

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

María Dolores Vico López

**LA “RESTAURACIÓN VIRTUAL” SEGUN LA
INTERPRETACIÓN ARQUITECTÓNICO-CONSTRUCTIVA.
METODOLOGIA Y APLICACIÓN AL CASO DE LA VILLA DE LIVIA**

UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA
DPTO. DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS I
PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN, RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN ARQUITECTÓNICA

TESIS DOCTORAL INTERNACIONAL

Director:

Dr. José Luis Gonzalez Moreno Navarro

FEBRERO 2012

INDICE GENERAL

PARTE I. ORIGEN, OBJETIVO, JUSTIFICACIÓN, ESTADO DE LA CUESTIÓN

Y METODOLOGÍA.

1. ORIGEN
2. OBJETIVO
3. JUSTIFICACION
4. INTRODUCCION A LA RECONSTRUCCION VIRTUAL: CONSIDERACIONES PREVIAS AL ESTADO DE LA CUESTION.
 - 4.1. La realidad virtual y el mundo de la infografía.
 - 4.2. La representación de la realidad a través del modelo tridimensional
 - 4.3. La restauración virtual
 - 4.4. La realidad virtual y la normativa de restauración
 - 4.4.1. La necesidad de un código deontológico
 - 4.4.2. Breves apuntes históricos sobre la normativa y la situación de la Restauración.
 - 4.4.3. Modelo digital versus arquitectura.
 - 4.5. EL OBJETO VIRTUAL.
5. ESTADO DE LA CUESTION
 - 5.1. Realidad virtual: antecedentes y estado de la cuestión de las reconstrucciones virtuales de arquitectura romana publicadas.
 - 5.1.1. Maquetas divulgadas en publicaciones especializadas con soporte digital o de papel
 - 5.1.2. Maquetas divulgadas en internet
 - 5.1.3. Maquetas físicas y dibujos
 - 5.2. Reconstrucciones virtuales de arquitectura romana publicadas en diferentes formatos
 - 5.2.1. Maquetas divulgadas en publicaciones especializadas con soporte digital o de papel
 - 5.2.2. Maquetas publicadas en internet
 - 5.2.3. Maquetas físicas y dibujos
 - 5.3. Trabajos propios : reconstrucción virtual del ninfeo de egeria (parque de la caffarella, roma).
 - 5.3.1. Tipologías de cubiertas más frecuentes
 - 5.3.1.1. Bóveda de cañón
 - 5.3.1.2. Cubierta de cerchas de madera
 - 5.3.1.3. Bóveda central de arista y bóvedas laterales de cañón
 - 5.3.1.4. Bóveda central de arista y cubiertas laterales de madera
 - 5.3.1.5. Bóveda central y laterales de cañón
 - 5.3.2. Hipotesis de cubiertas
 - 5.3.2.1. Atrio con cuatro columnas centrales
 - 5.3.2.1.1. Bóveda central de arista con bóvedas de cañón laterales
 - 5.3.2.1.2. Bóveda central de arista con cubiertas laterales de madera
 - 5.3.2.1.3. Cercha central de arista con cuchillos laterales
 - 5.3.2.1.4. Bóveda central y laterales de cañón
 - 5.3.3. Atrio sin las cuatro columnas centrales
 - 5.3.3.1. Bóveda de arista
 - 5.3.3.2. Bóveda de cañón

- 5.3.3.3. Bóveda esquifada
- 5.3.3.4. Cercha de madera
- 5.3.4. Atrio sin cubierta:
- 5.3.5. Conclusion
- 5.4. Centros de realidad virtual:
- 5.5. Experiencias de reconstrucción virtual de patrimonio cultural
- 5.6. Los modelos digitales tridimensionales aplicados a la representación arquitectónica del patrimonio.
 - 5.6.1. El modelo geométrico
 - 5.6.2. El modelo numérico
 - 5.6.3. El modelo escaner laser
 - 5.6.4. El modelo fotográfico
- 6. METODOLOGIA.
 - 6.1. Metodología específica para la realización de maquetas 3D y del terreno: fases: 1º fase, 2º fase, 3º fase.
 - 6.2. Métodos aplicados a las maquetas 3D para el análisis del comportamiento estructural.
 - 6.3. Niveles generadores de las maquetas 3D.
 - 6.4. La transparencia de datos.
- 7. IDENTIFICACION DEL CASO DE ESTUDIO. PARALELISMOS ARQUITECTONICOS Y CONSTRUCTIVOS DE LA VILLA DE LIVIA.
 - 7.1. Casos estudiados.
 - 7.2. . Breve descripción de los edificios mas significativos de pertenencia imperial analizados por sus paralelismos con el caso de estudio.
 - Villa de la Farnesina
 - Auditorium de Mecenate
 - Portico de Livia
 - Domus Augustana
 - Casa de Livia
 - Casa de Augusto
 - Domus Tiberiana
 - Villa de Poppea
 - Palacio de Domiziano
 - Villa Adriana
 - Villa de Quintilli
 - Villa de Tor de Schiavi
 - Villa de Massenzio.
 - 7.2.1. Otros edificios.

PARTE II EL ESTUDIO DE LA VILLA DE LIVIA DE PRIMA PORTA, ROMA.

1. LA VILLA DE LIVIA.
 - 1.1 Introducción, apuntes históricos de la villa de Livia
 - 1.2 Descripción general
 - 1.3 el arte en época de agosto
 - 1.4 la arquitectura en época augustea
 - 1.5 El estudio de las proporciones y la unidad de medida en la arquitectura romana
 - 1.6 De las proporciones en la arquitectura romana a una propuesta de reconstrucción de la villa de Livia.
 - 1.6.1. Los márgenes de la variabilidad del orden corintio
 - 1.7 Descripción detallada de la villa
 - Ambientes subterráneos 1-2
 - ambientes en torno a la sala subterránea: sala 3, vestibulo 4, salas 5, 6, 7, 8, 9, 9a, pasillo 10, habitación 11, pasillo 12 y 15, entrada 12a y pasillo 13, ambientes subterráneos y de servicio 14-20, ambiente 18-19, 20.
 - Atrio 22 y sala 23.
 - Sector termal: Pasillo 24, Ambiente 25, Patio de servicio 63-64, Frigidarium 26, Ambiente 27, Ambiente 28, Calidarium 29.
 - Ambientes colindantes al pórtico rústico 43 y al pórtico en U: ambientes 31-36, 38, 39, zona 59-60-61-62, ambiente 40, ambiente 41-42, portico 43 o atrio rústico, pasillo 44, habitación 45, vestibulo 46, entrada 47, ambiente 49, cubicolo 50, exedra 51, cubicolo 52, pasillo 53.
 - Ambientes alrededor del atrio 22 (Natatio): ambiente 54-55, 56, 57, triclinio 58 y 58b, jardín L.,
 -
2. LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PRESENTES DE LA VILLA DE LIVIA
 - 2.1 Las técnicas murarias:
 - Opus caementicium
 - Opus incertum
 - Opus reticulatum
 - Opus testaceum u opera laterizia
 - Opus mixtum
 - Opus vittatum
 - 2.2 Pavimentos
 - Opus signinum y cocchiopesto
 - Opus spicatum
 - Opus sectile
 - Opus musivum
 - 2.3 Decoración pictórica parietal
3. LA ESTRUCTURA DE LA VILLA
 - 3.1. Fases arquitectónicas y apuntes sobre la transformación morfológica en el tiempo del edificio.
4. EL PAISAJE COMO CONTEXTO DE LAS RECONSTRUCCIONES VIRTUALES: EL PAISAJE ARQUEOLÓGICO Y EL PAISAJE ANTIGUO
 - 4.1. El paisaje arqueológico

PARTE III.**HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA.**

1. HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA DE LA VILLA DE LIVIA EN ÉPOCA AUGUSTEA: REFLEXIONES DEL PROCESO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS GRÁFICO.
 - 1.1. Punto de partida del proceso y consideraciones previas
 - 1.2. Tipos de vision: niveles de detalle (LODS)
 - 1.3. La hipótesis reconstructiva de la fase augustea de la Villa
 - 1.4. El analisis constructivo y estático
 - 1.5. Los huecos
 - 1.6. El aparato decorativo
 - 1.6.1. El color
 - 1.6.2. Las paredes.
 - 1.6.3. F aldos techos
2. LAS BIBLIOTECAS DE MODELOS ARQUITECTONICOS Y TEXTURAS
3. LA HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA DE LA VILLA DE LIVIA EN ÉPOCA AUGUSTEA:
 - 3.1. EL PERISTILIO (22)
 - 3.1.1. Comprobación del equilibrio de las cerchas propuestas para el sector occidental de la Villa
 - 3.1.2. Comprobación de hipótesis de forjado para el sector occidental de la Villa de Livia
 - 3.2. LOS JARDINES
 - 3.2.1. El jardín republicano
 - 3.2.2. El jardín imperial
 - 3.3. LA ZONA DEL PÓRTICO RUSTICO (43) Y DEL JARDÍN REPUBLICANO
 - 3.3.1. Triclinio (vano 58)
 - 3.3.2. Atrio (vano 43)
 - 3.3.3. Sala (vano 56)
 - 3.3.4. Pasillo (44)
 - 3.3.5. Cubicolo (50)
 - 3.3.6. Tablino o exedra (vano 51)
 - 3.3.7. Cubicolo (52)
 - 3.4. LA ZONA TERMAL
 - 3.4.1. Ambiente 23
 - 3.5. . ESPACIOS CUBIERTOS POR BOVEDAS: LAS SALAS TERMALES 25 Y 26, Y EL TRICLINIO SEMISUBTERRANEO
 - 3.5.1. Sala 25 (apodyterium)
 - 3.5.1.1. Opcion 1. Comprobación de hipótesis de bóveda de arista en la sala 25. Bóveda de aristas: forma de trabajo. Referencias. Análisis mediante la teoria del analisis limite.
 - 3.5.1.2. Opcion 2. Comprobación de la hipótesis de bóveda de cañón en la sala 25. Bóveda de cañón: forma de trabajo. Análisis estructural.
 - 3.5.2. Sala 26 (frigidarium severiano) Bóveda de cañón: análisis estructural
 - 3.5.3. Vano 27
 - 3.6. TRICLINIO SEMI-SUBTERRANEO (2)
 - 3.6.1. Comprobación de hipótesis de bóveda en la sala 2 de la Villa de Livia: análisis estructural. Estabilidad de la bóveda de cañón rebajada
 - 3.7. SECTOR OCCIDENTAL: SALA 3.
 - 3.7.1. Esquema para la comprobación del equilibrio de las cerchas propuestas para las sala 3
 - 3.7.2. Hipótesis de forjado para el sector occidental de la Villa de Livia: Zona 9-10-12
4. EL PAISAJE ANTIGUO DE LA VILLA DE LIVIA

PARTE IV.

CONCLUSIONES.

1. EL LEVANTAMIENTO 3D Y LA RECONSTRUCCIÓN DEL ESTADO ACTUAL COMO BASE PARA LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL.
 - 1.1.1. Dimensiones de la base de datos espaciales
 - 1.1.2. Sistemas diferentes de coordenadas y de la resolución de los datos
 - 1.1.3. Dimensiones de las maquetas 3D (geometría y texturas)
 - 1.1.4. C onstrucción de un único sistema de interacción valido para macro y micro contexto.
 - 1.1.5. El uso de programas webGIS 3D como contenedor de información
2. EL MÉTODO COMO CONCLUSIÓN
 - 2.1. Verificación del método: comprobación de la hipótesis reconstructiva
3. LA MAQUETA VIRTUAL DE LA VILLA DE LIVIA COMO EL RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO
4. PROPUESTAS
 - 4.1. La enseñanza en las aulas de la reconstrucción virtual del Patrimonio
 - 4.2. Los criterios internacionales para la gestión del Patrimonio digital
5. CONCLUSIONI IN ITALIANO
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
7. ÍNDICE DE FIGURAS
8. AGRADECIMIENTOS.

1. ORIGEN.

Esta tesis doctoral surgió cuando empecé a trabajar en el ámbito de la realidad virtual y observé que con mucha frecuencia se hacían reconstrucciones virtuales sin tener en cuenta la componente arquitectónica y constructiva en el proceso de interpretación de la arquitectura. Lógicamente, trabajando en Roma, la mayor parte de los casos que pude observar de manera directa eran episodios de arquitectura romana. Precisamente gracias a una serie de características que se expondrán a lo largo de esta tesis, para poder interpretar los restos de arquitectura romana, el aspecto constructivo es clave para poder realizar hipótesis reconstructivas, pero a menudo se prescinde de él.

El presente estudio se ha desarrollado en parte en el ámbito del trabajo que viene realizando el Laboratorio de Patrimonio Virtual del Instituto para las Tecnologías aplicadas a bienes Culturales, perteneciente al Consejo de Investigaciones Científicas italiano. A la labor de este grupo se debe la casi totalidad de la documentación empleada en el presente estudio, realizada a lo largo de casi diez años de actividad. Por tanto, este trabajo, dentro de su campo específico de aplicación, enfoque de estudio y de la documentación producida, no deja de ser una pequeña aportación a un mayor y mejor conocimiento del patrimonio arquitectónico.

Mi interés por la infografía surgió con la necesidad de utilizarla como instrumento para comprobar teorías acerca de hipótesis reconstructivas mientras hacía un estudio de una sala de la Alhambra (el Mexuar) que era especialmente compleja por la cantidad de cambios y restauraciones que había sufrido (Figura 1, Figura 2), y al trasladar al espacio tridimensional estas hipótesis de trabajo, aparecieron además toda una serie de cuestiones nuevas que no había considerado hasta que no tuve que “construir” es decir, ordenar y enlazar, la maqueta. La solución a estos problemas pasaba por mis conocimientos de construcción antigua, y por una serie de soluciones técnicas que garantizaran la correcta interpretación de la arquitectura.

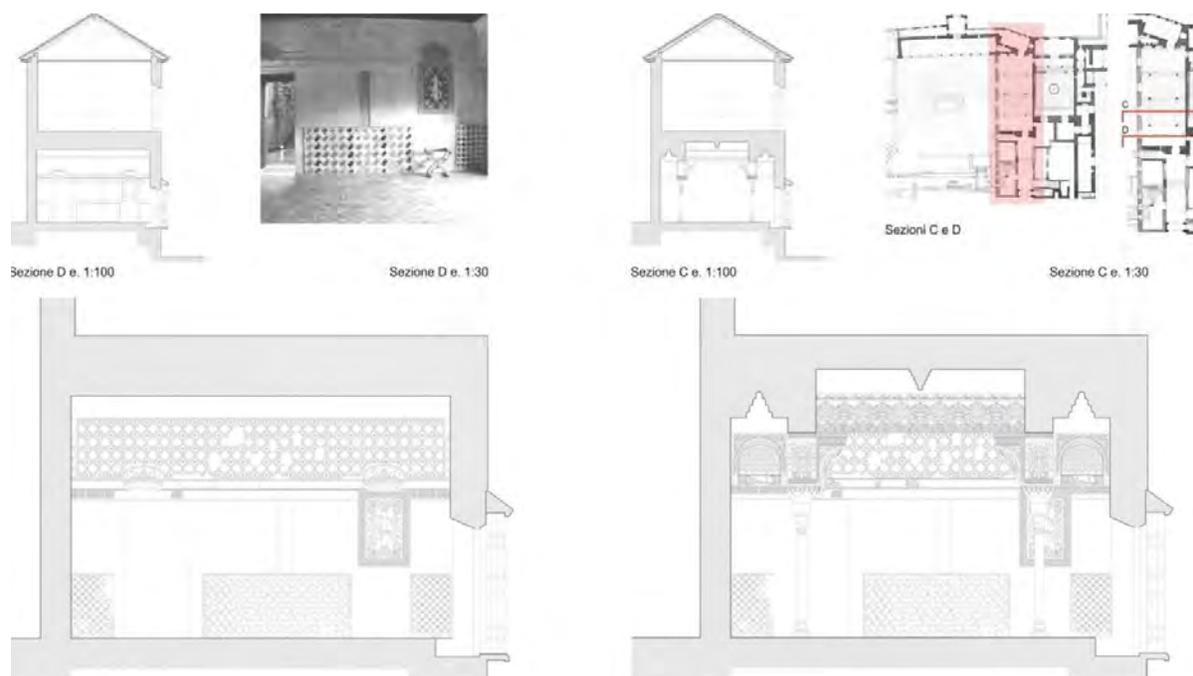


Figura 1. Estado actual de la sala del Mexuar (Alhambra, Granada).



Figura 2. Hipótesis reconstructiva de la sala del Mexuar en 1362.



Figura 3. Comparación entre el estado actual y la hipótesis reconstructiva virtual de la sala del Mexuar.

Más tarde, en Roma, empecé a trabajar en el Instituto para las tecnologías aplicadas a Bienes Culturales – ITABC- (Consejo Nacional de Investigación- CNR-) especializándome en arquitectura romana, y pude constatar que ésta tiene unas características que permiten su estudio e interpretación asegurando un rigor científico en la reconstrucción virtual. La realización de una maqueta virtual implica la construcción del modelo en cada una de sus partes, donde además de representar una geometría coherente desde un punto de vista formal y estético se deben de tener en cuenta los aspectos constructivos que condicionan las formas. Los conocimientos de arquitectura resultan fundamentales en todos los aspectos de la reconstrucción, como por ejemplo la resolución de las cubiertas, las dimensiones de los distintos elementos constructivos, el sistema de evacuación del agua, etc.

Durante el proyecto del Museo Virtual de la Vía Flaminia, en el que he trabajé entre los años 2005 y 2008, tuve ocasión de poner en práctica mis conocimientos de arquitectura para resolver los problemas que se fueron planteando durante la realización de la reconstrucción virtual de la Villa de Livia en Prima Porta (Roma), uno de los conjuntos arquitectónicos más importantes que afrontaba este proyecto. Durante este periodo se fue fraguando la idea de esta tesis doctoral.

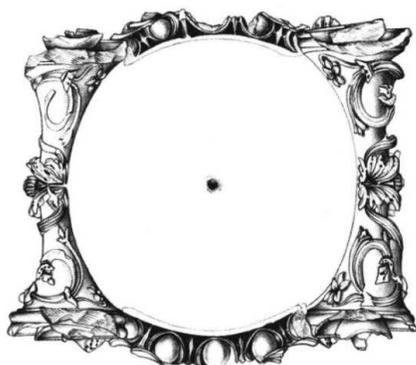
- **Algunas consideraciones previas.**

Para agilizar el trabajo del grupo de personas que colaborábamos en el proyecto referido en el párrafo anterior, empecé a hacer una especie de prontuario simplificado donde se recogían unos pocos elementos constructivos y algunas reglas, como los órdenes arquitectónicos y sus proporciones más comunes en época augustea, los tipos de cubiertas y de tejas más usadas o los revestimientos más frecuentes. Esta librería de elementos arquitectónicos y materiales ha ido creciendo en el tiempo a medida que han ido apareciendo nuevas cuestiones por resolver y se han afrontado otros proyectos. Este catálogo de elementos tiene dos vertientes: la realización de objetos 3d y la recopilación y organización de datos. La vertiente tridimensional tiene un enfoque puramente práctico, pero aunque esta herramienta ha resultado ser de gran utilidad, también ha evidenciado un problema importante, la tendencia que existe a reutilizar elementos arquitectónicos descontextualizados por parte de los modeladores, y transformados arbitrariamente para adaptarlos a las necesidades formales y espaciales, dando lugar a organismos carentes de significado arquitectónico. Sin embargo la segunda vertiente, la construcción de una base de datos de arquitectura y arqueología, me ha permitido confrontar las diferentes hipótesis de trabajo de forma eficaz. Además se han realizado modelos tipológicos de elementos de arquitectura romana, creando una biblioteca de elementos en dos y tres dimensiones con diferentes niveles de precisión según las necesidades, tanto de estudio previo como de posterior divulgación de los resultados.

