importados al programa de modelado.

11.5. Modelo de fuentes

El hecho de presentar el modelo de fuentes a través de vistas, puede llevar a la limitación de no poder visualizar alguna parte del modelo debido a que estas están ocultas por otras.

Por lo tanto, las vistas deberán ir siempre acompañadas por un modelo virtual donde vengán reflejadas de la misma manera las distintas fuentes utilizadas en cada parte. De esta manera, en caso de que alguna zona apareciera oculta, esta podrá consultarse mediante el modelo virtual. Es decir, el modelo actúa como complemento de las vistas.

Por otro lado, los colores asignados a cada fuente son mejorables. Sin embargo, estos deberán ser siempre colores que se distingan bien entre unos y otros, que no hagan caer en posibles equívocos al observador. Cabe reseñar, que la utilización de un degradado de un color no es la forma apropiada de presentar el modelo, ya que las fuentes, al tener dos características evaluadas (precisión y verosimilitud), no poseen una jerarquía única.

12. CONCLUSIONES

- Para generar el modelo, siempre se deberá partir de la fuente que más precisión métrica posea, dejando la elección de la más verosímil cuando exista una contradicción o conflicto de información entre dos o más fuentes.
- Como ya se mencionó en el apartado 11, el procedimiento para la integración no tiene por que ser fijo o definitivo, si no que puede modificarse, adaptarse o completarse según lo requieran el proyecto y el buen criterio.
- Cuando se utilizan diferentes fuentes para generar un modelo virtual, es necesario indicar de alguna manera que partes del mismo se han desarrollado a partir de una fuente o de otra. Por esto, el modelo virtual siempre deberá de ir acompañado de un modelo de fuentes, para que el futuro usuario conozca con que datos está tratando y otorgarle la capacidad de poder decidir conociendo la naturaleza del modelo. Además se deberá de adjuntar a este modelo de fuentes las características de cada fuente, y si estas no fueran cuantificables, una clasificación de ellas que indique orden.
- Por lo tanto la realización del modelo de fuentes no sólo es imprescindible, sino que no se entiende el modelo virtual sin él, siendo aquel tanto o más importante que este. Junto con el modelo virtual se deberá adjuntar siempre el modelo de fuentes.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Autodesk, Inc. Guía de aprendizaje del 3D Studio VIZ. 2000.
- Valle Melón, José Manuel. Rodríguez Miranda, Álvaro. Lopetegi Galarraga, Ane. Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la Universidad del País Vasco. “Verosimilitud, trascendencia y metadatos: algunos conceptos a tener en cuenta en la reconstrucción virtual de elementos patrimoniales”. III Bienal de la Restauración Monumental, Sevilla, Noviembre 2006.
- Ringle. K, Nutto. M, University of Karlsruhe, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing and Teschauer. O, Mohn. C from Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege: “ Integration of historical plans into a modern facility management system taking the castle of Heidelberg as an example”. CIPA 2005 XX International Symposium, 200, Torino, Italy.
- Ringle. K, Vögtle. T, Peschel. T: “Utilisation of historical plans of the castle of Heidelberg for change detection and new construction activities”. University of Karlsruhe, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing.
- González Aguilera, Diego. Gómez Lahoz, Javier. Arias Pérez, Benjamín. Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno, Escuela Politécnica Superior de Ávila, Universidad de Salamanca. “Generación automática de modelos digitales de elevación en VRML”. Octubre 2005.
- Rodríguez Devesa, Ignacio. Llamas Fernández, José Maria. Gómez García-Bermejo, Jaime. Zalama Casanova, Eduardo. Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Valladolid. Un procedimiento para la superposición de texturas a modelos tridimensionales. XXV jornadas de Automática, Ciudad Real, Septiembre 2004.
- Gutiérrez Soler, Luisa Maria. Bellón Ruiz, Juan Pedro: “Métodos de investigación y técnicas de análisis arqueológico aplicadas al estudio del territorio”. Universidad de Jaén.

- Marqués Calvo, Joaquín. Universidad Politécnica de Cataluña: “Reconstrucción virtual de un edificio y ambientación con actores”. XV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Santander, Junio 2002.
- Muñoz Santamaría, Antonio: “Modelización tridimensional del edificio de la E.T.S.I.G.C.T., Proyecto Final de Carrera”. ETSI Geodésica, Cartográfica y Topográfica, Universidad Politécnica de Valencia. Noviembre de 2005.
- García Belloch, Antonio: “Modelización tridimensional del entorno de La Torre de Paterna”. ETSI Geodésica, Cartográfica y Topográfica, Universidad Politécnica de Valencia.
- Pérez Benedito, JoséLuis. Rodríguez Villagrà, María. López Pérez, M^a Esther: “Creación del entorno geométrico para simuladores de conducción ferroviarios y vehiculares”. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Grupo de Ingeniería Gráfica y Simulación.
- Fernández Cañero, Rafael. Cano Carrión, Rocío. Herrera Machuca, Miguel Ángel: “La reconstrucción y la recreación 3D: una herramienta para la preservación y difusión de nuestros jardines históricos”.
- Monedero Isorna, Javier. Muñoz Salinas, Francisco. Universidad Politécnica de Cataluña-ETS: “Modelos virtuales de ciudades. El Laboratorio de Barcelona y el contexto internacional”. IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. 2002.

Direcciones de Internet (acceso Junio 2007):

- www.wikipedia.org: enciclopedia libre a través de Internet.
- <http://roble.cnice.mecd.es/jarran2>
- <http://www.diccionariosdigitales.net>
- <http://www.cervantesvirtual.com>
- <http://www.mayang.com/textures>
- <http://padimentum.muskatli.hu/Textura>

14. AGRADECIMIENTOS

No quiero concluir esta memoria sin antes agradecer el apoyo y ayuda recibidos durante la realización de este proyecto, por parte de mis compañeros del Laboratorio de Documentación Geométrica de Patrimonio: D. Sergio Gutiérrez Alonso, D. Pablo Pérez Vidiella y D. Álvaro Rodríguez Miranda.

También agradecer a mis tutores, Dña. Ane Lopetegi Galarraga y D. José Manuel Valle Melón, el haberme guiado, enseñado y aconsejado a lo largo de todo el proceso.

PRESUPUESTO

Mediciones:

Equipamiento:

Hardware:

- Equipo informático (ordenador + impresora): 1 unidad
- Escáner de mesa (subcontratado): 1 día

Software:

- Autocad: 1 licencia
- 3D Studio VIZ: 1 licencia

Trabajo:

Trabajo de campo:

- Emplazamiento y reconocimiento edificio:

Tiempo dedicado: 3 días

Total trabajo de campo: 3 días

Trabajo de Gabinete:

- Estudio de las fuentes y su verosimilitud:

Fuente 1: Informe + fotografías: 3 días

Fuente 2: Planos: 2 días

Fuente 3: Topografía : 1 día

- Modelo:

Modelo alámbrico 3D: 15 días

Recubrimiento modelo: 10 días

Tratamiento con texturas: 5 días

VRML: 1 día

Modelo de fuentes: 2 días

- Edición de planos:

Planos: 5 días

- Multimedia: 5 días

- Memoria (únicamente la parte final, unificación y maquetación. La memoria se ha ido redactando conforme avanzaba el proyecto): 5 días

Total trabajo de gabinete: 54 días

Cuadro de precios unitarios:

UNIDADES DE PROYECTO	PRECIOS UNITARIOS
Trabajo de campo (por día)	160 €
Trabajo de gabinete (por día)	144 €
Equipo informático (por día)	4 €
Autocad (por día)	8 €
3D Studio (por día)	8 €
Impresión A0 (por unidad)	60 €
Escáner (por día)	150 €

Justificación de precios:

Equipamiento:

Hardware:

- Ordenador e impresora → Coste: 3000 €

Periodo de amortización: 3 años.

$3000 \text{ €} / 3 \text{ años} = 1000 \text{ €/año}$

$1000 \text{ €} / 250 \text{ días} = 4 \text{ €/día}$

Días utilización del equipo informático: 48 días, a 4 €/día:

$$48 \times 4 = 192 \text{ €}$$

Total Hardware: 192 €

Software:

- AutoCAD → Coste: 6000 € Periodo de amortización: 3 años.

$6000 \text{ €} / 3 \text{ años} = 2000 \text{ €/año}$

$2000 \text{ €} / 250 \text{ días} = 8 \text{ €/día}$

Días utilización AutoCad: 32 días, a 8 €/día:

$$32 \times 8 = 256 \text{ €}$$

- 3D Studio VIZ → Coste: 6000 €

Periodo de amortización: 3 años

$6000 \text{ €} / 3 \text{ años} = 2000 \text{ €/año}$

$2000 \text{ €} / 250 \text{ días} = 8 \text{ €/día}$

Días utilización 3D Studio VIZ: 6 días, a 8 €/día:

$$6 \times 8 = 48 \text{ €}$$

Total Software: 304 €

Trabajo (I.T.Topografía):

Trabajo de campo:

- Tiempo dedicado: 3 días, a 160 €/día

$$160 \times 3 = 480 \text{ €}$$

- Viajes: 1 €0,2 Km

Distancia recorrida (ida y vuelta): 88 Km

$$88 \times 0,2 = 17,6 \text{ €}$$

- Dietas: 30 €

Total trabajo de campo: 527,6 €

Trabajo de gabinete:

- Tiempo dedicado: 54 días, a 144 €/día¹

$$54 \times 144 = 7776 \text{ €}$$

Total trabajo de gabinete: 7776 €

Fungible:

Plotter:

Cantidad: 2 A0.