Otra cuestión que se ha revelado importante ha sido el empleo de una terminología precisa, ya que con frecuencia he encontrado muchas imprecisiones terminológicas en la distinta documentación que he utilizado. En el ámbito de la catalogación de restos arqueológicos hay un manual muy interesante editado por la Regione Lazio (Figura 4) que recoge las voces relativas a elementos arquitectónicos y de revestimiento, pero este opúsculo está orientado

fundamentalmente a los arqueólogos, y no recoge aspectos constructivos ni dimensionales que desde mi punto de vista completarían muy bien este manual¹.

ARCATA ARCHEOLOGIA E CATALOGAZIONE 1.
 PROPOSTE DI TERMINOLOGIA PER LA CATALOGAZIONE
 DEI REPERTI ARCHEOLOGICI MOBILI DEL LAZIO
 ELEMENTI ARCHITETTONICI E DI RIVESTIMENTO
 VOCE "DEFINIZIONE DELL'OGGETTO"



a cura di: Francesca Boldrighini, Marilda De Nuccio, Maria Luisa Frandina, Riccardo Fusco,
 Marina Milella, Paola Pascucci, Stefania Perogola, Stefania Trevisan, Lucrezia Ungaro
 con la collaborazione di: Valeria Bartoloni

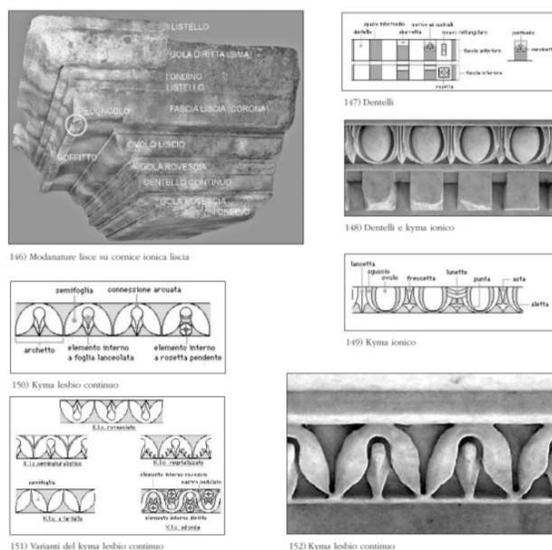


Figura 4. Portada y página del manual sobre catalogación de elementos arquitectónicos y de revestimiento.

¹ *Elementi architettonici e di rivestimento. Arcata, archeologia e catalogazione 1. Proposte di terminologia per la catalogazione dei reperti archeologici mobili del Lazio.* F. Boldrighini et al, Regione Lazio, 2007.

2. OBJETIVO

El proyecto de investigación que se presenta propone el desarrollo de una metodología que permita la realización de hipótesis reconstructivas mediante técnicas infográficas, prestando particular atención a la aportación de los conocimientos propios de la ciencia y la técnica de la construcción arquitectónica a la “restauración” virtual.

La validez de la metodología se probará mediante la realización de la reconstrucción virtual de la Villa de Livia, partiendo del estudio de los elementos y materiales arquitectónicos más frecuentes en la villa romana imperial sobre todo de los siglos I y II d.C. Se ha optado por elegir esta tipología arquitectónica, la Villa Imperial, que sintetiza lo más importante de la construcción romana, porque además es la primera Villa Imperial concebida como residencia de campo, cuya aparente sencillez esconde la concepción política y artística del primer Emperador Romano. Por último se trata de un material al que tengo fácil acceso, cosa que no ocurre con otros tipos arquitectónicos como es el caso de la Basílica o la Curia, por ejemplo.

En arquitectura romana, la reconstrucción virtual científica es factible gracias a la fuerte codificación del lenguaje y de los elementos arquitectónicos, con unos módulos y proporciones estables en las diferentes épocas, que determinan una estandarización en las formas. Este fenómeno lleva incluso a la creación de una producción industrial en época imperial en la que cada elemento se puede usar de forma repetitiva. Prueba de esto es el caso del pórtico del Panteón, en el que se sustituyó una columna en el siglo XVII que procedía de un antiguo almacén romano a orillas del río Tiber, y que tenía exactamente las mismas medidas (40 pies romanos). De hecho se sabe que otras tres columnas de las mismas dimensiones estaban disponibles cuando se decidió reemplazar las columnas que faltaban en el lado este del pronaos, y dos de ellas provenían de las ruinas de las termas de Severo Alessandro (Ward Perkins, 1976).

Es interesante poder también constatar la existencia de esta producción en serie gracias al estudio de los restos de los naufragios, como el de Mahdia (Figura 5), del siglo I a.C., en el que se encontraron una serie de materiales que se transportaban probablemente para la construcción y decoración de alguna villa romana, porque además de numerosas esculturas, mobiliario y objetos de arte, encontraron columnas, capiteles y fragmentos de mármol de distintos elementos arquitectónicos.



Figura 5. Salas con restos del naufragio de Mahdia en el museo del Bardo de Túnez Fotografía P. Radigue, wikipedia.

La modularidad de las estructuras que aconseja Vitrubio en el libro VI, cuando afirma que la mayor preocupación de un arquitecto tiene que ser la de respetar en la construcción de un edificio el módulo y las proporciones, confirma la importancia de estos “cánones”, y éstos, una vez identificados, constituyen la clave de lectura e interpretación de la arquitectura romana.

En la villa de Livia existe una parte residencial privada, una zona pública de representación, un sector residencial destinado a los huéspedes, una zona termal, un criptopórtico y una serie de jardines en torno a los cuales se articula parte de la casa. El estudio comprenderá el análisis de los sistemas constructivos presentes en la Villa, los elementos y materiales arquitectónicos que intervienen en este edificio, y que se encuentran también frecuentemente en las villas imperiales de los siglos I y II d.C., la relación entre los espacios verdes y la vivienda, y el sistema de abastecimiento de aguas y funcionamiento de las termas, que en este caso presentan una singularidad como es el sistema de la *piscina calida* que se encuentra en las termas suburbanas de Herculano. Los resultados de ésta investigación me permitirán plantear una propuesta razonada de hipótesis reconstructiva de la villa de Livia en Prima Porta, y demostrar la validez del método desarrollado.

Las villas Imperiales presentan una variante tipológica que es la de *villae maritimae*, que en este trabajo no se tratarán: esta categoría se excluye del estudio por entender que en estas residencias, el mar y el paisaje forman parte de la concepción arquitectónica, y estos elementos naturales son demasiado variables como para poder extraer conclusiones generales.

El estudio que abordaré en la Tesis Doctoral se apoya fundamentalmente en dos disciplinas tradicionalmente alejadas entre sí, pero cuyo connubio resulta muy interesante, como veremos más adelante. Por un lado, el campo de la Historia de la Arquitectura, concretamente la arquitectura y construcción romana, a través del análisis y estudio constructivo, y de las tipologías arquitectónicas de determinados casos de estudio. Para ello se pretende emplear un nuevo modo de aproximación a los diversos ejemplos a través de la percepción simulada del espacio reconstruido. Se intentará abordar su análisis mediante nuevas herramientas que permiten enfoques en algunos casos inéditos en lo que se refiere al estudio cualitativo del espacio y la arquitectura concebida entre los siglos I y II d.C. en Roma.

Por otro lado, el nuevo enfoque de estudio se apoya en una técnica –la infografía– cuyo campo de aplicación es relativamente reciente y del que en la actualidad existe un interesante debate en el ámbito de la Expresión Gráfica y la Arqueología en torno a la teoría, los criterios, los principios metodológicos y deontológicos que deben subyacer bajo una realización de este tipo, cuánto más por aplicarse a episodios de patrimonio arquitectónico de indudable interés. La necesidad y conveniencia de recurrir a este campo es fácilmente deducible al observar el estado de conservación en el que esta parte del legado romano ha llegado a nuestros días.

Analizando el estado de conservación de la mayoría de los casos que se analizan, constatamos que la infografía constituye la base técnica e instrumento indispensable para poder realizar este estudio, recreando el carácter espacial de estos episodios, y los conocimientos de construcción son fundamentales porque son el punto obligado de partida para poder realizar hipótesis científicamente válidas. De ahí que todo lo que concierne al criterio y la metodología del

uso de esta técnica como herramienta de análisis motive su consideración como segundo gran eje en torno al cual gira el presente trabajo.

Por tanto, los objetivos que se han marcado, además del desarrollo de la metodología, abarcan un panorama que, en el marco de la arquitectura romana, aborda el potencial de la interpretación arquitectónica constructiva en la realización de las reconstrucciones virtuales como herramienta de revalidación científica y de análisis perceptivo, enlazando con la conveniencia y necesidad de divulgar mediante este instrumento un nuevo e inédito modo de aproximarse y conocer estos episodios arquitectónicos. En este trabajo se tratan en paralelo una serie de observaciones para la realización de modelos infográficos, de forma que se establezca una base común que regule los criterios con que se interpretará la información, tanto la existente como la inexistente, estableciendo los límites de representación y forma de la arquitectura.

Este trabajo se plantea pues desde un punto de vista constructivo y es una aportación, desde el Departamento de Construcciones Arquitectónicas, a un campo que, si bien en teoría tiene relación directa con la construcción, en la práctica se desarrolla completamente al margen de ésta. Para hacer una reconstrucción virtual arquitectónica con una base científica es necesario, en mi opinión, un conocimiento profundo de la arquitectura, y los conocimientos de construcción histórica se revelan esenciales para este fin. La construcción histórica constituye un aspecto clave en la tecnología infográfica para poder garantizar la científicidad del producto. La determinación de los elementos visibles y no visibles, deriva de problemas reales (el cálculo de pesos, las proporciones, elección de los materiales más adecuados, etc.) dando lugar a una estructura que funcione desde el punto de vista estático y formal.

Todo lo anteriormente expuesto se puede resumir en los siguientes puntos de partida:

- La arquitectura romana, debido a la fuerte codificación del lenguaje en época imperial, se presta a la realización de hipótesis reconstructivas siguiendo un proceso metodológico que garantice su validez.
- Se puede desarrollar una metodología que permita realizar reconstrucciones virtuales asegurando un proceso abierto, transparente, y científicamente correcto.
- La historia de la construcción y de la arquitectura y el análisis estático, son un aspecto fundamental para poder elaborar hipótesis reconstructivas correctas desde un punto de vista constructivo.

3. JUSTIFICACIÓN

Según mi experiencia en estos años, las reconstrucciones virtuales arquitectónicas realizadas con técnicas de infografía, con frecuencia carecen de rigor científico y pierden de vista el conocimiento del bien cultural. Las maquetas virtuales a menudo están hechas por informáticos o arqueólogos que no se plantean una serie de consideraciones técnicas fundamentales para garantizar la cientificidad del trabajo. Un ejemplo que ilustra bien este hecho, lo observé durante la “construcción virtual” de una cubierta inclinada de una vivienda romana, cuando el arqueólogo que hacía el modelo 3D, colocó el faldón alineado con el muro sin que sobresaliese nada a modo de alero, y tampoco puso ningún elemento horizontal sobre el que apoyara esta cubierta, y siempre en el mismo caso, se cambiaron las proporciones de las columnas jónicas de un pórtico, modificando su número y dimensiones, sin tener en cuenta cuestiones estilísticas ni constructivas. El uso de métodos infográficos obliga a reflexionar sobre una serie de cuestiones técnicas que aparecen sólo en el momento en que se dibuja y construye virtualmente la arquitectura, y las soluciones técnicas adoptadas, deben de hacer que las reconstrucciones sean rigurosas y no intuitivas como suele ocurrir.

La aplicación de esta experiencia a un campo específico como es la arquitectura romana proporciona nuevos datos y nueva documentación a un campo del que tradicionalmente se han ocupado los arqueólogos, aportando una visión desde la arquitectura, usando nuevas tecnologías, proponiendo nuevos datos para su mejor conocimiento, y abriendo nuevas vías a explorar en el futuro. Su estudio a través del modelo tridimensional dará cuanto menos un nuevo punto de vista para conocer mejor los distintos episodios de arquitectura abordados.

La base de información que se genera con este tipo de modelación, facilita la aproximación a una realidad arquitectónica desaparecida de un modo novedoso, y nos permite apreciar aspectos del espacio y de sus elementos definidores, que de otro modo permanecerían en el reducido círculo de los especialistas y profesionales de nuestro campo.

La finalidad de mi tesis se encuadra dentro de la categoría de investigación, pero, de manera tangencial, toca también la conservación y la difusión, puesto que el resultado de esta tesis se traduce en un producto digital que tiene una triple valencia: siendo un trabajo de investigación, todo el material que se he recogido para realizar la reconstrucción virtual y que se encuentra en una base de datos, supone una herramienta que puede contribuir al conocimiento y conservación del patrimonio, y las imágenes de síntesis se pueden emplear de forma muy eficaz como vehículo de comunicación y transmisión del patrimonio. Lo importante es no perder nunca de vista que los sistemas de visualización son una herramienta más al servicio del Patrimonio y no al contrario.

En el apartado 5.4 se ilustra un caso de estudio que pone de manifiesto la utilidad de los conocimientos de construcción antigua a la hora de plantear una reconstrucción virtual. He querido que el caso de estudio del Ninfeo de Egeria, realizado para el VHLab, ITABC, del CNR, junto con la arquitecta L. Gómez, formara parte de este trabajo porque ha sido el primer caso en el que he trabajado de arquitectura romana, y me permitió intuir lo que luego ha sido una afirmación fundamental sobre la que se asienta esta tesis: en arquitectura romana es posible hacer hipótesis reconstructivas validas que se apoyen en los conocimientos propios de la historia de la construcción.

4. INTRODUCCIÓN A LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL

Mi tesis se ha realizado en el Departamento de Construcción Arquitectónica, pero una parte importante de ésta se desarrolla en el ámbito de la Realidad Virtual, de manera que parece conveniente hacer una introducción general a la Realidad Virtual y las reconstrucciones virtuales arquitectónicas para poder comprender mejor los diferentes aspectos que intervienen en la Tesis.

4.1. La realidad virtual y el mundo de la infografía.

La sociedad actual ha incorporado a su vida diaria el mundo de la realidad virtual y multimedia a través de una gran cantidad de aplicaciones digitales y de una serie de canales como Internet, teléfonos móviles, videojuegos, etc. que han pasado a formar parte de nuestra cotidianeidad. Por eso es importante hacer unas consideraciones previas que ayuden a tener una visión global sobre el valor de las reconstrucciones virtuales en el contexto de la sociedad actual.

La simulación por ordenador en el campo de la documentación del Patrimonio Arquitectónico facilita el acceso al público a una parte del patrimonio arquitectónico y arqueológico desaparecido total o parcialmente, o en ocasiones simplemente transformado. Estas simulaciones se han desarrollado en un ámbito temporal muy breve, que comienza en los años 90, y con frecuencia se han desarrollado sin metodología ni tecnologías consensuadas en el ámbito del Patrimonio arquitectónico. El problema que se ha venido observando, es que ha habido un predominio de la componente tecnología, y a menudo se ha perdido de vista que la tecnología no debe de ser un fin en sí misma en el campo del Patrimonio, sino un medio para comunicar y comprender.

En los últimos años los avances tecnológicos han permitido que mediante la realidad virtual (RV) se puedan recrear ambientes digitales en los que el usuario puede moverse en tiempo real en un espacio tridimensional interactuando directamente con éste. A la exploración en tiempo real se pueden añadir una serie de comportamientos interactivos que permiten el acceso a distintos niveles de conocimiento y tipos de contenido definidos previamente. Se trata de crear una gran base de datos que integre en un único sistema archivos de distinto tipo relativos al objeto de estudio, y que sea accesible al público de forma eficaz. Naturalmente se podrán determinar distintos niveles de datos (fuentes documentales, iconográficas, datos geométricos, etc.) y de accesibilidad dependiendo del tipo de usuarios, con la posibilidad de usar además esta base de datos como herramienta de trabajo, ya que permite la consulta y modificación simultánea y a distancia por parte de las distintas personas que estén involucradas en el estudio.

En el caso que nos ocupa, la descripción del área arqueológica y de su entorno son el punto de partida del estudio; el dibujo asistido por ordenador y las maquetas virtuales son fundamentales, ya que mediante las nuevas tecnologías ha sido posible manipular gran cantidad de datos de forma automática y con extrema facilidad para completar el levantamiento arquitectónico. Las maquetas digitales 3D se han revelado un instrumento muy eficaz para realizar simulaciones ya que permiten la construcción de modelos y posibilitan la validación de las hipótesis de trabajo.

4.2. La representación de la realidad a través del modelo tridimensional

A lo largo de la historia, las maquetas físicas han constituido un medio de representación importante para ayudar a comprender mejor los organismos arquitectónicos, y han sido desde siempre una herramienta indispensable para poder comprender y controlar el efecto que producen los espacios proyectados.

Las maquetas a escala se usaban probablemente en época romana, aunque la palabra empleada por Plutarco era *paradeigmata*, no se sabe si refiriéndose a maquetas de madera o simplemente dibujos. Afortunadamente se han conservado una serie de modelos a escala, parciales y contruidos en piedra, que debieron de utilizarse como herramientas de apoyo para los artesanos. El ejemplo más importante descrito por Rabun Taylor², es una réplica minuciosa en piedra a escala 1:24, del podio y escalinata del templo de Niha en el Líbano (Figura 6). Parece que la parte superior era de madera y por eso no se ha conservado nada, sin embargo en la piedra están grabados algunos peldaños con las dimensiones en pies romanos, referidos al edificio real, y en la *cella* de la maqueta hay grabado un dibujo poligonal con una especie de baldaquín con columnas. Otro ejemplo importante, siempre descrito por el autor en la misma obra, es el del fragmento de piedra del altar de Baalbeck, a escala 1:30.

Al parecer el fragmento de la maqueta del Gran altar de Baalbeck podría ser, según Taylor, uno de varios módulos apilados que se podían desmontar para ver las escalinatas del interior.

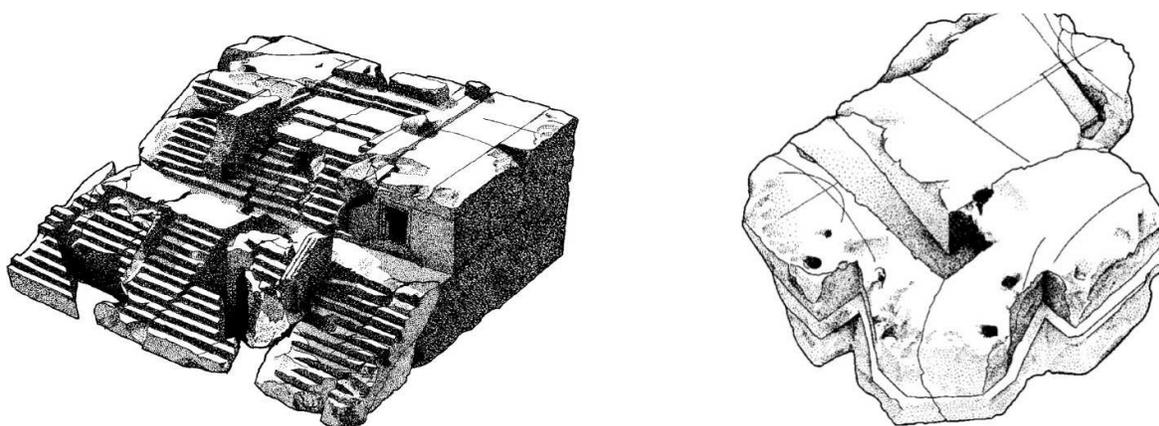


Figura 6. Izquierda: Maqueta en mármol de templo. Ilustración de R. Taylor a partir de fotografía de Will de 1985. A la derecha ilustración de R. Taylor a partir de fotografía de Kalayan en 1971 de un fragmento de maqueta de piedra del Gran Altar en Balbeck.

Por otra parte tenemos los modelos votivos de los edificios, que solían ser de barro cocido; se conservan numerosos ejemplos, pero se pueden citar los casos de urnas funerarias o votivas en la civilización etrusca, que representan templos o cabañas como los que aparecen en las figuras 7 y 8.

² Rabun Taylor, Los constructores romanos, un estudio sobre el proceso arquitectónico. Cambridge University press, 2003.



7. Figura con templo votivo, Vulci. s.III a.C.



Figura 8. Urna funeraria, bronce. Vulci, primera mitad s.VIII a.C.

En el ámbito que nos ocupa hay que destacar la maqueta de Paul Bigot y las maquetas realizadas por Italo Gismondi, ambas de la Roma Imperial del siglo IV d.C.

La maqueta de la Roma Imperial realizada por Paul Bigot se expuso por primera vez en 1911, con ocasión de la *Mostra archeologica*. Esta maqueta (Figura 11) se construyó a escala 1:400, y fue construída para poder contextualizar la maqueta del Circo Máximo que este arquitecto había realizado durante su estancia en l'Ecole Française y Villa Médicis.

Gismondi, después de las grandes excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en Roma en los años 30 que supusieron el descubrimiento de una parte importante del área de los Foros, realizó la maqueta de yeso del foro de Augusto. A partir de ésto, a medida que se fue profundizando en el conocimiento de la Roma Imperial, fue construyendo el resto de la ciudad (figura 12) y también Villa Adriana (Figura 9) y Ostia Antica (figura 10).

Gismondi comenzó a trabajar en la maqueta de Roma en 1933, con motivo de la exposición de 1937 "Mostra augustea della Romanità", basándose en la *Forma Urbis* de Rodolfo Lanciani. Para los edificios conocidos se usaron plantas y alzados a escala, mientras que para el resto de construcciones de las que faltaban datos se usaron modelos genéricos de la época.



Figura 9 Maqueta de Villa Adriana en el s. II d.C ; Gismondi 1956.

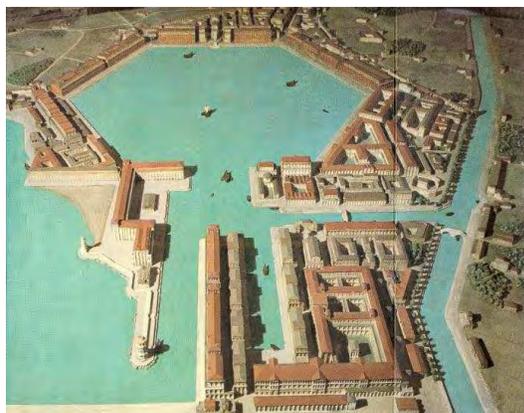


Figura 10 Maqueta del puerto de Trajano de Ostia Antica, realizada por Gismondi.



Figura 11. Roma en el siglo IV d.C. P. Bigot.



Figura 12. Maqueta de la Roma Imperial realizada por Gismondi, 1955.

Las primeras reconstrucciones virtuales aparecen a partir de 1980, como herramienta aplicada a trabajos de investigación, reuniendo una serie de datos sobre el estado actual de un monumento en un único archivo. Pero no es hasta la década de los 90 cuando aparece el primer texto sobre la reconstrucción virtual, *Towards a virtual archaeology* (Reilly, 1990), que plantea explícitamente la posibilidad de usar las maquetas virtuales como un sistema de interpretación de los restos arqueológicos de los monumentos históricos. Sin embargo el desarrollo teórico ha ido mucho más despacio que el tecnológico, de manera que la realización de los modelos digitales por lo general ha estado en manos de informáticos y personal poco especializado en patrimonio, como ya hemos visto.

En el ámbito del Patrimonio, los primeros trabajos de reconstrucciones virtuales fueron los realizados entre 1984 y 1986 por Andrew G.N. Walter y Mike Stanley para el IBM UK Scientific Centre, con la Catedral Vieja de Winchester, de época carolingia, siguiendo los datos procedentes de las investigaciones arqueológicas y documentales; también en los ochenta se llevó a cabo la reconstrucción del Templo de Sulis Minerva en Bath, realizado por la School Mechanical Engineering, o la Abadía de Furness, basada en un levantamiento fotogramétrico preexistente. En todos los casos se trataba de modelos bastante simples, a menudo carentes de texturas para caracterizar el material, como en el caso de Winchester.

En 1996 Maurizio Forte publicó un texto fundamental dentro de la arqueología virtual, en el que recogía una serie de experiencias sobre reconstrucciones virtuales en el volumen "*Paseos virtuales por civilizaciones desaparecidas*". A partir de este momento, y gracias a la rápida evolución de los hardware y software informáticos, las experiencias virtuales no han dejado de multiplicarse a gran velocidad. No solo se han realizado reconstrucciones virtuales de monumentos, sino que también se ha trabajado a escala urbana reconstruyendo barrios y ciudades enteras, e incluso paisajes a gran escala³.

Sin embargo, la rápida expansión de estas aplicaciones en el ámbito del Patrimonio Histórico gracias a los avances de las Nuevas Tecnologías, muestra la falta de regulación de esta disciplina, sin una teoría que reglamente ni valide de forma científica la documentación nueva generada por estos productos digitales.

Las maquetas digitales permiten respecto a las maquetas físicas, controlar toda una serie de factores como la luz, la interacción con el medio en que se encuentran, o los recorridos virtuales que se pueden hacer dentro de éstas, de manera que la experiencia perceptiva puede ser muy provechosa.

Interpretamos lo que percibimos; por lo tanto es importante aumentar el factor de la interacción dentro de un sistema de realidad virtual capaz de mostrar todas las fases del proceso digital en un espacio 3D. Esta interacción dinámica en un sistema dedicado a la RV puede multiplicar la facultad de interpretar datos arquitectónicos y arqueológicos del trabajo de campo para una reconstrucción virtual final (no se trata de la reconstrucción definitiva sino de una de las reconstrucciones virtuales posibles), supervisando todos los pasos del proceso visible e invisible de la investigación.

Sin embargo aún es poco frecuente encontrar arquitectos especializados en Patrimonio en el campo de las reconstrucciones virtuales, y en muchas ocasiones son informáticos los que se encargan de realizar los modelos digitales, o técnicos con escasos conocimientos de construcción arquitectónica.

³ En el caso de arquitectura romana destaca el proyecto de las Universidades de Virginia y California de Rome reborn 2.0, que se ha difundido a través de la plataforma de Google Earth, y en el que se ha reconstruido virtualmente la ciudad de Roma y su desarrollo urbano desde la Edad del Bronce hasta la Edad Media.

4.3. La Restauración Virtual

El debate filológico sobre la restauración virtual tiene sus inicios en 1994, cuando Gianfranco Fiaccadori, docente de filología, sugirió el empleo de estos dos términos juntos para dar un nombre a la propuesta metodológica que se venía debatiendo desde que se empezaran a aplicar técnicas digitales en el ámbito de la restauración. Sin embargo otros autores han encontrado en la unión de estos dos términos una fuerte contradicción, precisamente porque al tratarse de una técnica que opera sobre la imagen del objeto y no sobre el original, no tiene las características de la restauración material⁴. Si la esencia de la restauración es devolver al objeto restaurado la cualidad, función, aspecto estético y material lo más cercano posible al original⁵, entonces es evidente que según estos autores no podemos hablar de restauración virtual en cuanto no se interviene físicamente sobre el objeto sino sólo sobre su imagen. En muchos de los casos la función principal del objeto artístico radica en su capacidad figurativa; la utilidad de poder operar de manera virtual sobre la instancia estética es evidente, pero se puede argumentar que en cualquier caso la virtualidad de la intervención no se produce más que en un plano teórico.

En mi opinión, las reconstrucciones virtuales comparten muchos elementos del debate teórico de la Restauración arquitectónica, y es interesante acercar estas dos disciplinas ya que como se verá a lo largo de esta tesis, tienen muchos puntos en común. Además, al tratarse de Arquitectura y de Construcción es lógico pensar que, salvando las distancias, buena parte de los criterios aplicables a la restauración física puedan ser aplicables a la virtual.

Con la aplicación de las nuevas tecnologías, y la realización de los modelos infográficos científicos, no se altera estructuralmente el bien cultural pero sí se contribuye a una mayor documentación⁶ del mismo, salvando la clásica barrera existente, cuando se habla de hallazgos arqueológicos o de Patrimonio Histórico desaparecido. Siguiendo la teoría de Cesare Brandi⁷, se actúa sobre la instancia estética del bien cultural documentándonos a partir de la instancia histórica del mismo. Es decir, se crea un instrumento que no altera su estructura físicamente y no interviene sobre su autenticidad⁸, uno de los mayores problemas en la restauración física.

La confusión desde el punto de vista del léxico, entre historiadores del arte, arquitectos y restauradores sobre el término “restauración” ha supuesto desde siempre una polivalencia de significados asociados a este vocablo⁹. No

⁴ Tomado de C. Federici, 1999. D. Moschini, “Restauro virtuale, la tecnica per i recupero digitale delle informazioni nascoste”, en A.A.V.V., “Kermes, la rivista del restauro, n°41”, Nardini editore, Firenze, gennaio-marzo 2001, pg. 46.

⁵ A. Conti, “vicende e cultura del restauro”, en A.A.V.V., “storia dell’arte italiana, vol. 10, Einaudi, Torino, 1981, pg. 39.

⁶ Uno de los valores principales de los bienes culturales es el histórico, con esta técnica estamos creando un documento adicional, del propio documento que es en sí el Patrimonio Histórico. González Moreno-Navarro, A. “Il restauro oggettivo”. En Cristinelli, G. e Foramitti, V. (A cura di) “Il restauro fra identità e autenticità”. Atti della tavola rotonda. “I principi fondativi del restauro architettonico”. Ed. Marsilio, Venecia, 2000. pg.98

⁷ Cordaro, M. (A cura di) Cesare Brandi. “Il restauro. Teoria e pratica”. Editori Riuniti: Roma 2005.

⁸ “Authenticity has two interpretations: on the one hand it is the measure of the genuineness of a thing; on the other hand, it is the condition of the correctness of those made with it. Thus authenticity, may be considered from either the principal-theoretical or practical aspect.” Hajnóczy, J. G. “The problems of authenticity and identity as reflected by preservation of Archaeological monuments.” En, “Ethics, principles and methodology”. Scientific Journal, ICOMOS, 1995, pg. 27

Sobre la autenticidad de los bienes culturales y su consideración a lo largo de la historia es interesante el estudio de Jokilehto, J. “Authenticity: a general framework for the concept”. En, Einar Larsen, Editores K. Nara Conference on Authenticity in relation to the World Heritage Convention. UNESCO, ICCROM, ICOMOS, 1995.

⁹ “le teorie del restauro non mostrano, d’altra parte, sensibilità a definire il loro linguaggio, limitandosi ad ereditare un termine che indica attività sostanzialmente differenti. La stessa storia del restauro spiega questa polivalenza di significati: il termine è stato attribuito alla semplice riparazione funzionale dei danni del passato, all’azione di salvaguardia del valore devozionale delle opere di soggetto religioso, o a quella del messaggio artistico e, per ultimo, alla tutela del valore commerciale. Ad ogni tipo di intervento e ad ogni significato hanno corrisposto professionalità diverse e

pretendo en modo alguno resolver la cuestión de la definición de una correcta terminología ligada a este término, pero sí creo que es un concepto que es necesario afrontar en el desarrollo de esta tesis ya que me sirve como soporte técnico para poder hablar con propiedad de las operaciones que se pueden realizar con una maqueta virtual sobre arquitecturas parcial o totalmente desaparecidas, valorando en la práctica, cual, entre otras tantas, puede ser la mejor opción propuesta.

Según Crisostomi, restauración indicaría una metodología de intervención humana cuya finalidad es la conservación y por consiguiente la valorización de las informaciones que se desprenden de este estudio. Virtual indicaría que esta intervención, realizada sobre la imagen del original y no sobre el propio original, permite sobrepasar los límites establecidos, impuestos por la metodología de la restauración física o tradicional¹⁰.

En el campo de la restauración real, pero también en cierto modo en el de la virtualidad, se plantea el problema de cómo y cuánto, pero sobre todo, si es conveniente restaurar, con una variedad de respuestas y de teorías de gran complejidad.

En la restauración física, se parte de la base de que cuando el edificio deja de responder adecuadamente a las funciones para las cuales había sido construido, es necesario restaurarlo. Se interviene entonces desde el punto de vista físico sobre los materiales de construcción, dependiendo la intervención del estado en que el edificio se encuentra y del uso posterior que tendrá. Esto implica una gran variabilidad de actuaciones, que van desde el simple mantenimiento del estado actual del edificio hasta el *ripristino* de su uso y función original; naturalmente toda esta gama de posibilidades no están nunca exentas de polémica. Hablar aquí de restauración virtual, es decir, de una acción que además de no saber bien qué tipo de intervención comporta, ya que ni siquiera es real, puede resultar controvertido, por eso creo que es conveniente revisar algunos conceptos.

Las aplicaciones virtuales pueden, en el ámbito del cómo y cuánto restaurar, resultar de gran utilidad a la hora de afrontar una restauración, ya que permiten realizar simulaciones que abarcan no solo el aspecto estético sino también constructivo. Es cierto que hay cuestiones que no se pueden simular, como por ejemplo de qué manera afectará a una pintura mural un problema de infiltración de agua, donde intervienen reacciones físico químicas, además del comportamiento del terreno¹¹, pero por otra parte no se puede negar la utilidad de la tecnología y de la ciencia en el estudio de los materiales y su comportamiento, y por consecuencia, en las posibles soluciones a determinados problemas.

Hablar de *conservación virtual* resulta aún más complicado, ya que el término *conservación* alude de forma rotunda tal y como aparece en la *Carta de 1987*, al "*conjunto de actividades de prevención y salvaguardia dirigidos para asegurar una duración tendencialmente ilimitada en la configuración material del objeto*". En este sentido parece

approcci differenziatamente critici, una babilonia di significati dei termini connessi: conservazione, manutenzione, ripristino, reintegrazione etc.". En "il restauro tra storia e coscienza del tempo", S. Bova, Trauben Edizioni, Torino, 2002, pg. 9.

¹⁰ Moschini, D. "Restauro "fisico" per conservare e restauro "virtuale" per valorizzare. En, I beni culturali. Tutela e valorizzazione, nº 3, maggio-giugno, 1999. P.19

¹¹ Como el episodio reciente del derrumbe de unos 60m² en la galería Trajana de la Domus Aurea debido a las filtraciones de agua a causa de las últimas lluvias mientras llevaban a cabo trabajos de restauración. (30.03.2010).

evidente que no se pueda hablar de conservación virtual, por la propia naturaleza física implícita en el concepto de conservación, si seguimos lo expuesto en la *Carta de 1987*.

Si bien el término “restauración virtual” resulta muy complejo, más allá de estas consideraciones que acabo de examinar, creo que prevalece el hecho de que hablamos de un tipo de intervención en la que se reproduce el aspecto visivo y estético que el edificio asumiría si se llevara a cabo una restauración física completa, junto con las simulaciones de las fases de que constaría esta intervención, que otorgan a los técnicos un potente instrumento para poder evaluar las intervenciones propuestas. Este tipo de operación virtual puede además ser una parte previa a la intervención física, proporcionando elementos cognoscitivos útiles para poder prever una eventual actuación material. Con la realización de maquetas digitales explorables en tiempo real se da un paso más, porque en realidad se trata de la recreación de un espacio arquitectónico, una simulación lo más próxima posible a lo que sería una experiencia de percepción real, que permite ampliar la idea percibida mediante la visión digital del espacio arquitectónico reconstruido.

Partimos del concepto de reconstrucción en el campo de los bienes culturales puesto que los conceptos de *anastilosis* o restauración proceden en primer lugar de este ámbito. La carta del Restauro de 1972 es el primer documento que aporta información a este respecto, y hay tres artículos que resultan muy interesantes y conviene ver con detalle:

Art. 6.1.: *“Sono proibiti completamenti in stile o analogici, anche in forme semplificate e pur se vi siano documenti grafici o plastici che possano indicare quale fosse stato o dovesse apparire l'aspetto dell'opera finita”*

Art. 6.2.: *“Sono proibiti rimozioni o demolizioni che cancellino il passaggio dell'opera attraverso il tempo, a meno che non si tratti di limitate alterazioni deturpanti o incongrue rispetto ai valori storici dell'opera o di completamenti in stile che falsifichino l'opera”*

Art. 7.3.: *“Sono ammesse anastilosi sicuramente documentate, ricomposizione di opere andate a frammenti, sistemazione di opere lacunose, ricostituendo gli interstizi di lieve entità con tecnica chiaramente differenziabile a occhio nudo o con zone neutre accordate al livello diverse dalle parti originarie, o lasciando in vista il supporto originario, comunque mai integrando “ex novo” zone figurate e inserendo elementi determinanti per la figuratività dell'opera”*

Según estos artículos, en la Carta del 72 se aceptaba sólo la *anastilosis* parcial, no admitiéndose ningún otro tipo de reconstrucción posible. En el documento de Brandi se excluían una serie de aspectos en su consideración conceptual de la obra de arte; pero sin embargo, precisamente al no tenerse en cuenta el significado de la arquitectura como expresión identitaria, la teoría planteada por Brandi se ha visto superada, haciendo evolucionar la Carta hacia el documento del año 1987. Esta postura inicial ha marcado fuertemente la historia de un período de la restauración italiana, y ha además ha tenido una fuerte influencia en Europa. Esta evolución se explica entre otras cosas, por los efectos fatales de los terremotos de los años 70 en Italia, que llevaron a la necesidad de conocer y mantener los

sistemas tradicionales de construcción¹². Con la “*anastilosis digital*” se hace posible la recuperación de valores directamente ligados con el significado, el uso y la memoria de la arquitectura, conceptos que aparecen en la carta del Restauro de 1987, y de los que Brandi prescindía en el documento de 1972. La *anastilosis digital* permite la reconstrucción de la arquitectura siempre y cuando existan evidencias *in situ* o documentales, pero también se dan por válidos los datos recabados de estudios y paralelismos tipológicos, y por supuesto aquellos que derivan de la lógica constructiva y funcional.

Si trasladamos estas consideraciones al ámbito virtual, constatamos que a la restauración virtual no le afectan las restricciones que se exigen para la actividad restauradora. El hecho de no intervenir físicamente sobre el patrimonio, sin embargo comporta, como veremos, una serie de cuestiones e interpretaciones diferentes, que implican la toma de determinadas decisiones a la hora de comunicar los resultados obtenidos. En este contexto surge el concepto de la “autenticidad” en el ambiente digital.

Cuando se realiza la reconstrucción virtual de un edificio o un sitio arqueológico, es necesario establecer una clasificación de lo reconstruido con una jerarquía según las distintas categorías. Es fundamental poder indicar, mediante el procedimiento más adecuado, qué es auténtico en el objeto digital respecto a su equivalente material y qué responde a otros criterios y cuáles son éstos, como se verá en el apartado 6 que trata sobre la metodología.

Hay otro concepto sobre el que conviene detenerse, es el de “*reipristinación*”, que ha sido tratado por J. Juste Ballesta de forma monográfica en la revista de Restauración Monumental, Papeles del Partal¹³. Además del análisis etimológico que realiza el autor sobre el vocablo *ripristino*, es interesante la reflexión que sobre la realidad virtual hace García Cuetos (pg. 75 y siguientes), afirmando que la recreación informática, “... *mal llamada realidad virtual, partiendo de su misma definición, parte del principio de que, si no es real, aspira a serlo, y en este sentido, se puede leer como una reipristinación, puesto que incluso hay quienes la consideran dotada de una carga emotiva propia del monumento mismo*”.