Precio unidad A0: 60 €

$$60 \times 2 = 120 \text{ €}$$

Consumible papelería: 80 €

Consumible impresora: 60 €

Encuadernación: 25 €

Total fungible: 285 €

Subcontrataciones:

Escáner: 1 día a 150 €/día

$$1 \times 150 \text{ €} = 150 \text{ €}$$

¹Obtenido de los honorarios orientativos del COITT, 2004.

Total subcontratado: 150 €

Gastos generales:

700 €/mes → 35 €/día

57 días trabajados, a 35 €/día

57 x 35 € = 1995 €

Total gastos generales: 1995 €

Presupuesto:

UNIDADES DE PROYECTO	PRECIOS PARCIALES
Trabajo de campo	527,6 €
Trabajo de gabinete	7776 €
Amortización del Hardware	192 €
Amortización del Software	304 €
Fungible	285 €
Subcontratado	150 €
Gastos Generales	1995 €
Total	11229,6 €
IVA	16 %
TOTAL	13026,34 €

Anexo II: Definición General de Metadatos

Introducción

El concepto “metadato” se suele definir como la información sobre la información. Este término, que proviene del ámbito de la biblioteconomía, tiene un gran interés, hoy en día, por su aplicación a Internet ya que posibilita la realización de búsquedas. A modo de ejemplo, en el caso concreto de un tipo de documento gráfico del tipo fotografía, los metadatos posibles serían entre otros: autor, lugar fotografiado, fecha de la toma, características de la cámara y de la toma.

Es por ello que se están dando pasos significativos para su definición e incorporación a los diferentes tipos de productos. El Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (EHU-UPV) ha desarrollado una versión preliminar centrada en cartografía tridimensional de elementos patrimoniales, especialmente en modelos geométricos de edificios históricos, aunque se pretende dejar la definición lo suficientemente abierta como para que pueda utilizarse en otras aplicaciones.

Evidentemente, la utilidad de los metadatos reside en el hecho de que el usuario sea capaz de identificarlos correctamente, por lo que deben estar estandarizados. A este respecto existen varios grupos de trabajo y diferentes normas (Dublín Core, ISO 19115, ...) sin embargo, estas normas no pueden abarcar toda la variedad de información necesaria para todas las aplicaciones posibles y se limitan a los conceptos más generales, dejando siempre cierto margen para la definición de metadatos adicionales.

En este documento se presenta una primera propuesta de personalización aplicada al ámbito de trabajo antes citado (cartografía tridimensional de elementos patrimoniales), es decir, una selección de metadatos y una forma de organizarlos.

Esta propuesta corresponde a una estructura de base de datos.

La información que se detalla a continuación corresponde a una ficha que acompañará a cada documento (en este caso archivo informático), la forma en que se añade a él puede ser variada: desde un simple archivo de texto adjunto, a ir insertado dentro de la cabecera como comentario, o utilizar las opciones que tenga para la descripción.

A continuación se muestra un ejemplo de la información que formaría esta ficha:

```
# METADATA
# BLOQUE 1: Estándar seguido en el documento
# metadata_type: ldgp_metadata_v0.1
# metadata_type_definition: Número en el Registro Propiedad Intelectual 00/2006/4163
# metadata_type_description:
http://www.vc.ehu.es/docarq/LDA/publicaciones/ldgp_metadata_v0_1es.pdf
# BLOQUE 2: Estándar general de metadatos (Dublin Core)
# Title: Modelo Virtual del Castillo de Cornago (La Rioja, Spain)
# Creator: ldgp
# Subject: castillo, vrml, cornago, rioja
# Description: Modelo virtual VRML con textura fotográfica rectificada.
# Publisher: ldgp
```

```

# Contributor: none
# Date: 20060110
# Type: 3d
# Format: vrml 2.0
# Identifier: ldgp_2006_vrml_003
# Source: Documentación Geométrica y Modelado Virtual del Castillo de Cornago (La Rioja)
# Language: es-ES
# Relation: http://www.vc.ehu.es/docarq
# Coverage: 2005
# Rights: Ayuntamiento de Cornago
# BLOQUE 5: Leyenda
# legend(1): Elementos con textura fotográfica, geometría medida por métodos topográficos (precisión 2
cm) y textura obtenida por rectificación (precisión 20 cm).
# legend(2): Azul, geometría medida por topografía pero sin textura fotográfica disponible.
# legend(3): Rojo, geometría completada de la que sólo se dispone de datos aislados, sin textura
fotográfica.
# legend(4): Otros, geometría del entorno medida por topografía y sin textura fotográfica (verde: hierba,
gris:roca, marrón: construcciones).
# BLOQUE N: Parámetros adicionales
# add_par_definition(1): Finalidad del trabajo.
# add_par_value(1): Documentación previa al trabajo de restauración.
# add_par_definition(2): Método utilizado para la rectificación de fotografías.
# add_par_value(2): Programa de modelado del LDGP
# add_par_definition(3): Resolución de texturas fotográficas a máximo detalle
# add_par_value(3): 2x2 cm
# add_par_definition(4): Resolución de texturas fotográficas a mínimo detalle
# add_par_value(4): 10x10 cm

```

El campo clave para la clasificación de los archivos es el “Identifier” que en el ejemplo anterior tiene el valor de:

```
# Identifier: ldgp_2006_vrml_003
```

Éste será un número de registro único que identificará el conjunto de datos. El resto son campos de información de tipo texto sobre los cuales ir realizando búsquedas.

La información que se muestra en el ejemplo, es lo que leerá el usuario para conocer las características del fichero informático al que describe. Dado que cada archivo sólo contiene una ficha de información no es necesario ordenarla según ningún criterio.

Otro aspecto es el registro que lleve el productor de estos modelos, que deberá contar con una relación de las diferentes fichas que ha introducido en los archivos. En este caso sí que se utilizará el campo “Identifier” para la ordenación.

Como se ha descrito, generalmente, se tratará de un archivo de texto adjunto o insertado dentro del archivo al que describe por lo que se realizará una lectura secuencial identificando previamente su situación y las cabeceras que indican cada valor.

Desarrollo

La información se ha organizado según los siguientes bloques temáticos, de los cuales, los dos primeros son obligatorios y los restantes opcionales según las características del elemento a documentar:

- BLOQUE 1: Estándar seguido en el documento.
- BLOQUE 2: Estándar general de metadatos.
- BLOQUE 3: Bibliografía.
- BLOQUE 4: Hipótesis.
- BLOQUE 5: Leyenda.
- BLOQUE N: Parámetros adicionales.

Los bloques 2, 3 y 4 corresponden a la recomendación dada por el profesor B. Frisher (Frisher B., “Misión and Recent Projects of the UCLA Cultural Virtual Reality Laboratory”. Proceedings of the conference: Virtual Retrospect. Ausonius, Bordeaux (Francia) 2004. ISBN: 2-910023-48-6).

Bloque 1: Estándar seguido en el documento

En este bloque se indicará el formato seguido a la hora de presentar los metadatos, los campos a incluir son:

Nombre	Formato	Explicación
Metadata_type	Texto	Definición que sigue la lista de metadatos.
Metadata_type_definition	Texto	Número de registro donde está depositada la definición original.
Metadata_type_description	Texto	Acceso a una copia de la definición.

Ejemplo:

```
# BLOQUE 1: Estándar seguido en el documento
# metadata_type: ldgp_metadata_v0.1
# metadata_type_definition: Número en el Registro Propiedad Intelectual 00/2006/4163
# metadata_type_description:
http://www.vc.ehu.es/docarq/LDA/publicaciones/ldgp_metadata_v0_1es.pdf
```

Con el fin de garantizar la coherencia e integridad de la definición, se ha depositado una copia en el Registro de Propiedad Intelectual (España). Esta inscripción sólo tiene por objetivo que exista una copia oficial de la organización de los campos aquí descritos sin que presuponga ninguna atribución de autoría sobre los propios campos, los cuales, han sido seleccionados de diferentes trabajos existentes.