Siguiendo con el concepto de *reipristinar*, es interesante recordar el debate suscitado por Viollet le Duc, quien en su diccionario de arquitectura francesa de los siglos XI al XVI afirmaba que “*Restaurer un édifice, ce n'est pas l'entretenir, le réparer ou le refaire, c'est le rétablir dans un état complet qui peut n'avoir jamais existé à un moment donné.*” García García, en la introducción realizada para la reedición¹⁴ de la obra de Viollet le Duc sobre *la Construcción medieval*, traducía así este concepto: “*Restaurar un edificio no es preservarlo, repararlo o reconstruirlo; es restituirlo completamente a un estado en el que puede no haber existido en ninguna época dada*”.

¹² Para mayor información sobre este tema véase la revisión que el Prof. Alfonso Jiménez (1997, 1998) plantea sobre el reconocimiento de los valores propuestos por Cesare Brandi y recogidos en la Carta del Restauro de 1972.

¹³ Papeles del Partal n°2, noviembre 2004. J. Juste Ballesta analiza en su artículo (pg. 97-120) el término italiano de *ripristino*, que recoge el diccionario Zingarelli de la lengua italiana, y la traducción que aparece en el diccionario Lambruzzi (tomo 2° pg. 1002, 7 edición), donde se recoge la definición de *ripristino* como la “*restauración, restablecimiento de un estado anterior, reposición en vigencia o actividad*”, afirmando que el vocablo *ripristino* se asocia a “*una acción de restauración ejercida sobre un bien histórico con la finalidad de devolverle fielmente sus características primitivas una vez que éste las ha perdido*”.

¹⁴ Viollet le Duc, E.E. “La construcción medieval: el artículo “construcción” del dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle” Edición a cargo de Enrique Rabasa Díaz y Santiago Huerta Fernández ; prólogo, traducción y notas de Enrique Rabasa Díaz ; introducción y bibliografía de Rafael García García. Edit. CEHOPU, CEDEX, Instituto Juan de Herrera, ETSA Madrid, Madrid, 1996.

Sin embargo, más allá de estas consideraciones teóricas, cabe plantearse qué pasaría realmente si la arquitectura no estuviese construida, en sentido físico o virtual, y entonces parece evidente pensar que de ser así, ésta no sería perceptible por quien no sea arquitecto o especialista en la materia, como ocurre con la música si se limitara a quedarse escrita en un pentagrama. Los restos arqueológicos son una metáfora directa del olvido y la desaparición, y precisamente para evitar este olvido, mediante la restauración virtual podemos reconstruir, y por tanto reinterpretar la arquitectura¹⁵. Se trata en definitiva, como sostiene el profesor Paolo Marconi, de la misma pulsión que anima la ciencia de la filología, con el objetivo de no perder los textos literarios antiguos y poder seguir disfrutándolos. Si bien es cierto que cada vez que se lleva a cabo una restauración se hace una obra nueva, en la que cambiará en parte el significado de ésta, aunque a veces no tenga mayor importancia, plantear si la obra es o no auténtica parece irrelevante, porque solo podría cuestionarse la autenticidad de una obra si se tratase de un objeto móvil y transportable cuyo valor añadido fuera la autenticidad, que es algo de lo que no se puede hablar cuando se trata de un edificio. Umberto Eco dice en su tratado de semiótica general que *“el gusto por la autenticidad es el producto ideológico de una sociedad mercantil: privilegiar el original es como privilegiar la primera edición numerada de un libro en lugar de la segunda: materia para los libreros de anticuarios, pero no para los críticos literarios”*.

En la restauración virtual, precisamente porque se puede llegar mucho más lejos que en la real, la transparencia en el proceso de elaboración de los datos es fundamental, o mejor dicho, es importante poder trabajar con un sistema abierto y accesible que permita al público interesado tener acceso a todos los datos a disposición, y al proceso de trabajo e interpretación utilizado para las hipótesis de trabajo.

En el caso de la Villa de Livia, el entorno del modelo digital por su propia naturaleza está desvinculado de referencias. Esto implica una dificultad a la hora de poder identificar los espacios modelados internos y externos como espacios arquitectónicos, y aquí es donde se plantea la necesidad de completar la maqueta virtual para poder comprender el espacio que se representa. Durante la realización del modelo ha sido imprescindible recurrir a la historia de la construcción como disciplina fundamental para proponer hipótesis válidas que permitieran recuperar el espacio y su significado de forma visual a través del modelo. Además se ha realizado el modelo digital del paisaje antiguo en el que se encontraba la Villa. De este modo se ha conseguido modificar el significado del edificio sin alterar su materialidad, ampliando la idea percibida a través de la visión digital del espacio arquitectónico reconstruido. Y en este sentido han sido superados determinados postulados de la Carta del Restauo: no se ha alterado la materialidad de la obra pero sí su significado.

¹⁵ **Restaurar:** reparar, renovar o volver a poner algo en el estado o estimación que antes tenía. Reparar una pintura, escultura o edificio del deterioro que ha sufrido. **Restauración:** acción y efecto de restaurar (RAE). Es conveniente ver la definición en italiano **“restaurare: rimettere nelle condizioni originarie un manufatto o un'opera d'arte, mediante opportuni lavori di riparazione e reintegro; restauro: riferito ad opere d'arte, o anche ad oggetti considerati artistici o di pregio, operazione tecnica intesa a reintegrarne i particolari compromessi o deteriorati o ad assicurarne la conservazione.”** dal Vocabolario Devoto-Oli, 1987.

4.4. La realidad virtual y la normativa de restauración

4.4.1. La necesidad de un código deontológico.

La gran difusión a escala mundial de la visualización mediante las actuales tecnologías en el campo del Patrimonio arquitectónico y arqueológico plantea una serie de cuestiones aún por resolver, como el concepto de autenticidad o los límites de una reconstrucción virtual. Los sistemas de simulación de la realidad virtual permiten la visualización de modelos capaces de definir cuantitativa y cualitativamente el resultado de una intervención, permitiendo de este modo la evaluación del impacto que supondría en el caso de realizarse, algo extremadamente útil en la puesta en valor y la recuperación del patrimonio. Sin embargo el empleo incorrecto de estos sistemas de representación pueden llevar a incurrir en una serie de errores en la interpretación y comunicación del Patrimonio. Por ello, es necesario que en la reconstrucción espacial haya un proceso científico que corrobore las hipótesis planteadas.

El problema añadido es el resultado de la gran capacidad de difusión y convicción que puede tener una imagen, además de la velocidad de divulgación que ofrecen las actuales tecnologías de telecomunicación. De ahí la importancia que tiene el intentar plantear unos principios teóricos y metodológicos, con el fin de poder contar con unos criterios que permitan distinguir los trabajos que proceden del mundo científico de los que son ficción y de naturaleza comercial.

Sin embargo hay casos en los que la recreación virtual del patrimonio arquitectónico desaparecido o transformado es fundamental y puede tener carácter sustitutivo, sobre todo cuando se trata de casos en que los restos arquitectónicos han sido destruidos, son de difícil acceso o no soportarían la visita turística de forma masiva.

En este contexto, un grupo de expertos europeos han llevado a cabo un estudio dentro del proyecto Minerva del *Ministero Per I Beni e Le Attività Culturali* italiano, realizando una serie de recomendaciones para los contenidos digitales y su accesibilidad por el público en general.¹⁶ Las cartas de Londres¹⁷ y Sevilla¹⁸ posteriormente, y sus distintas actualizaciones, constituyen hasta la fecha los documentos internacionales que más han avanzado en esta dirección. Pero aunque son un punto de partida muy importante, de su lectura se desprende la importancia de encontrar nuevas recomendaciones y guías adaptadas a las necesidades específicas de las distintas disciplinas, cuyas recomendaciones sirvan como base para elaborar nuevos proyectos con rigor científico en el ámbito del Patrimonio cultural. Entre los objetivos que marca la Carta de Londres, se encuentra “*ofrecer unos sólidos fundamentos sobre los que la comunidad de especialistas pueda elaborar criterios y directrices mucho más detalladas*”.

La Carta de Sevilla, en el borrador de su versión más reciente de 2011, tiene entre sus objetivos el “establecer principios y criterios que sirvan para medir los niveles de calidad de los proyectos que se realicen en el campo de la arqueología virtual”, abordando el problema de la autenticidad del objeto virtual y planteando unos principios sobre la transparencia científica, autenticidad, y rigurosidad histórica.

¹⁶ Uno de estos documentos es el *manuale per la qualità dei siti web culturali pubblici*, donde se definen unos criterios de calidad para los contenidos culturales de páginas web, con la finalidad de tutelar el modo y los criterios con que estos contenidos vienen puestos en valor y a disposición del público. Para más información véase la página web: www.minervaeurope.org

¹⁷ <http://www.londoncharter.org>

¹⁸ La Carta de Sevilla (<http://www.arqueologiavirtual.com/carta/>) es una Carta Internacional de la Arqueología Virtual que está actualmente en fase de elaboración, en el proceso de enmiendas, pero que ya es accesible en su versión preliminar. El marco teórico de referencia para la Carta de Sevilla es la Carta de Londres, este nuevo documento asume todos los objetivos aprobados por la Junta Consultiva de aquella. A estos objetivos generales les han añadido algunos nuevos específicos para la Arqueología Virtual.

Estos documentos reflejan la amplitud conceptual que posee el Patrimonio Cultural con todas las dificultades que esto conlleva, como las necesidades específicas que pueden requerir las distintas partes que lo componen. En esta tesis se va a tratar solo la parte relativa al Patrimonio Arquitectónico, Monumental y Arqueológico, dejando de lado el patrimonio etnográfico, documental, artístico, oral, etc.

La necesidad de un código deontológico parece clara en el ámbito de la realidad virtual, y la observación de las normas aplicables a la restauración arquitectónica y su comparación con el marco de la realidad virtual, delatan una serie de aspectos que divergen radicalmente del texto elaborado por Brandi y que veremos a continuación.

4.4.2. Breves apuntes históricos sobre la normativa y la situación de la Restauración.

Los artículos 8 y 9 de la Carta del Restauo de 1972 me permiten relacionar estas consideraciones previas y la disciplina de la reconstrucción digital de episodios de arquitectura, pero es necesario detenerse en una serie de aspectos esenciales, como los conceptos de restauración y obra de arte.

Brandi define *restauro* como “*qualsiasi intervento rivolto a rimettere in efficienza un prodotto dell'attività umana*”¹⁹. Para este autor, la restauración constituye el momento metodológico del reconocimiento de la obra de arte, en su sustancia física y en su doble condición estética e histórica, con vistas a su transmisión al futuro, es decir, se restaurará sólo la materia de la obra de arte.

Art. 8.: “Ogni intervento sull'opera [...] deve essere eseguito in modo tale e con tali tecniche e materie da poter dare affidamento che nel futuro non renderà impossibile un nuovo eventuale intervento di salvaguardia o di restauro”

Art. 9.: “L'uso di nuovi procedimenti di restauro e di nuove materie, rispetto ai procedimenti e alle materie il cui uso è vigente o comunque ammesso, dovrà essere autorizzato dal Ministero della Pubblica Istruzione, su conforme e motivato parere dell'Istituto Centrale del Restauro, a cui spetterà anche di promuovere azione presso il Ministero stesso per sconsigliare materie e metodi antiquati, nocivi e comunque non collaudati, suggerire nuovi metodi e l'uso di nuove materie, definire le ricerche alle quali si dovesse provvedere con una attrezzatura e con specialisti al di fuori dell'attrezzatura e dell'organico a sua disposizione”.

Un aspecto importante a considerar de la normativa de restauración es el relativo a la reversibilidad de las actuaciones llevadas a cabo (artículo 8). En este sentido, el modelo digital presenta una gran ventaja respecto a las intervenciones tradicionales de restauración puesto que este instrumento permite visualizar y analizar previamente la solución presentada, permitiendo plantear la solución más adecuada. En el ámbito de la conservación de los bienes culturales, el potencial de esta herramienta debe de perseguir la salvaguardia del bien cultural mediante su conocimiento del modo más completo posible.

¹⁹ Cesare Brandi “Teoria del restauro”, , pg. 3, piccola Biblioteca Einaudi, 2000 Turin.

La Carta del Restauero de 1972 resultó ser un documento brillante en muchos aspectos pero lleno de lagunas que respondían a unos criterios antiguos, como por ejemplo la afirmación sobre la pátina del tiempo *“la patina delle pietre deve essere conservata anche per esigenze tecniche, in quanto essa disimpegna in genere funzioni protettive”*.

El *repristino filológico* frente al conservacionismo defendido en el documento de Brandi parece una opción más acorde con la naturaleza tridimensional que plantea el uso del medio digital aplicado al patrimonio cultural. Por otra parte, la recuperación de la forma inicial del monumento, ayuda al espectador a comprender un tipo de información de naturaleza compleja, y al mismo tiempo no lleva a ningún tipo de engaño a los expertos de la materia, quienes pueden distinguir, no ya los siglos, si no el paso de las décadas en los monumentos²⁰.

En el campo de la restauración ha habido algunas afortunadas incongruencias entre la teoría y la práctica, que permitieron, en el primer tercio del siglo XIX, una serie de intervenciones, con unos límites mucho más amplios entonces que los que se impondrían en las décadas sucesivas, pudiéndose reconstruir obras arquitectónicas que de otra manera se hubiesen perdido (Figura 13, Figura 14). En España tenemos un claro ejemplo de ésto en las restauraciones de Torres Balbás entre 1923 y 1936 en la Alhambra, que debe buena parte de su actual forma a este arquitecto, quién, a pesar de las restricciones teóricas imperantes, realizó una serie de intervenciones brillantes fundamentales para recuperar la forma y el significado del complejo arquitectónico (Figura 14).

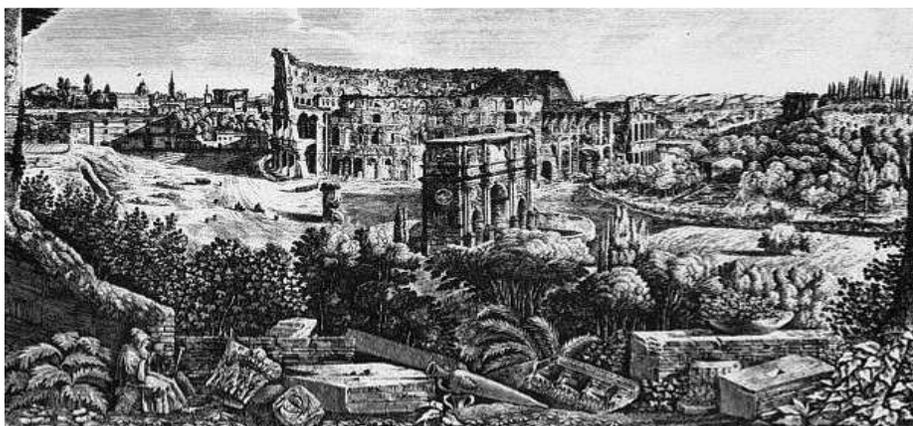


Figura 13. Luigi Rossini, Il monte Esquilino, 1827. En el Coliseo, a la izquierda, se puede ver el muro de Valadier, terminado en 1826. En la imagen se aprecia que falta la parte del anillo interno del Anfiteatro Flavio, reconstruida por Gaspare Salvi durante el pontificado de Gregorio XVI.

²⁰ En este sentido, recuerdo siempre el ejemplo que citaba en sus clases el profesor Marconi sobre los palacios capitolinos (Palazzo dei Conservatori y Palazzo Nuovo), construidos a una distancia aproximadamente de un siglo según el proyecto de Miguel Ángel. Aparentemente son idénticos pero la atenta observación del experto en la materia, constata rápidamente las grandes diferencias existente entre estos dos palacios. El Palazzo dei Conservatori, situado a la derecha del Palazzo Senatorio, fue construido en el siglo XVI, iniciado con Miguel Ángel, quien murió durante las obras, éstas prosiguieron con Guidetti y fueron finalizadas por Giacomo della Porta en 1568. Miguel Ángel dirigió las obras en su primera fase y llegó a ver completadas los tres pilares de la fachada empezando por la derecha. Los arquivoltas de este pórtico son piezas únicas, como si se tratasen de esculturas, pero las luces son demasiado grandes y presentan numerosas fisuras, que delatan la presencia de la armadura en los arquivoltas. El Palazzo Nuovo fue construido en el XVII por Girolamo y Carlo Rainaldi, quien lo terminó en 1663. Además de las técnicas distintas de trabajo de la piedra, cuyas huellas no dejan dudas de que se trata de dos edificios separados entre sí de un siglo, el tratamiento de los arquivoltas es completamente distinto: mientras en el primer caso son bloques únicos armados, en el segundo presentan un despiece en tres bloques. Efectivamente se trata de diferencias sutiles que no escapan a la mirada atenta de los expertos en la materia.

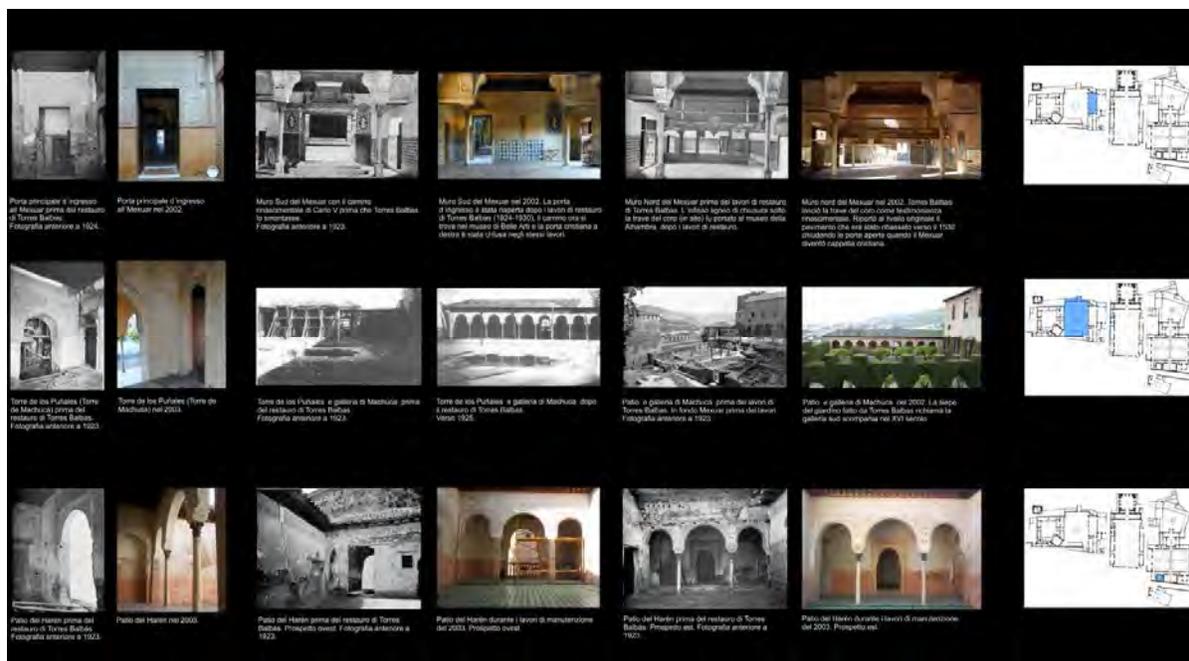


Figura 14. Imágenes del estado actual y previo a la restauración de Torres Balbás en tres sectores de la Alhambra (Mexuar, Torre de los puñales y galería de Machuca, y Patio del Harén).



Figura 15. La exedra de los Mercados de Trajano, con la progresión reconstructiva de las *tabernae* tal y como la concibió Corrado Ricci con fines didácticos.

En el caso de los Mercados de Trajano (Figura 15 y Figura 16), el que Corrado Ricci²¹ reconstruyó por entero una de las tabernas del hemicycle del Mercado de Trajano, podemos observar el conjunto arquitectónico sin lagunas, en este caso además, se puede comparar la taberna reconstruida con una original, que se encuentra justo al lado de ésta.