Bloque 2: Estándar general de metadatos

Aquí se incluirán los metadatos recomendados por algún estándar general, para esta versión preliminar se han seleccionado los correspondientes al Dublín Core (<http://es.dublincore.org/>) por su simplicidad y amplia difusión, su descripción es la siguiente:

Nombre	Formato	Explicación
title	Texto	Nombre mediante el cual se conoce el recurso.
creator	Texto	Persona u organización que lo ha creado.
subject	Texto	Lista de palabras clave.
description	Texto	Texto breve que describe el contenido del recurso.
publisher	Texto	Nombre de la persona, empresa u organización que consigue que este recurso esté disponible (ej. editor).
contributor	Texto	Persona u organización que, sin ser el creador principal, ha realizado alguna contribución al recurso.
date	yyyymmdd	Fecha de creación.
type	Texto	Tipo abstracto de recurso: imagen, video, 3d, texto,...
format	Texto	Características técnicas del recurso (ej. formato específico del archivo informático).
identifier	Texto	Identificador formal del recurso como ISBN, URI, etc.
Source	Texto	El recurso desde donde se origina el presenta recurso.
Language	Texto	Código de idioma, ISO-639 y de país ISO-3166.
Relation	Texto	Una referencia a un recurso que se encuentra de alguna manera relacionado con el actual.
Coverage	Texto	Ubicación, época o jurisdicción que cubre el recurso.
Rights	Texto	Información sobre derechos de autor, patentes, marcas y otras restricciones sobre el contenido del recurso.

Ejemplo:

```
# BLOQUE 2: Estándar general de metadatos (Dublin Core)
# title: Modelo Virtual del Castillo de Cornago (La Rioja, Spain)
# creator: LDGP
# subject: castillo, vrm, cornago, rioja
# description: Modelo virtual VRML con textura fotográfica.
# publisher: LDGP
# contributor: none
# date: 20060110
# type: 3d
# format: vrm 2.0
# identifier: ldgp_2006_vrm_001
# source: Doc. Geométrica y Modelado Virtual del Castillo de Cornago
# language: es-ES
# relation: http://www.vc.ehu.es/docarq
# coverage: 2005
```

Bloque 3: Bibliografía (Opcional)

En este bloque se reseñarán las diferentes fuentes bibliográficas que se han utilizado para la confección del modelo, está pensado sobre todo para modelos virtuales de tipo “recreación”, es decir, imágenes en las que se presentan visiones hipotéticas de edificios que, generalmente, ya han desaparecido, y en las que se plasma el conocimiento que existe sobre él a partir de otras fuentes (excavaciones arqueológicas, descripciones, grabados, etc...).

Como ya se ha indicado, este bloque está especialmente indicado para los modelos virtuales de recreación, por lo tanto su carácter es opcional ya que otros modelos pueden no necesitarlo.

Nombre	Formato	Explicación
bibliography(1)	Texto	Referencia bibliográfica 1.
bibliography(2)	Texto	Referencia bibliográfica 2.
bibliography(3)	Texto	Referencia bibliográfica 3.
...	Texto	...
bibliography(n)	Texto	Referencia bibliográfica n.

Ejemplo:

BLOQUE 3: Bibliografía.

bibliography(1): Senso J.A., Piñero A.R., “El concepto de Metadato. Algo más que descripción de recursos electrónicos.”, Ci. Inf. Brasília, v.32, n.2, p.95-106, maio/ago. 2003.

.....

Bloque 4: Hipótesis (Opcional)

En este bloque se incluirán las deducciones e hipótesis utilizadas en la definición del modelo virtual. Al igual que en el caso anterior, este bloque está pensado en principio para los modelos virtuales de recreación por lo que su carácter es opcional dado que en otros tipos de modelos puede no tener aplicación.

Nombre	Formato	Explicación
hypothesis(1)	Texto	Hipótesis de trabajo 1.
hypothesis(2)	Texto	Hipótesis de trabajo 2.
hypothesis(3)	Texto	Hipótesis de trabajo 3.
...	Texto	...
hypothesis(n)	Texto	Hipótesis de trabajo n.

Ejemplo:

BLOQUE 4: Hipótesis.

hypothesis(1): La decoración del techo se ha reconstruido a partir de fragmentos de estuco descubiertos durante la excavación arqueológica.

hypothesis(2): Se ha supuesto una estructura de vigas de madera dado que se han encontrado dos apoyos en la cabecera del edificio, su morfología corresponde al ejemplo cercano de ***.

hypothesis(3): Aunque no hay información al respecto, se ha considerado lógico suponer que existiría una zona porticada exterior según es habitual en este tipo de construcciones.

.....

Bloque 5: Leyenda (Opcional)

En este bloque se describirá el significado de las diferentes clases que aparecen en el modelo. Se puede utilizar también para definir las características principales de cada una de estas clases. Se considera opcional ya que no todos los modelos disponen de elementos de diferentes características.

Nombre	Formato	Explicación
legend(1)	Texto	Clase 1.
legend(2)	Texto	Clase 2.
legend(3)	Texto	Clase 3.
...	Texto	...
legend(n)	Texto	Clase n.

Ejemplo:

BLOQUE 5: Leyenda.

legend(1): Elementos con textura fotográfica: geometría medida por métodos topográficos (precisión 2 cm) y textura obtenida por rectificación (precisión 10 cm).

legend(2): Azul: geometría definida por métodos topográficos pero sin textura fotográfica disponible.

legend(3): Rojo: geometría completada de la que sólo se dispone de datos aislados, sin textura fotográfica.

legend(4): Otros: geometría del entorno medida por topografía y sin textura fotográfica.

Bloque N: Parámetros adicionales (Opcional)

Finalmente se permite la definición de otros datos que se consideren de interés pero que no hayan quedado reflejados en los bloques anteriores, para ello se utilizarán parejas de metadatos en la que se indica la descripción del metadato y su valor.

Nombre	Formato	Explicación
add_par_definition(1)	Texto	Definición del primer parámetro adicional.
add_par_value(1)	Texto	Valor del primer parámetro adicional.
add_par_definition(2)	Texto	Definición del segundo parámetro adicional.
add_par_value(2)	Texto	Valor del segundo parámetro adicional.
...	Texto	...
add_par_definition(n)	Texto	Definición del enésimo parámetro adicional.
add_par_value(n)	Texto	Valor del enésimo parámetro adicional.

Ejemplo:

BLOQUE N: Parámetros adicionales.

add_par_definition(1): Método utilizado para la rectificación fotográfica.

add_par_value(1): Programa de Autocalibración del LDGP.

add_par_definition(2): Finalidad del trabajo.

add_par_value(2): Documentación previa al trabajo de restauración.

A partir de estos parámetros adicionales se irán generando en el futuro nuevos bloques temáticos.

ANEXO III: Contenido del CD

- Modelo geométrico: se presenta en los formatos DWG y DXF.
- Modelo virtual: se presenta en formato 3D Studio.
- Modelo de fuentes: se presenta tanto en el formato DWG como en el DXF.
- Presentación multimedia.
- Memoria.
- Carpeta “Útil”. Contiene dos ficheros de texto explicativos sobre los formatos DXF y VRML.

ANEXO IV: Índice de planos

01. Sección A-A'

02. Sección B-B'

03. Sección C-C'

04. Sección D-D'

05. Sección E-E'

06. Planta semisótano

07. Planta baja

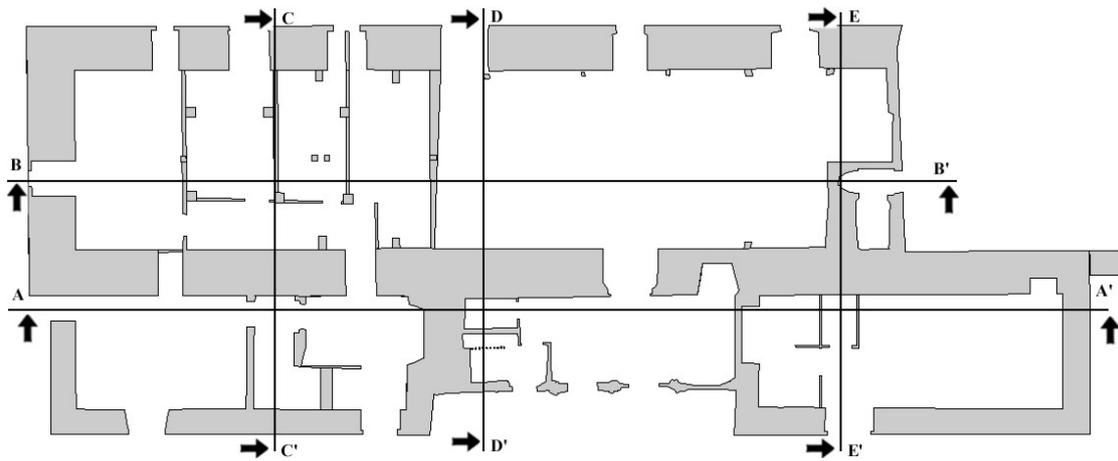
08. Planta entreplanta

09. Planta primera

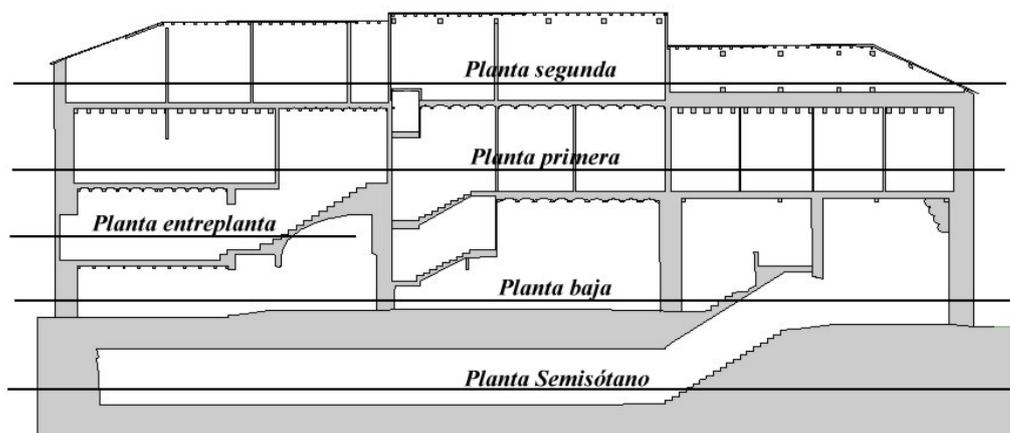
10. Planta segunda

11. Vistas modelo de fuentes

Secciones:



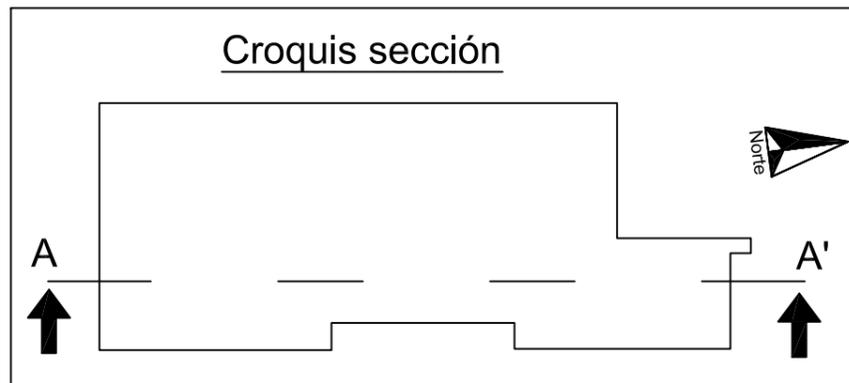
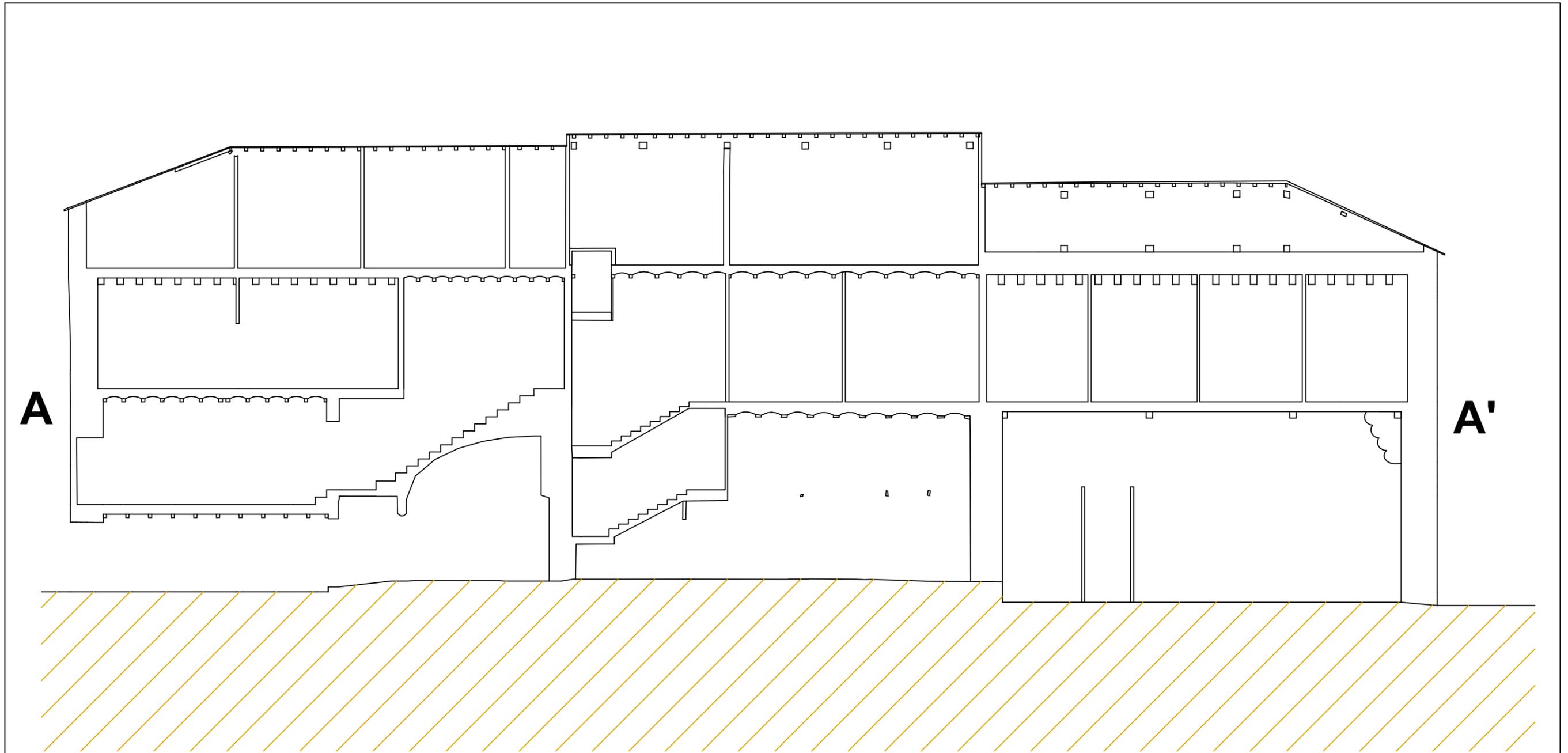
Plantas:



Capas del modelo geométrico:

- “AltilloB”: altillo de madera localizado en la planta baja.
- Las dos capas de “barandilla” contienen la barandilla de la escalera B, tanto la perteneciente al tramo de la planta baja como a la de la primera.
- Las capas “bóvedas” contienen las bóvedas del semisótano.
- “Camino trasero”: contiene el camino de la parte posterior del edificio.
- “Canecillos”: contiene la totalidad de los canecillos del alero.
- “Carretera trasera”: carretera que discurre por la parte trasera del palacio
- Las capa de la serie “CubArt” contienen las vigas de los artesonados según la planta a la que pertenecen.
- “CubiBalcón”: contiene el balcón de la fachada principal.
- Las capas de la serie “Cubierta” contienen las cubiertas según su orientación.
- Las capas de la serie “CubiEsc” contienen las escaleras A y B.
- Las capas de la serie “Cub Tech” contienen los forjados según la planta a la que pertenezcan.
- “Edificio anejo”: contiene el edificio adosado a la fachada sur del Palacio.
- “Elementos”: contiene elementos menores repartidos por el edificio.
- “Entrada semisótano”: contiene la parte del interior del edificio correspondiente a la entrada del semisótano.
- La serie “Fachada” contiene las diferentes fachadas según su orientación y pisos.
- “Hierba plaza trasera”: contiene la parte de jardín situada en la parte posterior del Palacio.
- “Madera”: contiene los elementos de madera de la planta baja
- La serie “muro superior” contiene la parte del muro superior según su planta.
- La serie “Pared” y “Piedra” contienen los muros y paredes que conforman el interior del edificio según su ubicación por planta.
- “Plaza” contiene la plaza principal .

- La serie “Pórtico” corresponde a la logia y pórtico de la fachada principal según su planta.
- La serie “Suelo” contiene el suelo de las habitaciones según su planta.
- “Talud trasero” y “Terreno norte” corresponden a sendos terrenos situados en los alrededores del Palacio.