²¹ Entre 1926 y 1934 se realizó la mayor obra de restauración de los Foros Imperiales apoyada por Corrado Ricci; con la intervención del "Governatorato" se eliminaron casi todas las modificaciones añadidas en el tiempo para devolver al conjunto su aspecto en época romana. Todo el complejo fue interpretado en clave comercial: en realidad solo a lo largo de las calzadas acabadas con grandes losas de piedra (basoli) se



Figura 16. Izquierda taberna reconstruida por C. Ricci en los Mercados de Trajano. Derecha *tabernae* romanas en Via Biberatica.

El conservacionismo que impera en la práctica del ejercicio de la restauración arquitectónica en la actualidad, obliga a un cierto inmovilismo por parte de los profesionales, permitiendo que la naturaleza reduzca a los monumentos que necesitan ser restaurados al abandono, enfrentándonos a la abstracción de la ruina, ya que aún hoy impera la concepción casi fetichista de la ruinas arqueológicas, que, como señalaba Marconi, proviene del romanticismo decadentista de *fin du siècle*. La sobrevaloración del “valor de la antigüedad”, como lo llamaba A. Riegl, implica sobrevalorar el aspecto decadente de las ruinas arqueológicas que prevalece sobre el monumento reintegrado; herencia de la temática antigua y renacentista del “*memento mori*”, o del “*et in arcadia ego*”.

La excesiva valoración romántica de los “*atrii muscosi e dei fori cadenti*” era la especialidad de Piranesi (Error. L'origine riferimento non è stata trovata.) en el siglo XVIII; este autor añadía un halo de misterio a los monumentos con la presencia de vegetación invasiva, como musgos, líquenes y plantas trepadoras que cubrían el edificio, pero actualmente debería de estar ya superada precisamente en nombre de la conservación de monumentos, de otro modo expuestos al degrado atmosférico, sísmico y antrópico, que sobreviene en el momento en que el edificio viene abandonado.

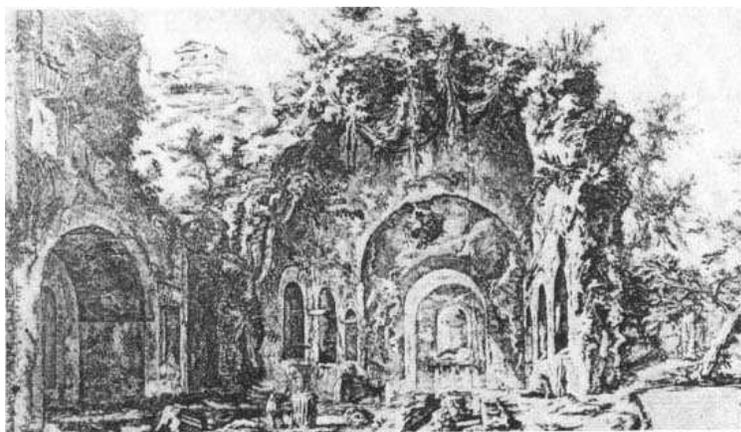


Figura 17. Ninfeo de Egeria, Piranesi 1766, Parque de la Caffarella, Roma.

A partir de los años 20 del ottocento (en plena restauración), la reproducción de objetos de arte o de arquitectura, empezó a estar muy mal vista en Italia, considerándola una falsificación. Era la época del grand tour, y el mercado del anticuario arquitectura ya fueran originales o copias que pretendían engañar a los compradores sobre la autenticidad de las obras. En este período

han encontrado restos de portales de travertino característicos de las *tabernae*, pero este módulo se utilizó casi en cualquier sitio dentro del Mercado de Trajano donde no se encontraron restos ni información, de manera que se realizaron integraciones con esta tipología de manera a veces arbitraria.

se forjó un clima de criminalización de los restauradores, en el que la capacidad de juicio sobre la calidad de la restauración artística y arquitectónica y eventuales falsificaciones de objetos de arte, era exclusiva de anticuarios y conocedores relacionados siempre con el mercado del anticuariado, ya que trabajaban para éste certificando la autenticidad de las obras de arte. El juicio de valor se basaba, y se basa, sobre la autografía de los objetos, partiendo de detalles “morellianos” que en el campo de la pintura tenían una razón de ser (aunque no siempre, valga como ejemplo el taller de Giotto (Figura 18), pero no así en el ámbito de la escultura arquitectónica (incluidos capiteles y frisos decorados), y arquitectura.



Figura 18. Prendimiento de Jesús, capilla Scrovegni, Padua.



Figura 19. Poussin, *Et In Arcadia Ego*, 1629-1630, Derbyshire, Chatsworth, Devonshire Collection.

De esta forma, el excesivo aprecio del valor de la autenticidad crecía con la sobrevaloración del “valor de la antigüedad”, entendiendo por éste el valor añadido a los objetos antiguos por la degradación como consecuencia del paso del tiempo cronológico y meteorológico. Riegl declaraba que aquél era el valor mejor reconocible y reconocido por las masas incultas que visitaban los monumentos. Un valor impregnado en el romanticismo por un tema muy querido por la filosofía medieval cristiana, el tema del “*memento mori*”, evolución del tema pagano (y luego renacentista) “*et in arcadia ego*” (Figura 19, Figura 20).



"Memento mori" dei turisti del Grand Tour e di oggi: Pompei in cartoline di fine '800



Figura 20. Vaciados de figuras que se encuentran en el Orto dei Fuggiaschi, Pompeya, y postales de Pompeya de finales del 800.

En arquitectura quizás se haya pecado de un exceso de oposición a la tradición como momento fundamental de la expresión arquitectónica, en sintonía con el intuicionismo artístico crociano y las vanguardias de las revoluciones de los años 20, olvidando que la arquitectura es comunicación lingüística gracias a códigos conocidos, como afirmaba hace tiempo Umberto Eco (*La struttura assente*, 1968): *"semiologia e architettura...gli oggetti dell'architettura apparentemente non comunicano ma funzionano...ma tutti i fenomeni di cultura sono sistemi di segni, dunque la cultura è essenzialmente comunicazione, l'architettura è cultura, dunque è comunicazione"*.

Adolf Loos ya advertía en 1924 contra la tendencia de crear nuevos "esperantismos arquitectónicos" cuando según él, el arquitecto tenía que ser un albañil que había estudiado latín: *"La nostra educazione poggia sulla cultura classica. L'architetto è un muratore che ha studiato il latino. Ma gli architetti moderni sembrano piuttosto degli esperantisti. L'insegnamento del disegno deve fondarsi sull'ornamento classico. L'insegnamento classico, nonostante le differenze di lingue e di confini, ha creato l'unità della civiltà occidentale. Rinunciare ad essa equivarrebbe a distruggere quest'ultimo elemento unificatore. Perciò non solo bisogna coltivare l'ornamento classico, ma si devono studiare anche gli ordini e le modanature"*.

Como escribe Umberto Eco (*La struttura assente*, 1968): *"La forma denota la función basándose solamente en un sistema de expectativas y de hábitos adquiridos, y por lo tanto, basándose en un código. (...) Puede suceder que un arquitecto construya una casa que está al margen de cualquier código existente; y puede suceder que esta casa pueda ser habitada de una manera agradable y funcional. (...) Un objeto que pretenda promover una función nueva podrá contener en sí mismo, en su forma, las indicaciones para decodificar la función inédita con tal de que se apoye en elementos de los códigos precedentes (...) en caso contrario, el objeto arquitectónico ya no es objeto, funciona y se convierte en obra de arte: es decir, en forma ambigua que puede ser interpretada a la luz de códigos distintos" (...)*

4.4.3. Modelo digital versus Arquitectura.

Para poder usar el lenguaje arquitectónico tradicional, hay conocer las técnicas constructivas antiguas, y este principio en mi opinión es válido para la arquitectura real y también para la virtual. Para comprender la arquitectura es necesario estudiar la historia de cómo se ha hecho ésta, de forma que no se limite a la visión historiográfica del arte de tradición puro-visibilista que tanto se aleja de la historia de la construcción. La realización de un modelo digital de un determinado episodio de la arquitectura se rige por los mismos principios que la arquitectura, salvando obviamente las diferencias inherentes a la naturaleza propia del objeto virtual.

a). Los modelos digitales, al igual que la arquitectura, existen en función del entorno que los rodea y de la cultura en que se desarrollan, y se realizan adecuadamente solo dentro de éstos. La inserción de los episodios reconstruidos dentro de un contexto actual supone un anacronismo que puede entorpecer la percepción de la realidad representada. En este sentido es indispensable poder contextualizar la arquitectura para simular una ambientación adecuada acorde con la reconstrucción.

b). La arquitectura no es solo forma, sino expresión, existiendo una relación dialéctica con su sustancia. La forma en la expresión arquitectónica está dada por la organización de la materia, ésta cobra forma a través del contenido manifiesto, es su unión, conexión e interrelación. La expresión a través del modelo digital hace que la divulgación de determinados aspectos que se busca transmitir resulte más sencilla, ya que la incorporación de la tridimensionalidad espacial elimina una serie de problemas de codificación necesarios en los sistemas bidimensionales.

c). La arquitectura no existe sin estructura, ésta forma parte de su naturaleza y se expresa a través de sus leyes. Al igual que cuando se proyecta un edificio, cuando se realiza una maqueta virtual de un episodio arquitectónico la comprensión del funcionamiento estructural de la edificación es fundamental para su correcta interpretación.

Con los modelos digitales tridimensionales podemos acceder al modelo estructural, constructivo o de materiales, entre otros, dependiendo del argumento que nos interese. En este sentido la maqueta digital permite incorporar multitud de datos asociados a diferentes elementos, unidos mediante un sistema de referencia común que permite la interrelación entre bases de datos. Desde un punto de vista constructivo, representa una herramienta muy importante para poder conocer mejor las construcciones históricas y la arquitectura, ya que si esta información se asocia al objeto de estudio, permite al espectador el acceso a una serie de datos que facilitan la mejor comprensión del edificio. Las ventajas de la divulgación de esta información recae directamente en el propio monumento ya que se éste se valoriza, y consecuentemente aumentará el interés por su protección, ya que se protege aquello que se conoce.

d). La historia no es sólo el lenguaje de la arquitectura, es su sustancia portante, por tanto la arquitectura no será historicista, si no histórica. Los modelos digitales permiten trabajar incorporando datos y noticias históricas a la maqueta, facilitando el acceso y comunicación al público de estos elementos.

e). La función ayuda a la disposición orgánica del conjunto pero suele estar parcialmente inconexa de la unidad arquitectónica. La maqueta virtual implica la posibilidad de exploración en tiempo real del espacio arquitectónico de manera interactiva, de manera que se puede acceder a otros niveles que ayudan a conocer mejor el edificio,

permitiendo la incorporación de determinadas funciones o al menos de información sobre éstas. La función que desempeña el espacio resulta más patente mediante los sistemas de realidad virtual, que pueden transmitir de forma eficaz este tipo de información.

f). La unidad estilística representa un sistema de comportamientos disociados de las distintas partes que conforman la arquitectura, y se organiza por contraposición, negando la monotonía lingüística. Las maquetas virtuales posibilitan la representación de distintas partes y distintos momentos históricos, sumando o restando las partes que componen la arquitectura.

g). La simetría representa el vínculo armónico de cada una de las partes de un edificio consideradas entre sí respecto al total de la obra. La simetría pues, no es una simple repetición o rotación, es la componente tautológica de los pesos estructurales, dentro de los cuales cada parte se representa autónomamente.

El empleo de los programas de diseño asistido por ordenador en ocasiones puede facilitar el uso de una serie de herramientas de dibujo que si no se emplean correctamente, llevan a una banalización del propio dibujo. Hay herramientas como la simetría, pero también la copia múltiple, o la escala, que agilizan mucho ciertas operaciones de diseño, pero también, si se hace un mal uso, pueden incurrir en errores. Por ejemplo, en arquitectura romana el pórtico está casi siempre presente; cada orden tiene unas proporciones y unas dimensiones, y un problema casi constante: el intercolumnio. Cuando el modelador dibuja en 3D un pórtico puede caer en ocasiones en la tentación de adaptar los elementos de que ya dispone previamente, como por ejemplo las columnas o arquivadas, al espacio a disposición, “estirando” estos elementos a voluntad para ajustarlos a los nuevos requisitos formales y espaciales, obteniendo como resultado representaciones falsas de elementos arquitectónicos o de episodios de arquitectura.

Es conocida la miopía que se aprecia en el uso pragmático del ordenador: ocurre claro está en el ámbito de la arquitectura profesional, aprovechando sobre todo su posibilidad de repetir episodios y de anexarlos a otros o entre sí, pero también en el campo de la arquitectura virtual, que convierte a la máquina en cómplice de errores, mediante el uso abusivo de sus automatismos más banales.

4.5. El objeto virtual.

Un objeto virtual se puede definir como aquel objeto digital que sirve para agrupar toda la información relacionada con un determinado elemento o conjunto arquitectónico o arqueológico. Sin embargo al tratarse de restos arquitectónicos o arqueológicos cuya materialidad está profundamente degradada, creo que conviene especificar cuáles serán los criterios de generación de este objeto virtual, y cuál es su naturaleza. En este sentido establecer una relación entre objeto virtual y objeto real puede ayudar a realizar una definición más completa de éste. Estas relaciones de dependencia son importantes a la hora de tratar la transparencia de datos de toda reconstrucción virtual, puesto que al definir las diferentes categorías de elementos se sistematiza toda la información, permitiendo el acceso a los distintos niveles generadores de la maqueta, que reflejan las hipótesis formales, tipológicas, constructivas y estilísticas, que posteriormente podrán ser fácilmente consultados por personal especializado. La posibilidad de acceder a los niveles generadores del modelo digital, implica además el poder visualizar contemporáneamente el objeto en su estado actual y en su visión reconstruida en un determinado momento histórico (Figura 21). La maqueta estará constituida por niveles generadores, y de este modo el usuario podrá conocer el grado de fiabilidad de la reconstrucción.



Figura 21. Imagen del estado actual de la Villa, levantamiento con escáner laser. A la derecha reconstrucción en transparencia del estado actual y el estado reconstruido de una de las salas de la Villa.

La jerarquización del objeto virtual además implica que las maquetas sean interrogables: esto supone que la maqueta estará formada por elementos formalmente finitos (objetos con un determinado valor en el campo arquitectónico y que mediante su combinación o sustracción generan otros elementos), y podrán convertirse en un vehículo de la información.

En el campo de la arquitectura y arqueología, generalmente las reconstrucciones virtuales los episodios de arquitectura se basan en unas preexistencias. Si comparamos el objeto real con el objeto virtual se observan una serie de características comunes:

Objeto real:

- Preexistencias (in situ o ex situ)

- Elementos provenientes de intervenciones sucesivas al momento histórico adoptado (anastilosis física)

Objeto virtual:

Preexistencias (in situ o ex situ)

Elementos provenientes de intervenciones sucesivas al momento histórico adoptado (anastilosis²² virtual)

Elementos virtuales (incuestionables, posibles, evocativos)

La única categoría que no comparten el objeto virtual con su homónimo real, es la de elementos virtuales, que son tres: aquellos de los que existen certeza absoluta, llamados incuestionables; los elementos posibles, para cuya elaboración que se han seguido criterios lógicos y constructivos, y por último los elementos evocativos, que son producto de las hipótesis sobre lo que pudo ser posible, y que permiten la terminación de un modelo para su correcta comprensión.

De este modo, una vez determinado el criterio de representación para un modelo digital, se puede diferenciar qué parte de éste corresponde a datos ciertos y cual responde a la elaboración de hipótesis reconstructivas.

Esta jerarquía se ha empleado también a la hora de detallar los niveles de fiabilidad de los elementos de la reconstrucción virtual, con el fin de establecer una referencia sobre qué es real y qué ficticio, y en qué medida. En la reconstrucción de la Villa de Livia se han usado leyendas que permiten saber el grado de fiabilidad del modelo, pero también se pueden emplear técnicas como la aplicación de mapas de textura de diversos grados de transparencia para evidenciar determinados valores o poder visualizar aquellos elementos que conforman una anastilosis virtual en la maqueta.

En el caso que nos ocupa en esta tesis, el modelo digital resulta ser un instrumento de gran potencial para entender la evolución en el tiempo del organismo arquitectónico. La posibilidad de poder crear modelos paralelos de cada uno de los períodos históricos del edificio, permite poder superponer entre sí los distintos elaborados de manera que se pueda percibir en el mismo espacio realidades temporales diferentes, obteniendo una visión útil e innovadora de la evolución histórica, estética y funcional de los episodios arquitectónicos que se analicen. Además, puesto que se trata de un edificio del que sólo se conservan básicamente pavimentos, cimentaciones de los muros y partes de éstos, con alturas que oscilan entre los 50 cm. y los 2,50 m., no hay posibilidad de plantear una intervención directa, de manera que el modelo digital resulta ser una opción válida para poder experimentar soluciones que conduzcan al conocimiento de la materialidad y de todos los elementos consustanciales del conjunto arqueológico. De esta forma, la realización de la maqueta digital no afecta a la materialidad de la obra, permite experimentar distintas hipótesis reconstructivas, estudiar las diferentes fases del edificio cuando existen, e incorpora al modelo una serie de elementos inmateriales cuya fragilidad hace que no se conserven con el paso del tiempo, como son los valores ambientales, históricos y culturales.

Hay otra cualidad interesante del modelo digital, y es la posibilidad de recrear el paisaje antiguo para poder contextualizar la arquitectura. La recreación de este paisaje es indispensable para simular una ambientación adecuada

²² El concepto anastilosis se emplea como la reconstrucción de los restos existentes, o la reposición en su lugar de aquellos que se encuentran desprendidos o desplazados, pero de los que existe constancia de su ubicación. En la Carta de Sevilla se define Anastilosis virtual como “*la recomposición de las partes existentes pero desmembradas en un modelo virtual.*”

acorde con la reconstrucción, ya que la inserción de las fases reconstruidas dentro del contexto actual del paisaje arqueológico supone un anacronismo que puede dificultar la percepción de la realidad representada, así como la comprensión de su valor y significado²³.

Volviendo a la Carta del Restauro del 72, es interesante recordar el artículo 6.4:

Art. 6.4.: "Sono proibiti alterazioni delle condizioni accessorie o ambientali nelle quali è arrivata sino al nostro tempo l'opera d'arte, il complesso monumentale, o ambientale, il complesso d'arredamento, il giardino, il parco, ecc."

En el caso de la villa de Livia de Prima Porta, podemos imaginar que la posición de la Villa y su integración con el paisaje y el ambiente adyacente, fuese de gran importancia ya desde la época augustea, sobre todo en relación con su posición visible dominando el paisaje desde la Via Flaminia. La interpenetración de los espacios, las alternancias de llenos y vacíos, interiores y exteriores, la elección de los materiales, la arquitectura y el espacio (podemos imaginar el asombro de quienes, llegando desde el cruce de la Via Flaminia con el río Tíber, veían el imponente edificio en lo alto de la colina), eran perfectos para representar el simbolismo del poder a través del que se transmitía el ideal de austeridad y rigor del poder augusteo.

²³ En el punto 5.3. del borrador de la Carta de Sevilla se dice explícitamente que :*"el entorno, contexto o paisaje asociado a un resto arqueológico es tan importante como el resto arqueológico en sí (Carta de Cracovia, 2000). Las investigaciones antropológicas, paleobotánicas, paleozoológicas y de paleo-antropología física deben servir como base para la realización de recreaciones virtuales del paisaje y del contexto rigurosas. No se pueden mostrar sistemáticamente ciudades sin vida, edificios solitarios o paisajes muertos, pues ese es un falso histórico"*.