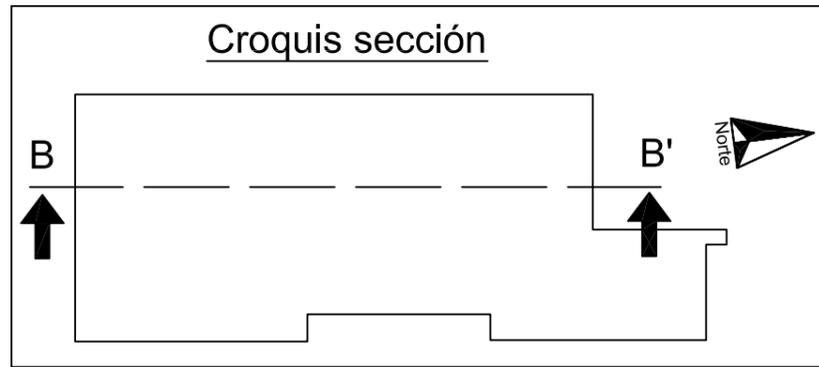
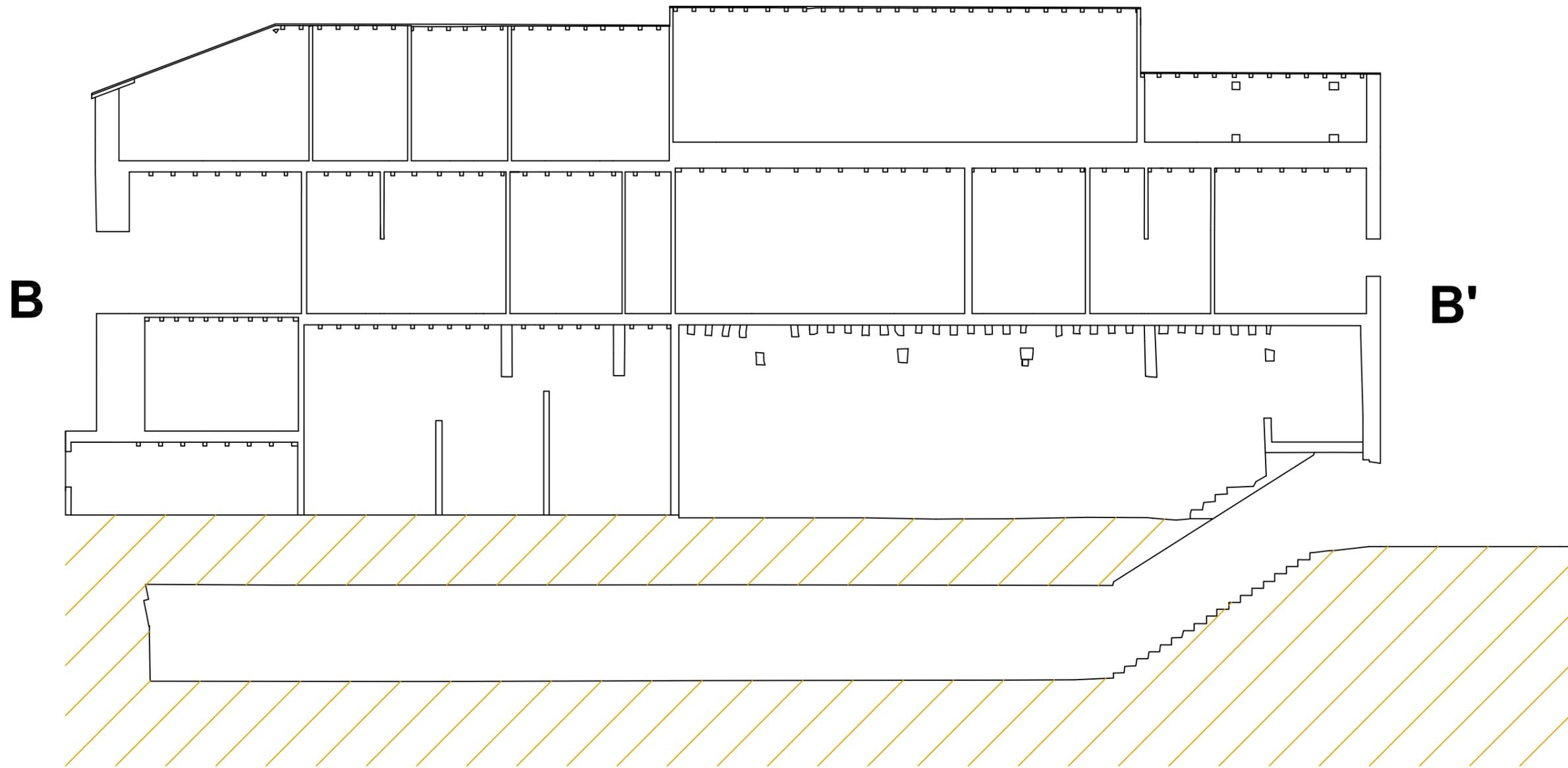


Leyenda

 Suelo

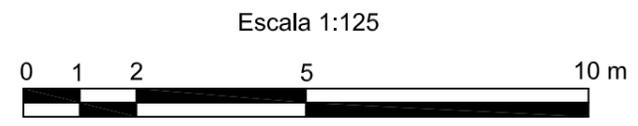


 LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO. Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU		
Proyecto: Interpretación de información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables (Casalarreina, La Rioja).	Nombre del plano: Sección A-A'	Nº del plano: 01 Fecha: Junio de 2007

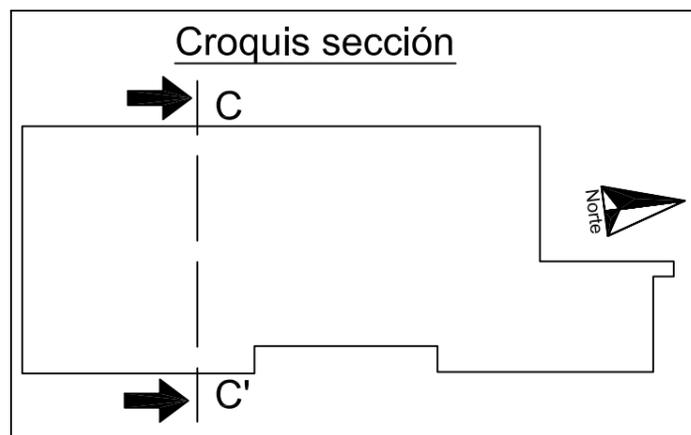
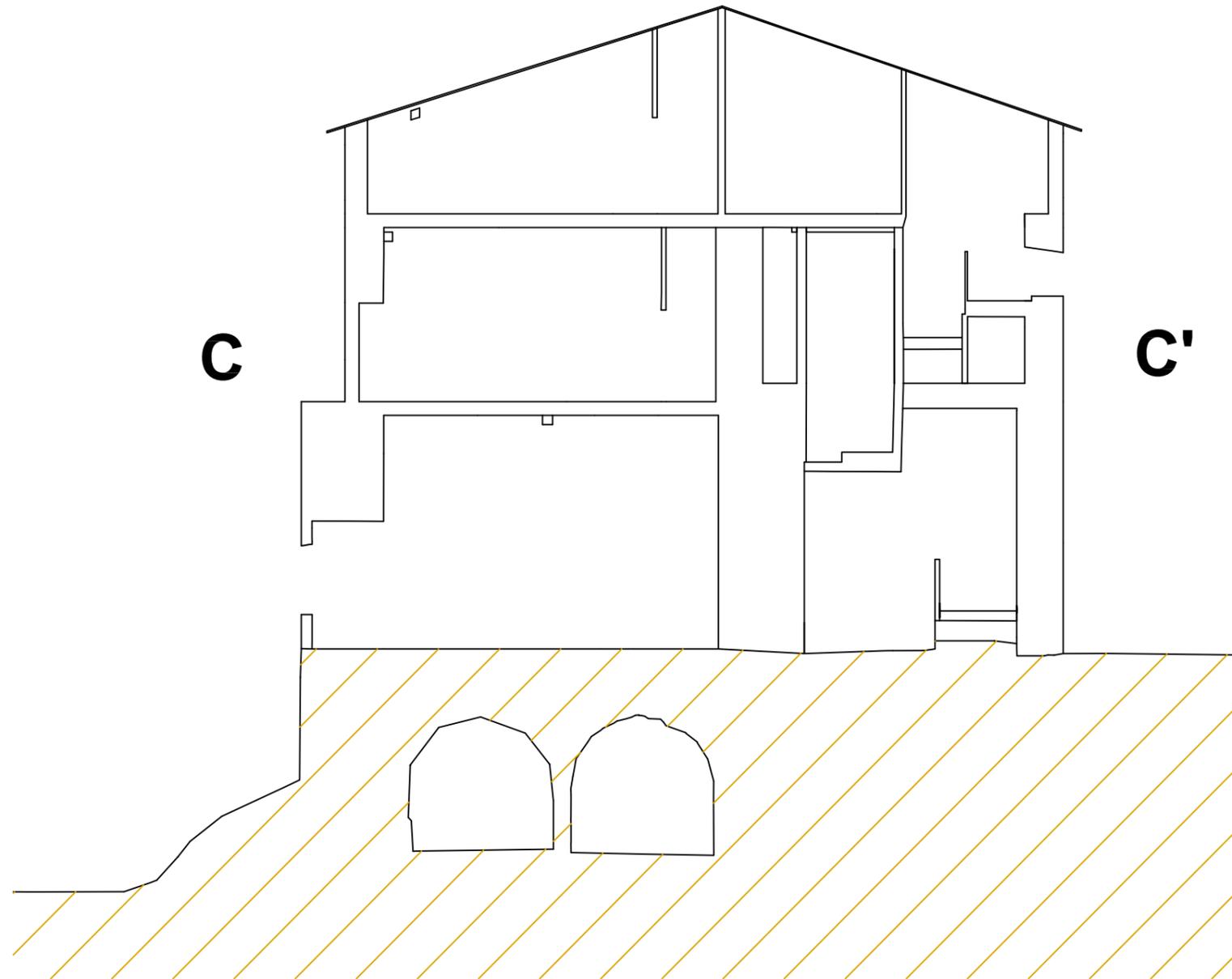


Leyenda

 Suelo

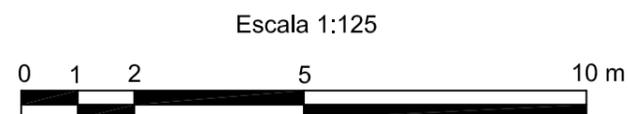


	LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO. Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU	
	Proyecto: Interpretación de información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables (Casalarreina, La Rioja).	Nombre del plano: Sección B-B'



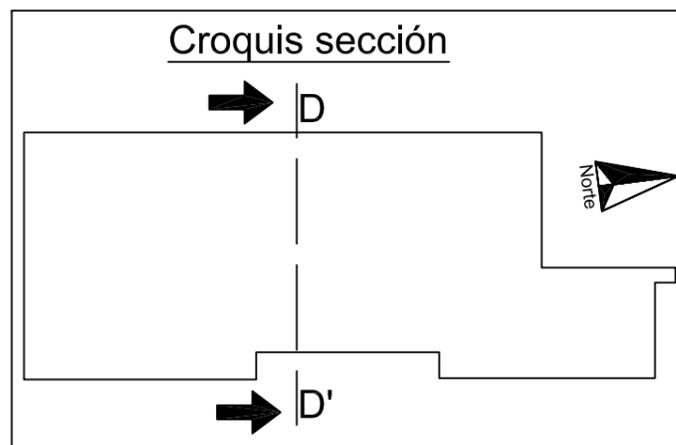
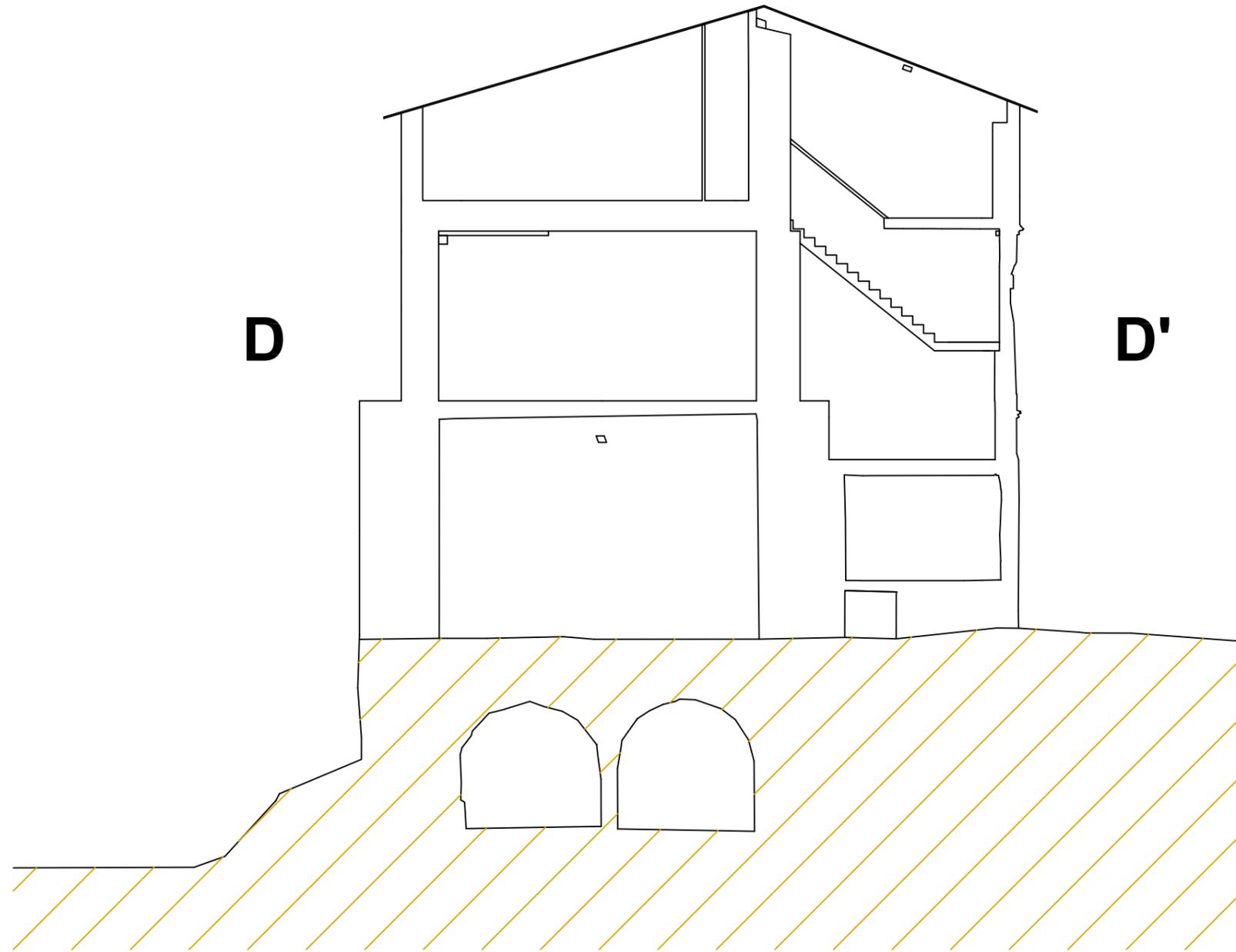
Leyenda

 Suelo



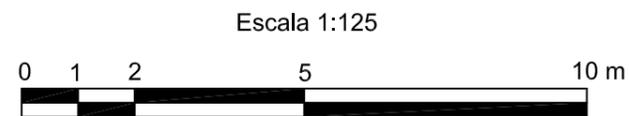
LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
 Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU

Proyecto: Interpretación de Información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables (Casalarreina, La Rioja).	Nombre del plano: Sección C-C'	Nº del plano: 03 Fecha: Junio de 2007
---	-----------------------------------	--

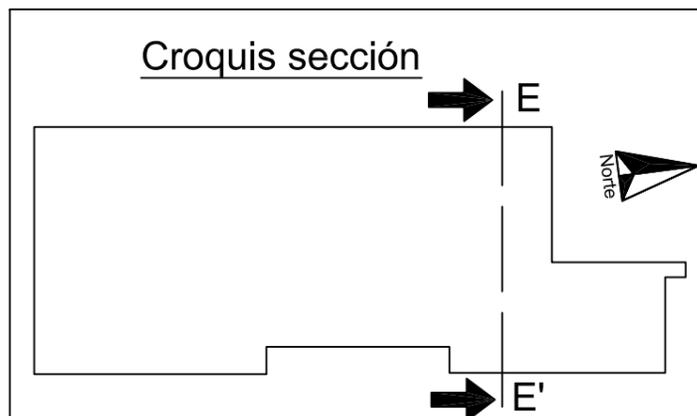


Leyenda

 Suelo

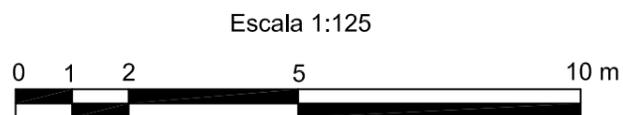


	LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO. Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU	
	Proyecto: Interpretación de información geométrica procedente de diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de los Condestables (Casalarreina, La Rioja).	Nombre del plano: Sección D-D'