5. ESTADO DE LA CUESTIÓN

5.1. Realidad virtual: antecedentes y estado de la cuestión de las reconstrucciones virtuales de arquitectura romana publicadas. La villa de Livia

Hasta el momento no se ha realizado un estudio concreto sobre la interpretación arquitectónico-constructiva en la realización de la “restauración virtual”, o por lo menos no hay nada publicado específicamente acerca de este argumento. Sí he tenido ocasión de encontrar equipos de investigación que trabajan en el ámbito de las reconstrucciones virtuales, a veces también con temas de arquitectura de época romana, y que están formados en parte por arquitectos, realizando lógicamente maquetas que si bien no entran en cuestiones constructivas, si presentan soluciones coherentes fruto de una cultura arquitectónica por parte del personal que realiza los modelos digitales. He contactado con algunos de estos equipos (en muchos casos no aparecen datos de contacto) que han realizado reconstrucciones virtuales de arquitectura romana para pedirles una serie de datos sobre los criterios con que han elaborado las maquetas pero he obtenido pocos resultados, en unos casos porque se trataba trabajos que aún están sin publicar, y de los que no han querido dar ningún tipo de datos, otras veces porque no se ha seguido ningún criterio constructivo para la reconstrucción virtual.

Hasta ahora se han realizado una serie de reconstrucciones virtuales en el ámbito de la arquitectura romana que no siempre siguen criterios de validez científica. En determinados casos podemos observar distintas reconstrucciones de un mismo conjunto arquitectónico que se hacen de forma paralela, como ocurre por ejemplo en el caso de los Foros Imperiales en Roma, de los que existen un número elevado de reconstrucciones virtuales distintas y ninguna de ellas ha sido aceptada por parte de la dirección del Museo de los Foros Imperiales, con excepción de la reconstrucción realizada en el 2008 por el CNR, ITABC, basada en la maqueta de Gismondi y las propuestas de Meneghini.

Existen otros casos en los que se usan las maquetas virtuales para estudiar comportamientos estructurales, como los trabajos realizados por el estudio Croci de Roma, con sus estudios sobre la torre de Pisa, el Coliseo (Figura 22), el Panteón, o la basílica de San Francisco de Asís, pero son análisis dirigidos a la realización de proyectos de restauración y consolidación, es decir, realizan maquetas virtuales para poder realizar simulaciones de los edificios antes de plantear una intervención concreta, con frecuencia se trata de simulaciones de acciones sísmicas para poder anticipar el comportamiento del edificio ya que son proyectos que afectan a la estructura de éste.

Hay otras ocasiones en que se usan estas maquetas virtuales como instrumento de base para realizar otras investigaciones, como en el caso de la maqueta del Circo Máximo de Roma (figura 23), realizada por el equipo de Robert Vergnieux, sobre la que se han hecho simulaciones acústicas para poder averiguar el flujo de los espectadores, el funcionamiento de los espectáculos que se hacían en el Circo, y la posición que ocuparía en emperador en éste, considerando que tendría que dirigirse a unos 95000 espectadores según los cálculos realizados gracias a esta maqueta virtual. Para hacer la maqueta se han basado en datos arqueológicos y estudios comparativos; el hecho de que la maqueta no tenga texturas me hace pensar que no han tenido en cuenta los materiales de recubrimiento porque

al fin y al cabo se trataba de crear un soporte para poder comprobar determinadas hipótesis, y de lo publicado²⁴ no se desprende una atención particular al aspecto constructivo, mientras que si son importantes los paralelismos tipológicos

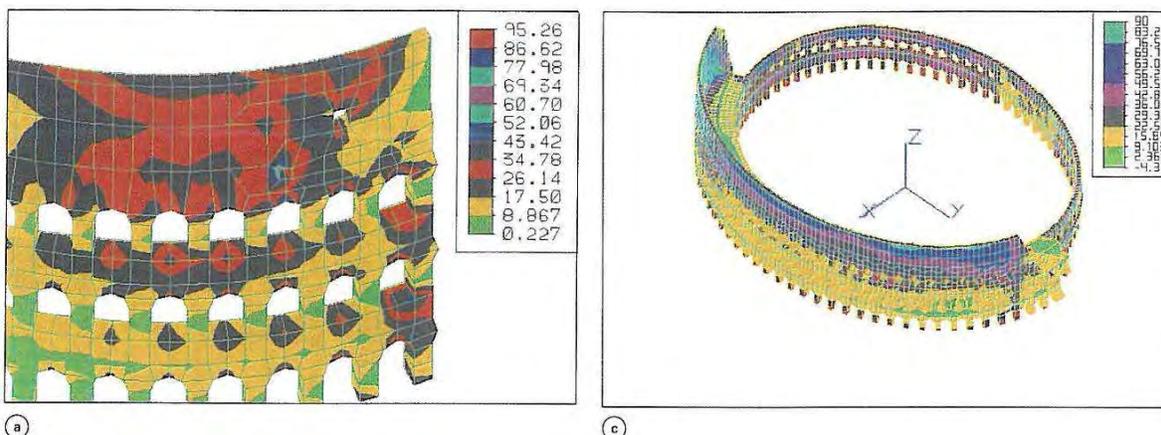


Figura 22. Análisis del muro externo del Coliseo antes del siglo XIX; a) tensiones máximas, c) maqueta con la simulaciones después de a intervención del XIX, (Croci, D'Ayala, Liburdi)²⁵.

Finalmente, y antes de ver en detalle las reconstrucciones virtuales que se han hecho sobre arquitectura romana en general, con particular atención a las villas romanas, hay que mencionar el trabajo realizado por el equipo dirigido por B. Frischer al interno del proyecto Rome Reborn²⁶ (figura 24). donde se ha recreado en 3D la Roma constantiniana

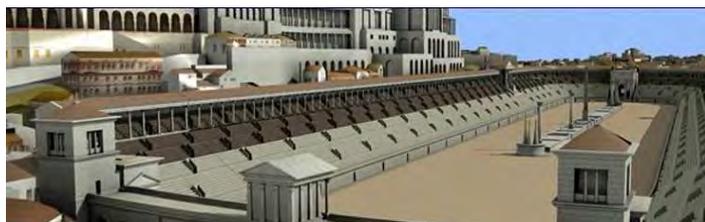


Figura 23 Maqueta del Circo Máximo realizada por el equipo de R. Vergnieux.



Figura 24 Imagen procedural²⁵ de la zona del Circo Máximo, Universidad de Virginia, California.

del siglo IV d.C., basándose en la maqueta realizada por Gismondi entre 1933 y 1974 a escala 1:250.

Este proyecto nació en las Universidades de Virginia y California en 1997, desarrollándose en distintas fases, y diez años después se convirtió en Rome Reborn 1.0, con el objetivo de realizar la reconstrucción virtual de la antigua Roma y su desarrollo urbano desde la Edad del Bronce hasta la Edad Media. El resultado es accesible al público gracias a su difusión en la red a través de Google Earth. En mi opinión es esencialmente comercial, y el

²⁴ Nelis-Clément J., Roddaz J.M. (ed), le cirque romain et son image: (actes du colloque tenu à l'institut Ausonius, Bordeaux, 2006). Memoires, 20, Bordeaux: Ausonius 2008. En este convenio sobre el circo romano se trata en detalle el tema de la maqueta virtual del Circo Maximo, y en ningún caso aparece una visión desde el punto de vista constructivo en ninguno de los ponentes.

²⁵ Croci G., D'Ayala D., Liburdi R. Annali di geofisica, vol. XXXVIII, N. 5-6, november-december 1995, history, observation and mathematical models in the seismic analysis of the Valadier abutment area in the Colosseum.

²⁶ <http://www.romereborn.virginia.edu/>

uso de programas de ordenador para generar ambientes urbanos²⁷ da una imagen que, si bien puede ser muy interesante desde una visión holística, cuando se trata de niveles de visión con más detalle carece de rigor científico.

Otro proyecto que surgió inicialmente en 2008 con un gran potencial, pero que se ha quedado sólo en la primera etapa por falta de fondos en la investigación pública, es *Virtual Rome*. Se trataba de un proyecto realizado con programas de código abierto (*open source*), en el que se reconstruye el paisaje antiguo romano, navegable desde internet²⁸ (figura 25) en tiempo real, y con la posibilidad de superponer la visión del estado actual de paisajes y monumentos con su reconstrucción virtual. La primera fase que se completó aglutinaba experiencias precedentes desarrolladas en el CNR-ITABC, como el proyecto sobre la via Appia Antica, la Via Flaminia o los Foros Imperiales. El proyecto se desarrolló en colaboración con diversos organismos de investigación italianos, creando una base de datos en la que los investigadores podían trabajar contemporáneamente desde cualquier lugar, bastaba solo una conexión a internet. Para reconstruir el paisaje se siguieron unas pautas similares a las indicadas en esta tesis para el paisaje de la

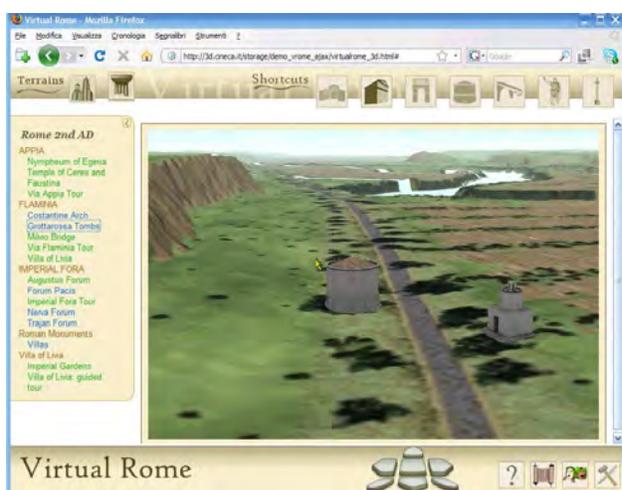


Figura 25 Imagen de la exploración en tiempo real del proyecto Virtual Rome. CNR ITABC. VHLab.

villa de Livia, y para la arquitectura se usaron modelos digitales genéricos para la macro visión, mientras que para los monumentos más importantes se realizaron las maquetas detalladas. El proyecto de Virtual Rome ha funcionado como una gran base de datos consultables en tiempo real, con toda la información detallada relativa a fuentes y material de apoyo empleado para realizar las hipótesis reconstructivas. Integra datos y contenidos de distinto tipo (modelos 3D, información 2D, contenidos filmicos, vegetación, comportamientos, etc.). Esta base se ha realizado con OpenSceneGraph²⁹ (www.openscenegraph.org), por

ser la única herramienta de código abierto en su momento que permitía poder trabajar con el terreno y publicar toda una serie de datos para su uso abierto y compartido.

El caso de estudio sobre el que se ha provado la validez de la metodología desarrollada en esta tesis es la Villa de Livia de Prima Porta. La única reconstrucción virtual de la Villa realizada hasta la fecha, se presentó de manera parcial en 2008 en el ámbito del proyecto del museo virtual de la Via Flaminia realizado por el CNR-ITABC. Se trata de una reconstrucción en época augustea de la Villa, y de las termas en edad neroniana, cuya hipótesis reconstructiva ha realizado la autora de esta Tesis. Hasta la fecha no se ha hecho nada más sobre la villa de Livia.

²⁷ <http://www.procedural.com/cityengine/features.html>

²⁸ El proyecto se puede ver en www.virtualrome.itabc.cnr.it. La versión final también está disponible en la página www.virtualrome.net.

²⁹ Además se ha desarrollado un plug-in para permitir la navegación web, OSG4WEB, disponible para mozilla firefox e internet explorer.

5.1. Reconstrucciones Virtuales de Arquitectura romana publicadas en diferentes formatos

A continuación se presentan una serie de casos publicados, en congresos, revistas especializadas, o simplemente en internet, de reconstrucciones virtuales de arquitectura romana. El estudio se concentra en Italia y España, pero también se han incluido algunos casos en otras provincias del Imperio Romano que ayudan a tener una visión global de las reconstrucciones realizadas sobre la arquitectura romana en general e imperial.

En muchos casos se observan en las maquetas virtuales problemas de tipo dimensional, otras veces se trata de errores al seleccionar los materiales que se emplean como texturas y aplicarlos en las maquetas. En la muchos de estos ejemplos aparecen cuestiones que no se han resuelto bien desde el punto de vista constructivo, y lo cierto es que en casi todos los casos, un mayor conocimiento de la construcción romana habría sido muy útil para conseguir resultados científicamente correctos. El criterio de selección se ha hecho desde el punto de vista de la infografía, es decir, se estudian los problemas constructivos que afecten a elementos visibles y no visibles y que influyan en la configuración formal exterior de la arquitectura.

Resulta evidente, después de ver las reconstrucciones virtuales de arquitectura romana realizadas hasta ahora, que es necesario un conocimiento profundo de construcción para poder realizar hipótesis reconstructivas válidas, que es lo que se pretende cuando se realiza una maqueta virtual. Si bien es cierto que hay elementos constructivos que no aparecen en las maquetas, y por tanto de alguna manera es menos importante que se conozcan bien (cimientos, instalaciones hidráulicas, etc.), hay otros que sí son fundamentales para la correcta elaboración de las hipótesis de trabajo (sistemas de cubiertas, soportes verticales continuos o independientes, huecos, etc.)

Los ejemplos seleccionados se han dividido en tres categorías: las reconstrucciones virtuales de arquitectura romana, fundamentalmente villas, realizadas con nuevas tecnologías, divulgadas en publicaciones especializadas de distinto tipo (revistas, actas de congresos y libros), un segundo grupo en el que se encuentran maquetas virtuales divulgadas a través de internet, y un tercer grupo donde aparecen algunos ejemplos de maquetas reales y dibujos reconstructivos con técnicas tradicionales. Esta última categorías no pretende ser exhaustiva pues de otro modo se convertiría en una tesis dentro de mi tesis; de manera que sirve solo para definir un marco en el que poder referenciar el objeto de este estudio, ya que tanto las maquetas reales como los dibujos reconstructivos son los precursores de lo que hoy se hace con las nuevas tecnologías. Conviene además recordar que estos ejercicios gráficos para comprender la arquitectura parcial o totalmente desaparecida, se vienen realizando, al menos, desde el Renacimiento³⁰.

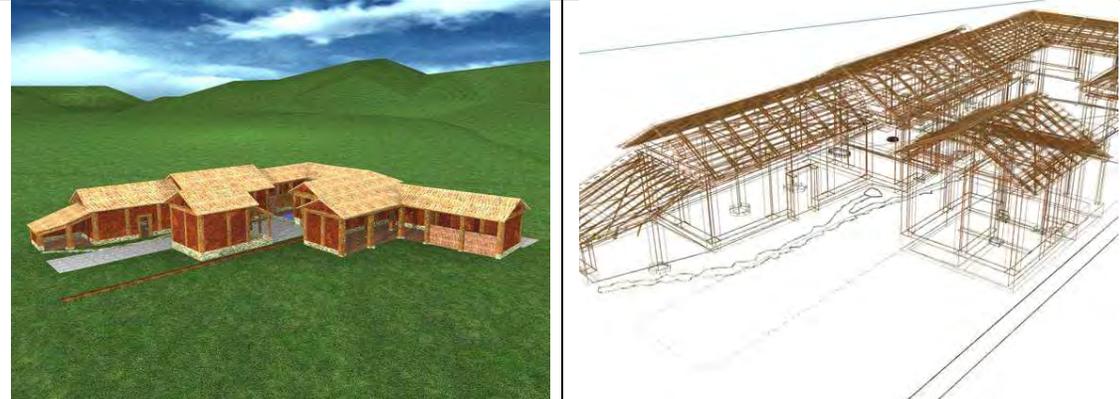
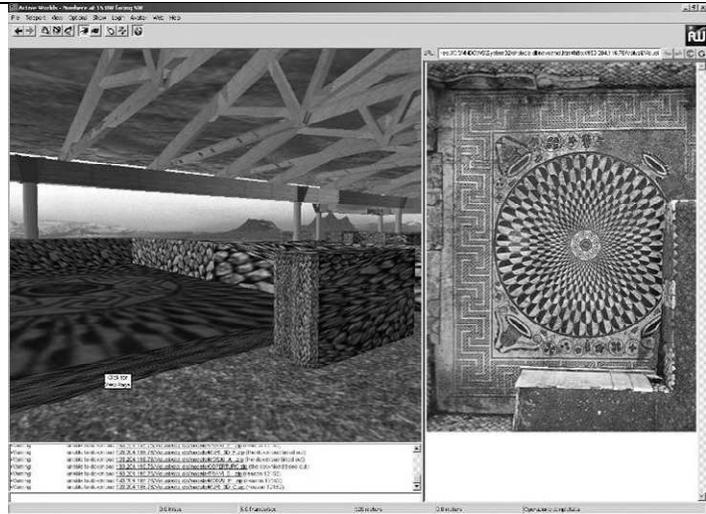
³⁰ Ver el caso de estudio del Ninfeo de Egeria, con los dibujos de Antonio da Sangallo de alrededor del 1500, o de Peruzzi entorno a 1520, Claude Lorrains en 1670, de Barbault de 1761, Piranesi de 1766, J.C. Eberlein en 1810, de Rossini en 1822, J.W. Schimer en 1840, de Breenbergh, de Canina en 1856, de Ossenbeck del siglo XVII, de H. Van Suanevelt del XVIII o del abate Fea. Todos ellos dibujan el ninfeo con ciertas dosis de imaginación, pero en los casos concretos de Peruzzi, Canina o Sangallo, se trata de verdaderos dibujos reconstructivos, en los que los tres autores intentan dar respuesta al espacio central del edificio colocando unos soportes de los que no hay ninguna constancia de que existieran.

Maquetas divulgadas en publicaciones especializadas con soporte digital o de papel

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE UN CAMPAMENTO ROMANO, (AVDAT), ISRAEL		2000
Autores:		Peter Fabian, Sorin Hermon
Localización: "Virtual reconstruction of archaeological sites: some archaeological scientific considerations. Avdat roman military camp as a case-study". (actas de vast euroconference nov. 2000)		Virtual archaeology: proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24-25 November 2000, 2002, ISBN 1-84171-454-2 , pags. 103-108
		
Notas: Cronología: I a.C. Para esta reconstrucción se tendrían que tener en cuenta, desde el punto de vista constructivo: los tipos de fábrica para los muros, tratamiento de las cubiertas planas, y pavimentos, que aquí aparecen con una escala y unos materiales ficticios.		
RECONSTRUCCION DEL TEATRO DE AUGUSTA BAGIENNORUM, ITALIA		2000
Autores:		Davide Borra
Localización: "Territorial marketing for antiquity and virtual reality: the augusta bagienorum case" (actas de vast euroconference nov. 2000).		Virtual archaeology : proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24-25 November 2000, 2002, ISBN 1-84171-454-2 , pags. 217-219
		
Notas: Cronología: I a.C. La planta se ha hecho a partir del levantamiento arquitectónico. Per la cavea se han estudiado los recorridos, para el desarrollo geométrico se han considerado las recomendaciones de Vitrubio. Se ha optado por reconstruir el teatro con un sólo orden en vez de dos, después de hacer un cálculo estimativo sobre el número de habitantes de la antigua ciudad romana. La propuesta para el <i>frontescenae</i> se basa en una hipótesis de Vacchetta, que excavó el teatro, aportando datos para poder realizar una hipótesis del alzado. Respecto al aparato decorativo, Vacchetta describe algunos colores y se conservan restos de pinturas en el museo de Bene Vagienna, pero no hay datos suficientes para plantear ninguna hipótesis.		