Leyenda

Suelo



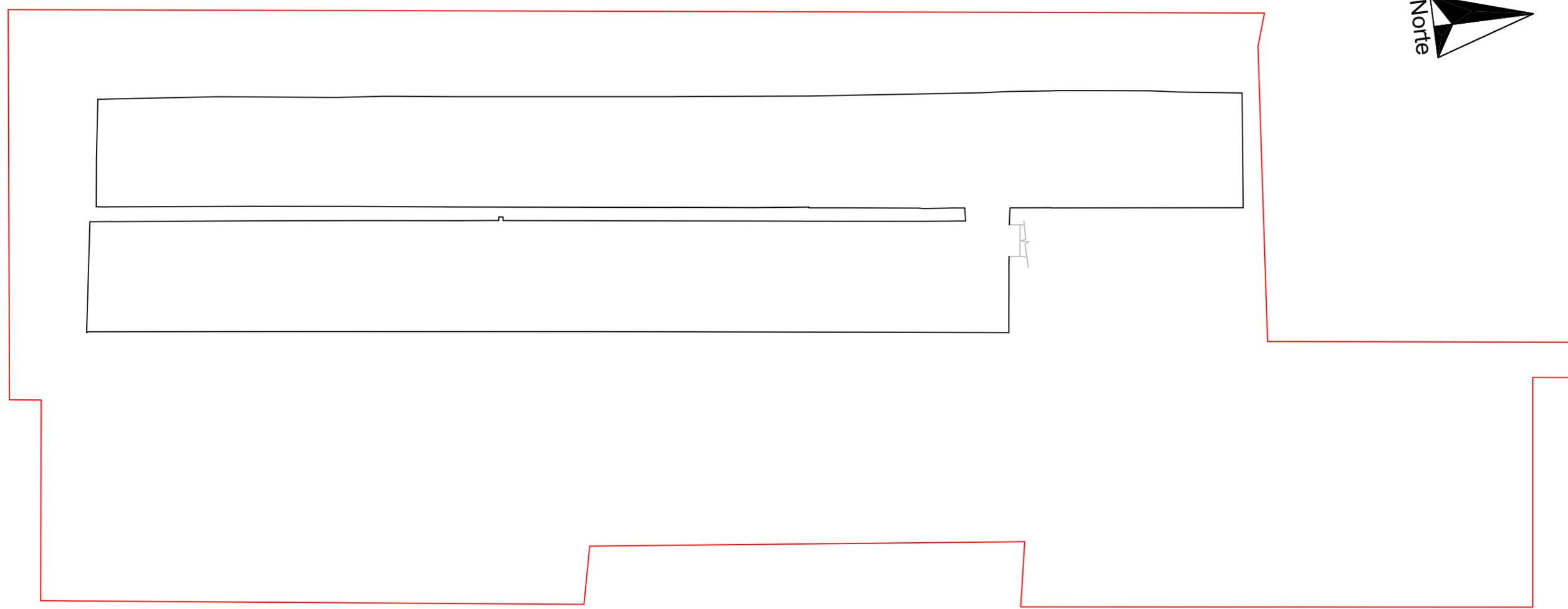
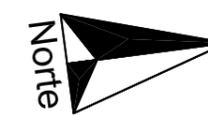
LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
 Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU

Proyecto:
 Interpretación de información geométrica procedente de
 diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de
 los Condestables (Casalarreina, La Rioja).

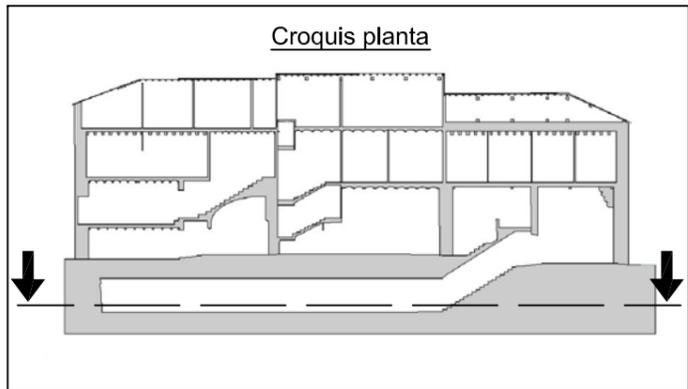
Nombre del plano:
 Sección E-E'

Nº del plano: 05

Fecha: Junio de
 2007



Croquis planta



Leyenda

- Muros
- Escaleras
- Contorno del edificio

Escala 1:125

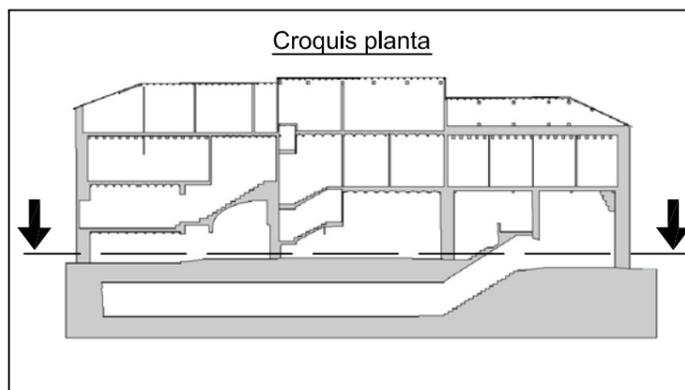
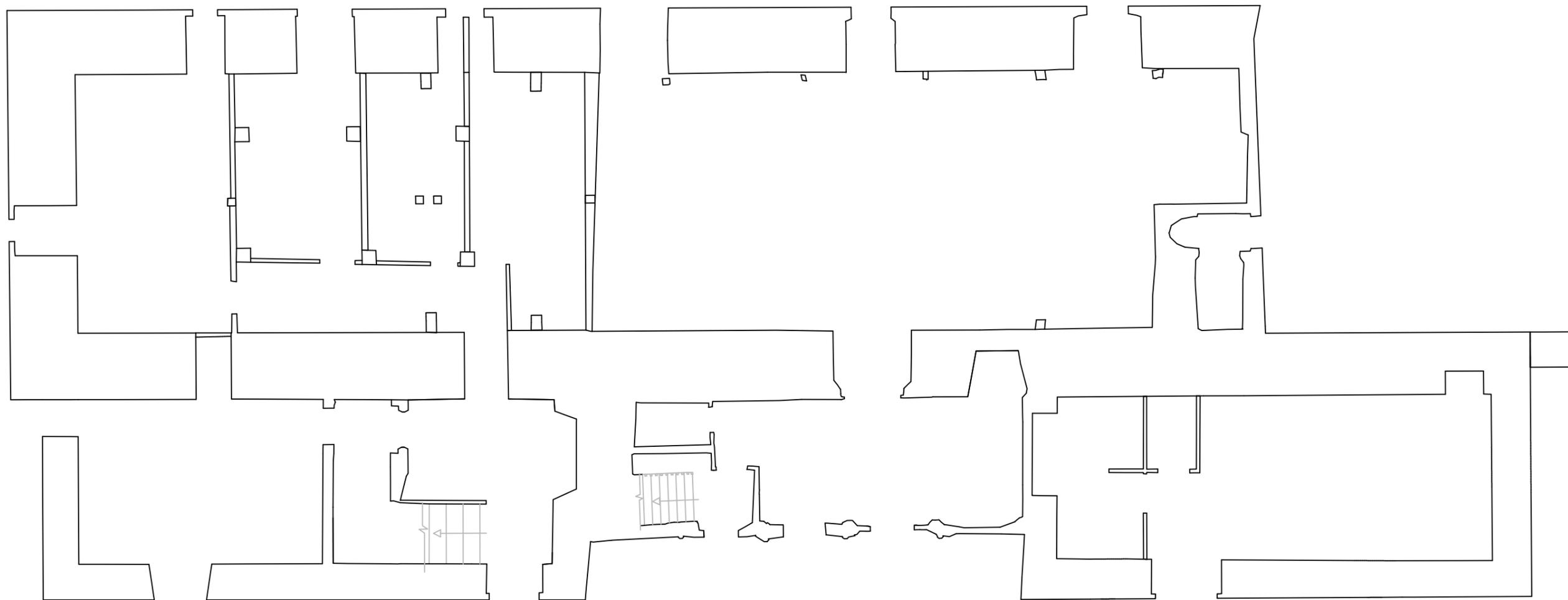


LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU

Proyecto:
Interpretación de información geométrica procedente de
diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de
los Condestables (Casalarreina, La Rioja).

Nombre del plano:
Planta semisótano

Nº del plano: 06
Fecha: Junio de
2007



Leyenda

—	Muros
—	Escaleras

Escala 1:125



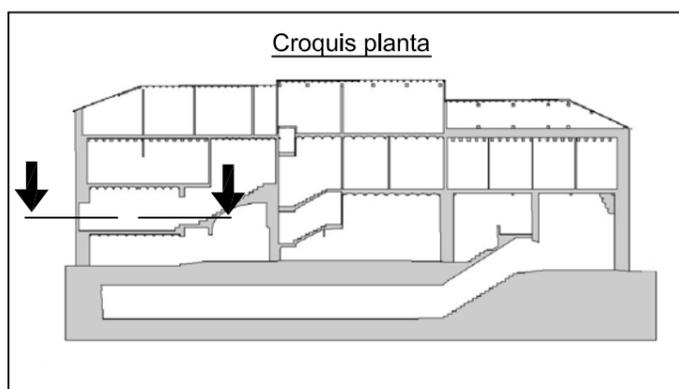
LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura. UPV-EHU

Proyecto:
Interpretación de información geométrica procedente de
diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de
los Condestables (Casalarreina, La Rioja).