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL FORO TRAJANO, (ROMA), ITALIA	1997
Autores:	J. E. Packer
Localización: "The forum of Trajan in Rome: a study of the monument". Con reconstrucciones arquitectónicas virtuales de Kevin Lee Sarring y James E. Packer.	The forum of Trajan in Rome: a study of the monuments in brief. University of California Press, Ltd., Oxford, England, 1997.
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. En esta reconstrucción el autor propone la hipótesis de la existencia de una entrada monumental basándose en la afirmación que hace M. Milella sobre la función de las enormes columnas de granito gris. Esta propuesta, analizada por Lancaster desde un punto de vista estático, no funciona, ya que al considerar la distribución de las cargas que implica esta hipótesis, una comprobación mediante estática gráfica indica que la línea de empujes cae fuera de la columna. Además, en ocasión del Giubileo del 2000 se han realizado una serie de excavaciones dirigidas por R. Meneghini que han cambiado radicalmente la reconstrucción arquitectónica del monumento³¹.</p>	

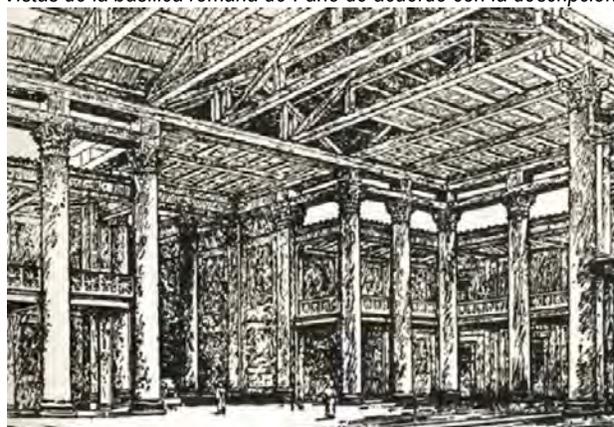
³¹ Meneghini, R.. "Il foro di Traiano. Ricostruzione architettonica e analisi strutturale", RM., 108, 2001, 245-268. Las principales novedades son la ausencia de templo al norte de la Columna Trajana, el traslado de unos 25 m. Hacia el lado sur de la estatua ecuestre del emperador que antes se situaba en la plaza, el límite meridional que ahora se identifica con un gran espacio cubierto, con fachada a la plaza de orden gigante y la presencia de un patio porticado en tres de sus lados colocado entre el foro Trajano y el de Augusto.

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE ALORIA, ESPAÑA		2001
Autores:		Juan José Fuldain González
Localización: "A virtual journey through a roman settlement. Aloria" (actas de CAA, Abril. 2001).		CAA 2001 proceedings archaeological informatics: pushing the envelope gotland abril 2002, isbn 1-84171-298 21
		
Notas:		
Cronología: I d.C.		
Las disposiciones de huecos y el tipo de material de cubrición son algunos de los aspectos constructivos que no se han resuelto apropiadamente, junto con los revestimientos en fachada y el contexto ambiental.		
RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE LA VILLA DEI VOLUSII, (LUCUS FERONIAE), ITALIA 2000		
Autores:		Carlo Bianchini
Localización: "La tecnologia del 3d web browsing applicata ai beni culturali: nuove modalit� di esplorazione ed interazione on line" (actas de EARCOM 2004)		eArcom proceedings I Convegno di Tecnologie per comunicare l'architettura www.earcom.org/Atti2004/
		
Notas:		
Cronología: I a.C.		
En la reconstrucci3n de este ambiente termal de la villa habria que revisar los muros de fábrica, la cubierta y la disposici3n de pavimentos. Los materiales empleados para simular los acabados (texturas) no est�n bien aplicados y tienen una escala inadacuada.		

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE LA BASÍLICA DE FANO, ITALIA	2004
Autores:	Paolo Clini, Paolo Taus
Localización: "Da fano a fanum fortunae passeggiando tra memorie e segni della città vitruviana" (actas de EARCOM 2004)	eArcom proceedings I Convegno di Tecnologie per comunicare l'architettura www.earcom.org/Atti2004/ http://www.fondazioneclarifano.it/metauro/MetauroWeb/Main/MainIndice.htm?Sto031



Vistas de la basílica romana de Fano de acuerdo con la descripción de Vitruvio³²



Vista de la basílica romana de Fano según Morgan.

Notas:

Cronología d.C.

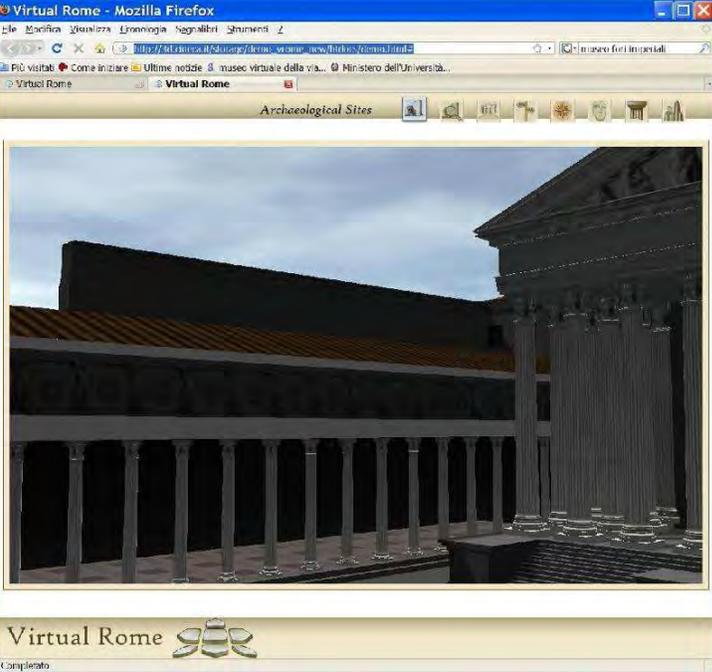
En las imágenes publicadas no se consigue ver si han resuelto la gran armadura que debió de existir para cubrir la nave central, probablemente las figuras no lo muestran de forma intencionada, y simplemente hayan evitado realizarla. Además la cubierta no está solucionada de manera correcta, pues en el volumen que aparece en la zona izquierda de la imagen, el faldón de la parte anterior no tiene la pendiente bien resuelta.

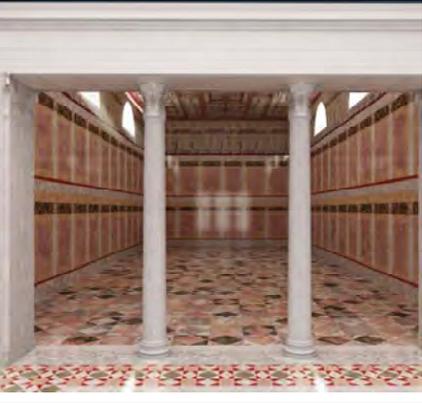
³² En el capítulo V de "*De Architectura*" Vitruvio describe una Basílica que dice haber construido (se presume alrededor del 19 a.C.) en la ciudad de Fano (la colonia romana "*Julia fanestrís*" que tuvo mucho esplendor en época imperial).

La Basílica de Fano presenta algunas peculiaridades que lo convierten en un edificio de gran importancia. Se trata del único edificio de Vitruvio del que hay constancia de que fuera proyectado y realizado por él. Además, se trata del único edificio romano del que se conoce el autor y del que se tiene una descripción detallada de formas, proporción y simetría. Desde un punto de vista tipológico es una anomalía en el campo de las basílicas romanas, presenta la fachada principal en su lado más largo que da al foro siguiendo una tipología "oriental" sobre cuya base se construyeron las basílicas de Cosa (Etruria) y de Sabratha en Tripolitania. Se trata de un único ejemplo que se conoce a día de hoy de esta tipología en toda Italia. La basílica presenta un orden gigante, es decir, una secuencia de columnas de gran diámetro que sostienen las cerchas de la cubierta y que recorren el edificio a lo largo de sus dos plantas. Vitruvio además dispone en el ábside, donde generalmente se coloca la tribuna, un edificio para rendir culto a Augusto, "aedes Augusti", contribuyendo de este modo a crear una tipología única, que hace de la basílica de Fano uno de los edificios más importantes de su época.

NINFEO DE EGERIA, (ROMA), ITALIA.	2007
Autores:	VHLAB-ITABC,CNR.
Localización:	www.vhlab.itabc.cnr.it/ "La reconstrucción Virtual del Ninfeo di Egeria, en el Parco Della Cafarella, Roma" EGA 2004, Granada -2004: (Vico, Gomez)
	
<p>Notas: Cronología: II d.C. En la reconstrucción se ha optado por dejar el espacio central abierto. El cuerpo principal, cubierto por una bóveda de cañón presenta en su lado abierto al patio un arquitrabe que apoya en unas columnas que necesitarían estudiarse desde un punto de vista estático con más detenimiento pues la solución propuesta no parece correcta. Las explicaciones detalladas sobre la reconstrucción virtual se exponen en el apartado 5.4 de esta tesis dedicado a este caso de estudio.</p>	

COMPLUTUM, ALCALÁ DE HENARES, (MADRID)	1998-2004
Autores:	Sebastián Rascón, Ana L. Sánchez.
Localización:	Complutum: la ciudad de las Ninfas: viaje virtual a Alcalá de Henares en la Antigüedad.
	
<p>Notas: Cronología: s. I a.C. En la reconstrucción virtual de la antigua ciudad romana de Alcalá de Henares. Las imágenes publicadas en este libro tienen una lectura evocativa pero difícil para analizarlas desde un punto de vista técnico.</p>	

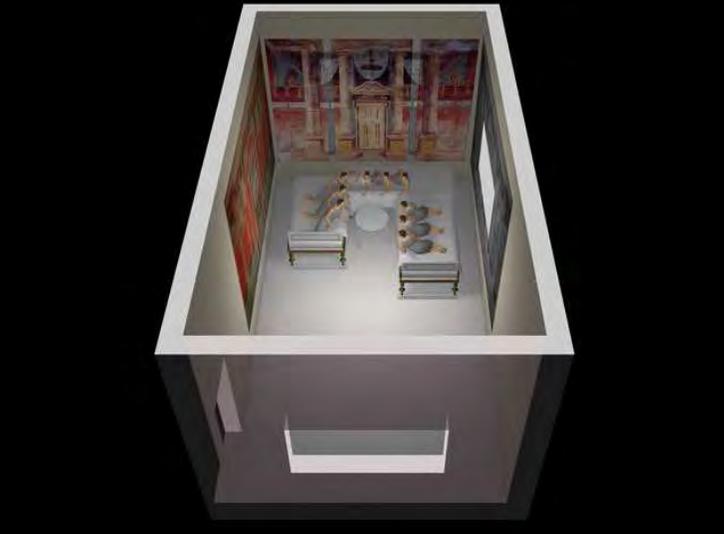
FOROS IMPERIALES. Foro de Augusto. (ROMA), ITALIA.	2008
Autores:	VHLAB-ITABC,CNR
Localización:	www.vhlab.itabc.cnr.it/ "Viaje al siglo II d.C. el proyecto de Roma virtual" Actas del seminario Tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la difusión y conocimiento del patrimonio. UIMP, Cuenca,2008: (L. Vico). Maqueta de Marco di Ioiá
	
Notas: Cronología: I a.C.-II d.C. Reconstrucción basada en la maqueta de Gismondi y en los datos publicados tras las excavaciones realizadas con ocasión del Giubileo 2000 por R. Meneghini. Como la maqueta se ha hecho para una aplicación navegable en tiempo real y en internet, se ha prescindido de toda una serie de detalles para aligerar la geometría de los modelos. Es decir, funciona bien cuando el nivel de percepción visiva es medio o bajo, pero al aproximarse a los edificios, se perciben una serie de errores, como el hecho de que se han usado columnas que no se corresponden a las reales, y los detalles más significativos desde el punto de vista arquitectónico y decorativo se han eliminado para simplificar la maqueta.	

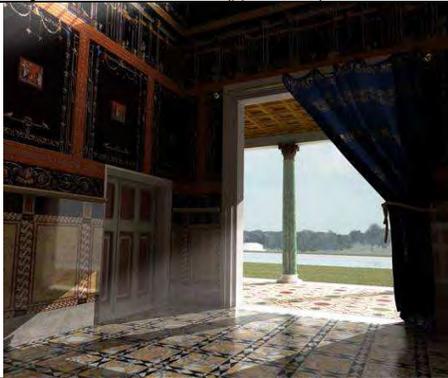
<p>VILLA DE LIVIA, PRIMA PORTA, (ROMA), ITALIA.</p>	<p>2008</p>
<p>Autores:</p>	<p>VHLAB-ITABC,CNR</p>
<p>Localización:</p>	<p>www.vhlab.itabc.cnr.it/ La Villa di Livia, un percorso di archeologia virtuale, ed. Erma di Bretschneider, Roma 2008, (AAVV).</p>
	
	
<p>Notas:</p> <p>Cronología: I a.C-I d.C.</p> <p>En la primera imagen, situada arriba y a la izquierda, (“triclinio subterráneo”) hay una cuestión fundamental sobre la que se ha realizado una hipótesis en la reconstrucción virtual al no existir datos suficientes de las excavaciones realizadas: no se sabe de qué manera se iluminaba y ventilaba este espacio semisubterráneo; existe otro caso en Roma mejor conservado, contemporáneo y probablemente realizado por las mismas personas, el “Auditorium de Mecenate”, donde la iluminación se realizaba mediante unos lucernarios en la bóveda cubiertos por cristales que permitían el paso de la luz. Además queda por resolver como se integra esta bóveda que sobresale del terreno en medio de la entrada a la zona de invitados de la Villa de Livia. Este caso de estudio se estudia en profundidad en otro apartado de la tesis.</p> <p>La segunda imagen (arriba a la derecha) muestra el atrio con <i>impluvium</i>, cuyos criterios reconstructivos se exponen con detalle en esta tesis. En las imágenes inferiores aparece una vista general de la Villa y un detalle de la reconstrucción del ambiente 3 en la segunda fase (siglo I d.C.), con dos hipotéticas columnas, sobre las que apoya un arquitrabe de piedra, y una estructura que no se ha resuelto desde el punto de vista constructivo.</p>	

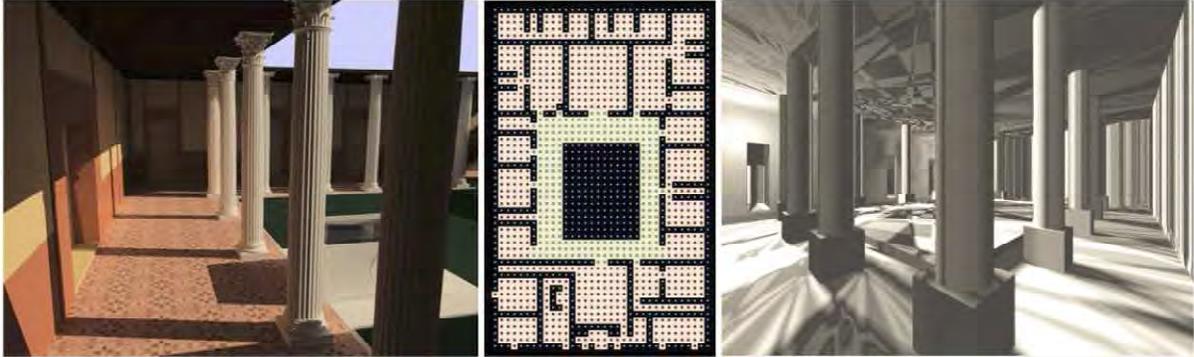
CIRCO MASSIMO, (ROMA), ITALIA.	2000
Autores:	Robert Vergnieux
Localización:	CNRS www-ausonius.u-bordeaux3.fr/ita/vergnieux.htm
	“Le modèle numérique au coeur des données scientifiques sur le Circus Maximus”, en F. Lecocq ed., Rome An 2000 -Ville, maquette et modèle virtuel -Actes du colloque de Caen. 2000), (Caen, 2003). R. Vergnieux.
<p>Notas: Cronología: I a.C. Esta maqueta se realizó como base para estudiar la acústica, con objeto de averiguar el flujo de los espectadores, el funcionamiento de los espectáculos que se hacían en el Circo, y la posición que ocuparía en emperador dentro de éste. Para hacer esta simulación acústica se han tenido en cuenta los materiales de construcción empleados, pasando los elementos constructivos a un segundo plano.</p>	

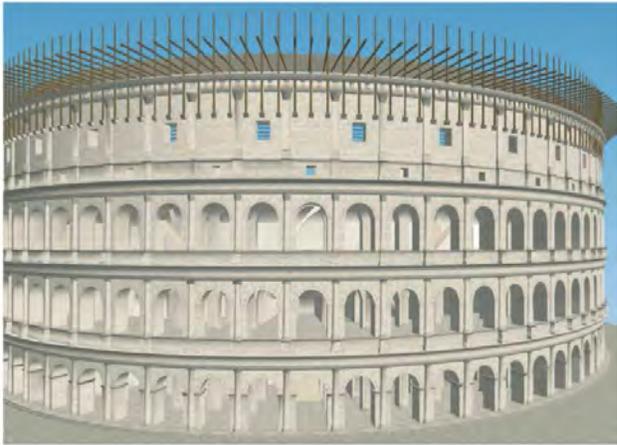
RECONSTRUCCION DE POMPEYA (ITALIA)	2006
Autores:	P. Mueller,
Localización:	http://www.vision.ee.ethz.ch/~pmueller/wiki/CityEngine/PaperBuildings
	
<p>Notas: Cronología: I a.C.-II d.C. Reconstrucción virtual realizada con el programa de modelación City Engine, que permite realizar de modo automático maquetas con sus texturas de manera aleatoria y repetitiva, pudiendo controlarse solo un determinado numérico de parámetros. Las maquetas que se obtiene con este tipo de programas no tienen en cuenta ningún aspecto constructivo, pudiendo solo controlar aspectos geométricos.</p>	

RECONSTRUCCION DE LA VILLA DE POPPEA (ITALIA)	2010
Autores:	R. Beacham, M. Blazeby
Localización:	http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/oplontis.html
	
<p>Notas: Cronología: I a.C.- Reconstrucción virtual de las habitaciones de la Villa de Poppea en Oplontis. Se trata sólo de interiores. Desde un punto de vista arquitectónico no aporta nada, ya que se limita a reconstruir un espacio que se ha conservado en muy buenas condiciones. El único aspecto del que hacen hipótesis es el mobiliario, que tiene un carácter puramente decorativo.</p>	

RECONSTRUCCION DE LA VILLA DE BOSCOREALE (ITALIA)	2010
Autores:	R. Beacham, M. Blazeby
Localización:	http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/boscoreale.html
	
<p>Notas: Cronología: I a.C.- Reconstrucción virtual de una sala de la Villa romana de Boscoreale, cuyas pinturas se conservan en el Metropolitan Museum de New York. Al igual que el ejemplo anterior, desde un punto de vista arquitectónico no aporta nada, se limita a reconstruir un espacio, posicionar las pinturas y colocar mobiliario.</p>	

DOMUS AUREA, (ROMA), ITALIA.	2003
Autores:	Raffaele Carlani, Stefano Borghini
Localización:	L'uso delle ricostruzioni tridimensionali nella storia dell'architettura:immaginare la Domus Aurea. Actas del convenio internacional "Imagining ancient Rome, en el Deutsches Archaologies Institut Rom, 2004. Alessandro Viscogliosi, con contributi di Stefano Borghini e Raffaele Carlani (pp. 209-10).
	