Nombre del plano:
Planta Planta Baja

Nº del plano: 07

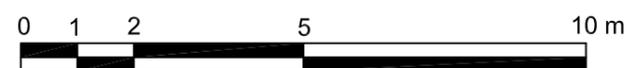
Fecha: Junio de
2007



Leyenda

—	Muros
—	Escaleras

Escala 1:125



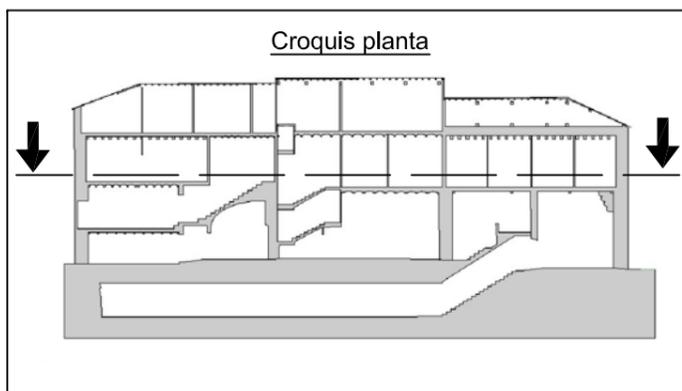
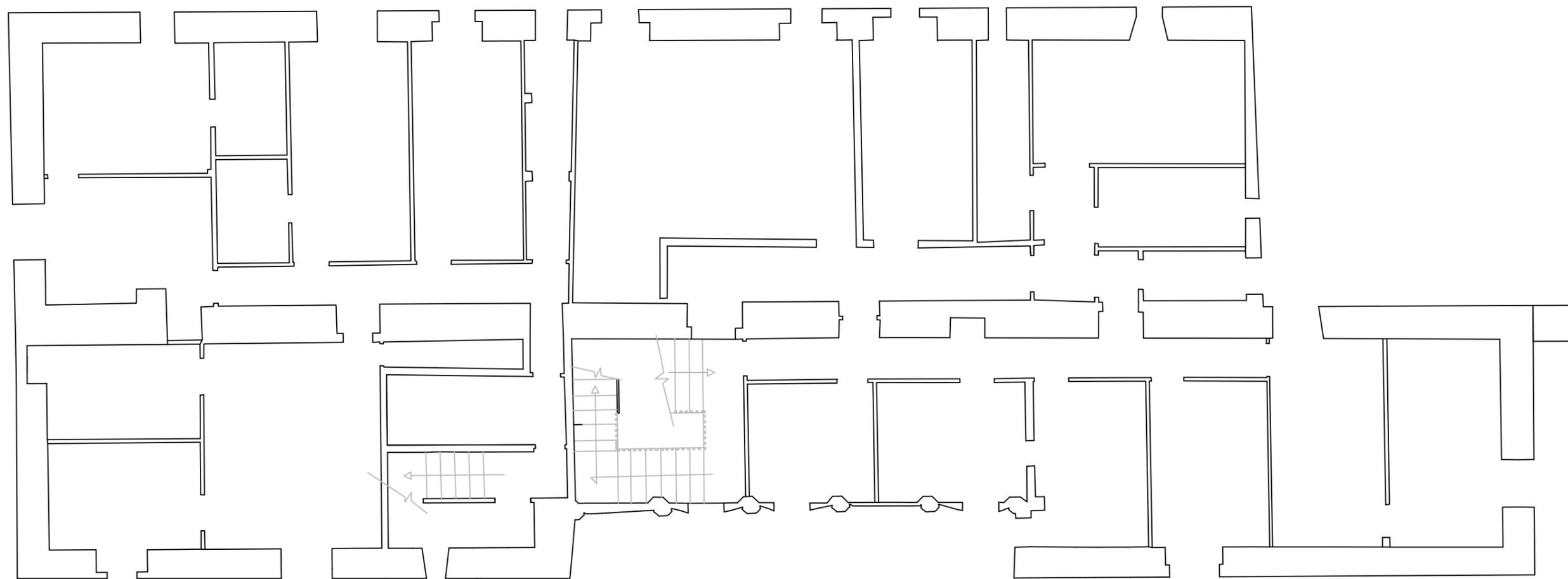
LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura.UPV-EHU

Proyecto:
Interpretación de información geométrica procedente de
diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de
los Condestables (Casalarreina, La Rioja).

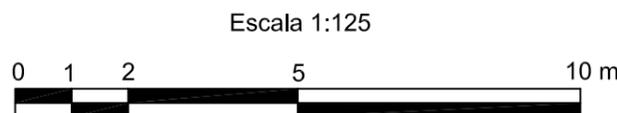
Nombre del plano:
Planta Entreplanta

Nº del plano: 08

Fecha: Junio de
2007



Leyenda	
	Muros
	Escaleras

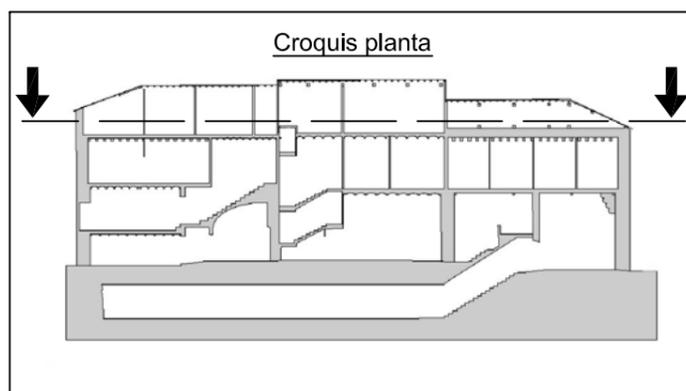
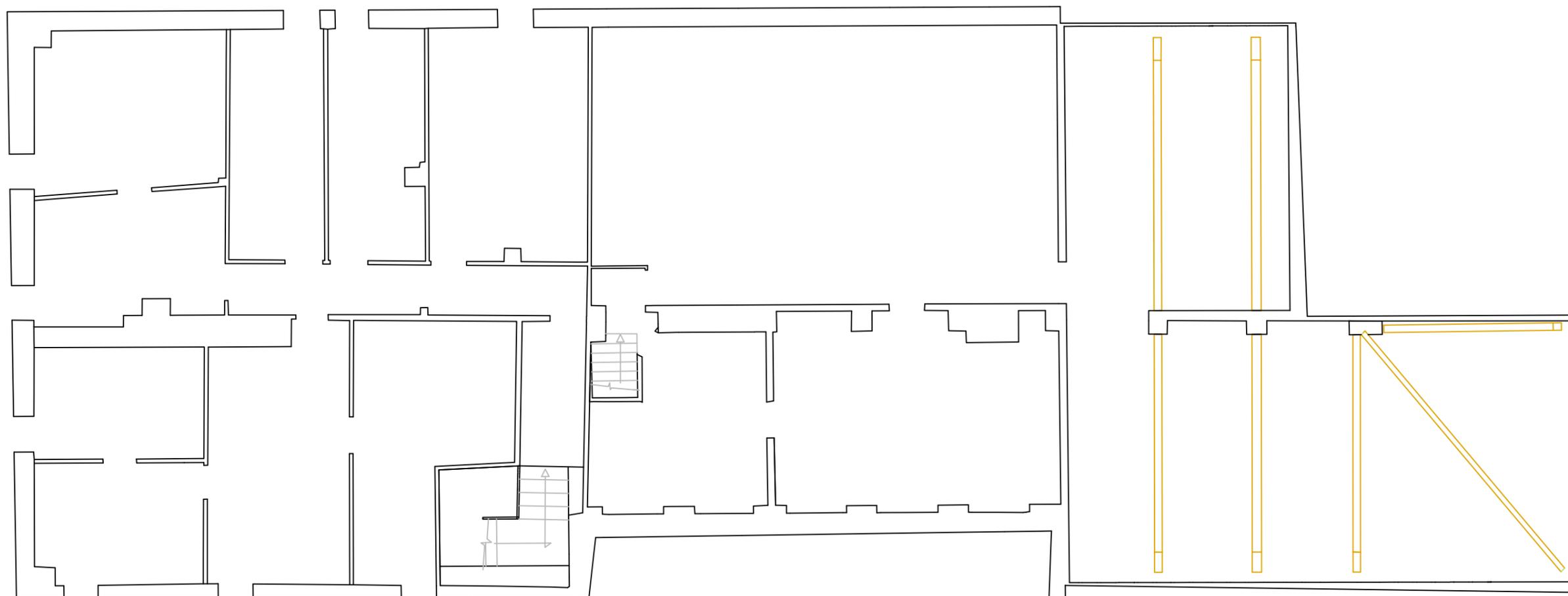


LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura. UPV-EHU

Proyecto:
Interpretación de información geométrica procedente de
diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de
los Condestables (Casalarreina, La Rioja).

Nombre del plano:
Planta Primera

Nº del plano: 09
Fecha: Junio de
2007



Leyenda	
	Muros
	Escaleras
	Vigas

Escala 1:125



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO.
Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura. UPV-EHU

Proyecto:
Interpretación de información geométrica procedente de
diversas fuentes para la reconstrucción virtual del Palacio de
los Condestables (Casalarreina, La Rioja).

Nombre del plano:
Planta Segunda

Nº del plano: 10

Fecha: Junio de
2007



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV-EHU)



UPV EHU

Aulario de las Nieves, edificio de Institutos Universitarios
C/ Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).
Tfno: +34 945 013222 / 013264
e-mail: ldgp@ehu.es web: <http://www.ldgp.es>