	
<p>Notas: Cronología: segunda mitad del I d.C. Imágenes de la reconstrucción virtual de la Domus Aurea (sala della volta nera, aula ottagonoga y vista general).Luces de más de 5 m. presuponen un cálculo de los arquitecturas que probablemente tendrán mayores dimensiones que los que aparecen en la reconstrucción virtual de la sala "della volta nera" (figura en alto a la derecha). El paisaje en el que se contextualiza el palacio de Nerón es anacrónico, la vegetación que aparece (por ejemplo el pinus pinaster) refleja una imagen de la ciudad moderna y no romana.</p>	

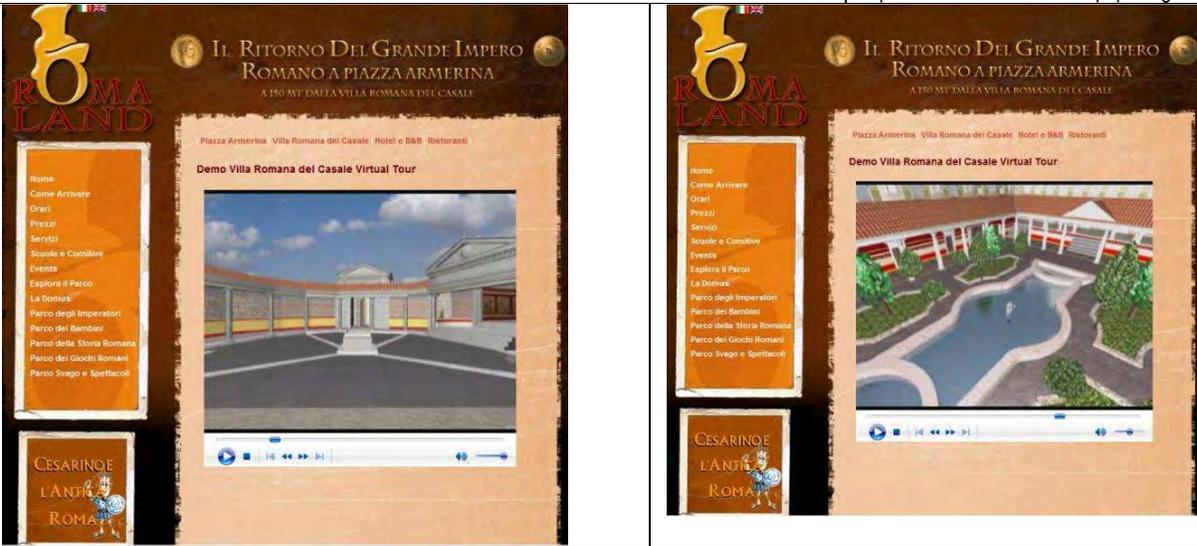
DOMUS DE LOS PÁJAROS, (ITÁLICA, SEVILLA)	2007
Autores:	Graeme P. Earl
Localización:	http://www.eva-conferences.com/sites/eva-conferences.com/files/public/active/0/05-Earl.pdf Actas de EVA London Conference, 2007.
	
<p>Notas: Cronología: s. I a.C. En la reconstrucción virtual de la imagen izquierda la cubierta apoya directamente en las columnas. Los materiales son genéricos, pero si bien en las paredes el estuco respeta los huecos adaptándose a ellos, en el suelo se usa un material continuo, que no contempla los intercolumnios ni la geometría mediante los habituales rebordes, como ocurre siempre en arquitectura romana.</p>	

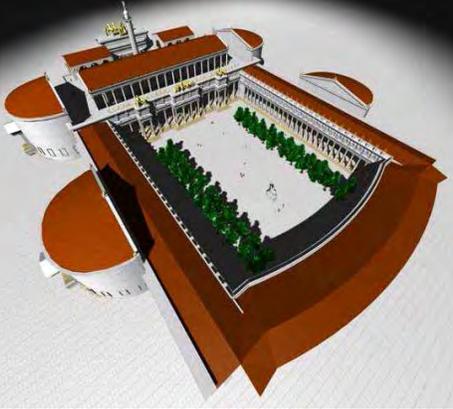
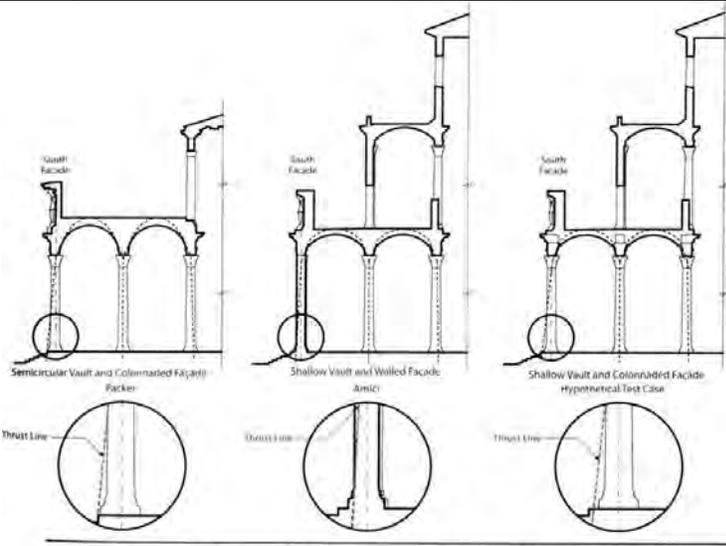
RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL COLISEO, (ROMA), ITALIA	2001
Autores:	CVRLab Universidad de California, USA
Localización:	http://eprints.jiaa.it:8080/85/1/Ut_Natura_Ars_Frischer.pdf
	
<p>Notas: Cronología: 80 d.C. Maqueta del Coliseo con fines didácticos sobre la que se desarrollan animaciones 3D con simulaciones de espectáculos de gladiadores, con poco detalle dal punto de vista arquitectónico.</p>	

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL INTERIOR DEL STUDIOLO DE AUGUSTO, (ROMA), ITALIA	2001
Autores:	CVRLab Universidad de California, USA
Localización:	http://eprints.jiaa.it:8080/85/1/Ut_Natura_Ars_Frischer.pdf
	
Notas: Cronología: 25 a.C. Reconstrucción del estado actual del interior de la sala conocida como estudio de Augusto en el Palatino.	

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL INTERIOR DEL CUBÍCULO 16 DE LA VILLA DEI MISTERI, (POMPEYA), ITALIA	2001
Autores:	CVRLab Universidad de California, USA
Localización:	http://eprints.jiaa.it:8080/85/1/Ut_Natura_Ars_Frischer.pdf
	
Notas: Cronología: 40/30 a.C. Reconstrucción del interior de un cubículo en la villa dei Misteri, Pompeya, con propuesta de mobiliario.	

5.1.1. Maquetas divulgadas en internet

RECONSTRUCCIÓN VILLA DEL CASALE (PIAZZA ARMERINA), ITALIA	
Autores:	no hay información disponible
Localización:	http://www.villaromanadelcasale.net/villa-casale-virtual-tour.html http://www.romaland.it/index.php?lang=it
	
Notas:	
<p>Cronología: III-IV d.C.</p> <p>Se trata de una reconstrucción realizada desde un punto de vista comercial, en un portal web dedicado a la promoción del turismo. Para obtener una reconstrucción correcta desde un punto de vista científico hay una serie de cuestiones que se deben de revisar: dimensiones de los elementos estructurales, soluciones constructivas, acabados, etc.</p>	

<p>RECONSTRUCCIÓN DE LA BASÍLICA ULPIA, (ROMA), ITALIA</p>	<p>2001</p>
<p>Autores:</p>	<p>Joost van Dongen a.k.a. Oogst 2001</p>
<p>Localización:</p>	<p>http://student-kmt.hku.nl/~joost1/forumtrajani/</p>
	
<p>Notas: Cronología: II d.C.</p>	
 <p>138. Thrust lines for three proposals of the reconstruction of the south façade of the Basilica Ulpia.</p>	
<p>En el esquema se muestran tres hipótesis reconstructivas analizadas por L. Lancaster en las que se puede ver que la reconstrucción realizada por Utrecht school of arts corresponde a la propuesta de Packer (caso I). Según los cálculos estáticos del autor se trata de una propuesta incorrecta desde el punto de vista estructural.</p>	

MERCADOS DE TRAJANO, (ROMA), ITALIA	2007
Autores:	Marco Bianchini
Localización:	www.rilievoarcheologico.it/modello_mt_index.htm
	
<p>Notas: Cronología: II d.C. Se ha hecho la reconstrucción basándose en el levantamiento de 1982, manteniendo las intervenciones realizadas en el siglo XX.</p>	
RECONSTRUCCIÓN DE SEGÓBRIGA, ESPAÑA	2003
Autores:	Balawat
Localización:	www.balawat.com
	
<p>Notas: Cronología: Foro Augusto, aprox. 15 a.C. Sería conveniente comprobar el desarrollo y las dimensiones del basamento del zócalo y las cornisas con el desarrollo de las molduras, y el tipo de capiteles augusteos. Los capiteles en esta época se labran a menudo en dos bloques³³, por razones técnicas de manipulación y transporte porque cada uno de ellos corresponde a la altura exacta de una hilada de sillares³⁴, pero a esta escala es imposible verlo.</p>	

³³ D.E. Strong; J.B. Ward Perkins, The temple of Castor in the Forum Romanum, BSR 30, 1962, 20 ss.

³⁴ R. Amy, P. Gros, La maison carrée de Nimes Paris 1979, nota 167 en pagina 138.

RECONSTRUCCIÓN DE VILLA Y BASÍLICA DE CARRANQUE, ESPAÑA

Autores:

Balawat basándose en la maqueta del arquitecto J.L Miranda

Localización:

www.balawat.com



Notas:

Cronología: I d.C.

La imagen de la izquierda representa la entrada a la Villa, mientras que en la de la derecha aparece una vista de la basílica desde el patio. En los muros de la basílica se usaron hiladas de madrillo y sillarejo, tal y como aparece en la imagen; en los pórticos laterales se han empleado columnas genéricas, pese a que se han conservado restos de capiteles y fustes junto al lugar de su emplazamiento original. Aunque es cierto que la basílica romana es un tipo poco conocido, el frontón partido y rebajado por un arco de medio punto no parece muy adecuado.

RECONSTRUCCIÓN DE UNA VILLA EN CALPE, ESPAÑA

Autores:

Balawat

Localización:

www.balawat.com



Notas:

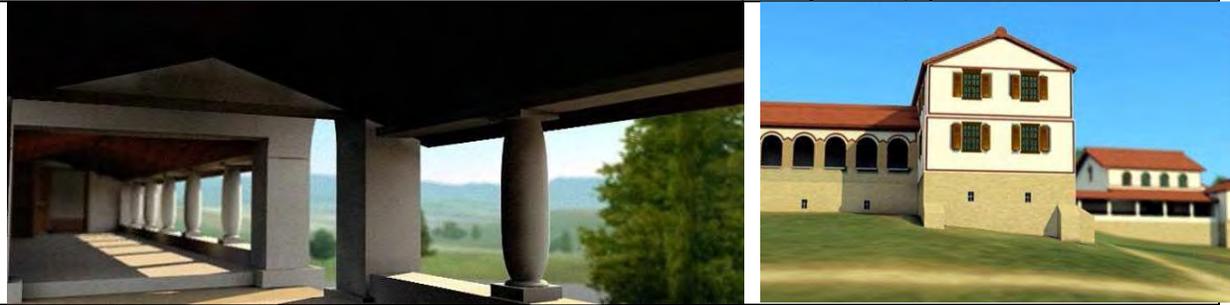
Cronología: I d.C.

En la imagen de la izquierda las luces entre las columnas que sujetan la cubierta del peristilo parecen excesivas, y el arquitrabe, si es simplemente piedra como parece por el color, insuficiente.

RECONSTRUCCIÓN DE LA FUENTE DE LA CALLE DE LA RÚA (OVIEDO), ESPAÑA	2007
Autores:	Francisco Borge Cordovilla
Localización:	www.mirabiliaovetensia.com/index.html
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las dimensiones de las piezas del aparejo con que està hecha la fuente no son correctas, en general se observan problemas de tipo dimensional y desconocimiento de los materiales de construccion.</p>	
<p>RECONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD DE COLONIA, ALEMANIA</p>	
Autores:	Koln International School of Design
Localización:	www.colonia3d.de
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. La vista general de la izquierda no permite su análisis debido a la escala. La maqueta esta hecha con el procedimiento procedural. En la imagen de la derecha los materiales del pórtico acusan la repetición en serie de las texturas de la maqueta.</p>	
<p>RECONSTRUCCION PUENTE ROMANO TIPO</p>	
Autores:	No hay datos
Localización:	balawat.com/phpBB2/viewtopic.php?t=850
	
<p>Notas: No se aprecia el despiece de las dovelas de los arcos, y puesto que los sillares si están representados, me inclino a pensar que se trata de una simplificación para facilitar la representación gráfica. Los sillares que forman los paramentos exteriores dan la sensación de no ser muy grandes, pero el detalle del dibujo no permite valorar el tipo de bloques de piedra usados.</p>	

RECONSTRUCCION DEL USTRINUM ANTONINORUM, (ROMA), ITALIA	2008
Autores:	No hay datos
Localización:	balawat.com/phpBB2/viewtopic.php?t=853
	
<p>Notas: Cronología: II d.C. Los acabados de esta reconstrucción son muy pobres, el muro no tiene ninguna protección y usan el mismo aparejo para muro y soportes. Las rejas no parecen romanas. La columna de la figura se hizo en honor de Antonino Pio, y fue colocada en el lugar en el que se había hecho el <i>ustrinum antoninorum</i>, es decir, la cremación del cuerpo del Emperador. Era una columna de granito rojo egipcio sin decoración en su fuste, sobre la que descansaba una estatua de Antonino Pio. La base sí se ha conservado, aunque no aparece en la figura.</p>	
PANTEON,(ROMA), ITALIA.	2008
Autores:	Con pseudónimo "Trajano" en foro
Localización:	balawat.com/phpBB2/viewtopic.php?t=819&postdays=0&postorder=asc&start=0
	
<p>Notas: Cronología: 27 a.C, reconstruido por Adriano entre 118-125 d.C. Se trata de una simplificación excesiva de la geometría y las texturas de una arquitectura descontextualizada.</p>	

RECONSTRUCCION VIRTUAL FORO SAGUNTO, ESPAÑA		2007
Autores:		Con pseudónimo "lván" en foro
Localización:		balawat.com/phpBB2/viewtopic.php?t=815
		
<p>Notas: Cronología: I a.C Habria que revisar una serie de elementos: el encuentro entre el pórtico y el templo, que en la imagen se resuelve con una discontinuidad, las cornisas y orden de la segunda planta del pórtico.</p>		
RECONSTRUCCION DE BAELO CLAUDIA, ESPAÑA.		
Autores:		Con pseudónimo "SPQR9715" en foro.
Localización:		balawat.com/phpBB2/viewtopic.php?t=852
		
<p>Notas: Cronología: II a.C. En la figura de la derecha las texturas que representan las fábricas de piedra no son correctas. En la imagen de la izquierda la escala no permite el análisis, pero parece que las cubiertas no estén bien resueltas.</p>		

VILLA RUSTICA ROMANA HECHINGEN-STEIN , ALEMANIA	2002/2003
Autores:	Robert Kuchar, Timo Schairer
Localización:	http://www.gris.uni-tuebingen.de/edu/projects/villarustica/
	
<p>Notas: Cronología: III d.C. En la figura de la derecha las columnas y dimensiones generales son absolutamente improbables, y en la de la derecha habría que revisar los huecos y revestimientos en general.</p>	
RECONSTRUCCION DEL PERISTILIO SEPTENTRIONAL DE LA VILLA DE SANTA ROSA (CÓRDOBA), ESPAÑA	2008
Autores:	ARQUEONOVA (J. M. Salinas, A. Luque)
Localización:	www.arqueonova.com
	
<p>Notas: Cronología: III d.C. Generalmente, en este periodo, el fuste, de sección circular, presenta un ligero éntasis, y el tamaño suele ser de dieciseis módulos y dos tercios mientras que el de la columna es de 20 módulos. Seria conveniente estudiar en detalle las proporciones de las columnas corintias de este peristilio.</p>	

TEATRO DE AUGUSTA EMÉRITA (MÉRIDA), ESPAÑA	2008
Autores:	Ars VIRTUAL
Localización:	www.fundacion.telefonica.com/arsvirtual/
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. Hay una serie de consideraciones estilísticas que deberían de tenerse en cuenta a la hora de afrontar una reconstrucción virtual pero que a menudo se ignoran. El teatro se construyó al inicio del periodo augusteo siendo una donación de Augusto a la ciudad, y fue objeto de importantes refecciones, sustituyéndose la piedra local y estuco por mármol. El uso del plinto en las basas generaliza sólo a partir del principado de Augusto. Las basas en la tardía era augustea se tallan de forma separada.³⁵ En esta imagen los capiteles están simplificados igual que las basas, los primeros deberían de tener las corolas de digitaciones con motivo serpentiforme en el centro, pero sobre todo las proporciones de las columnas son diferentes a las del original.</p>	

VILLA DEI PAPIRI, (ERCOLANO), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Se trata de una villa de la que se conoce relativamente bien la planta, aunque la mayor parte de ésta se encuentra aun bajo tierra. La reconstrucción del alzado recuerda mucho a la Getty villa en Malibu.</p>	

³⁵ Una de las características de las basas tardorrepublicanas es que están talladas en un mismo bloque con el imoscapo de los fustes (D.E. Strong, J.B. Ward Perkins, Castor, p.5; L. Crozioli Aite, Loc. Cit)

VILLA SAN MARCO (STABIAE), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las evidencias arqueológicas son tales que la reconstrucción virtual se basa directamente en el estado actual, y cabría solo verificar las dimensiones de algunos elementos constructivos, por ejemplo, las columnas de la imagen de la derecha aparecen demasiado esbeltas.</p>	
LA CIUDAD DE ERCOLANO, ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La excelente conservación de la antigua ciudad permite su reconstrucción virtual, con un nivel de detalle suficiente para la visión de conjunto, basada directamente en el estado actual.</p>	

DECUMANO DE ERCOLANO, ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen no aporta información suficiente para poder analizarla en detalle. Da la sensación de que el pórtico está incompleto, reflejando el estado actual.</p>	

TEATRO (ERCOLANO), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las imágenes no aportan información suficiente para poder analizarlas en detalle.</p>	
COLLEGIO DE LOS AUGUSTALI, (ERCOLANO), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las imágenes no aportan información suficiente para poder analizarlas en detalle.</p>	
FORO, (POMPEI), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen no aporta información suficiente para poder analizarla en detalle.</p>	
CASA DEL FAUNO, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Se trata de una reconstrucción de una vivienda de la que se conoce bien la planta y se conserva buena parte de la decoración parietal, y donde se muestra solo el interior.</p>	

LUPANARE, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Reconstrucción de la fachada del <i>lupanare</i> de Pompeya, donde se muestran las pintadas de época y los huecos de las viviendas.</p>	

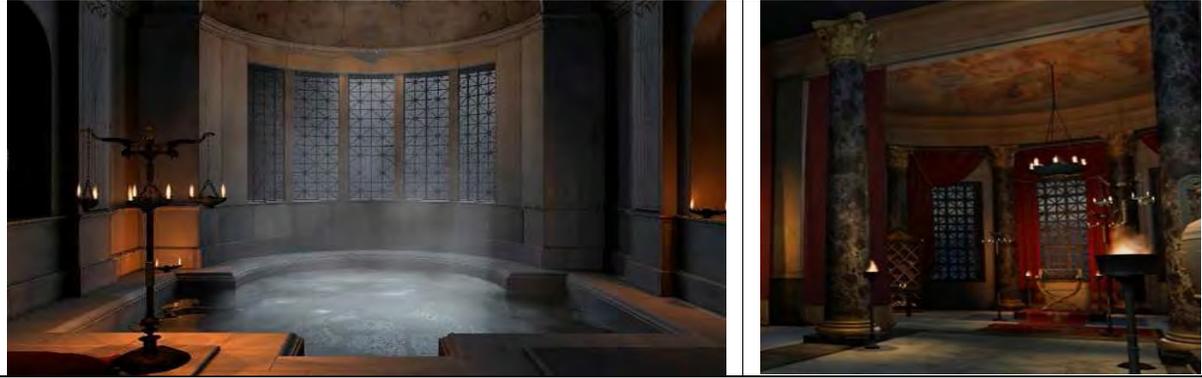
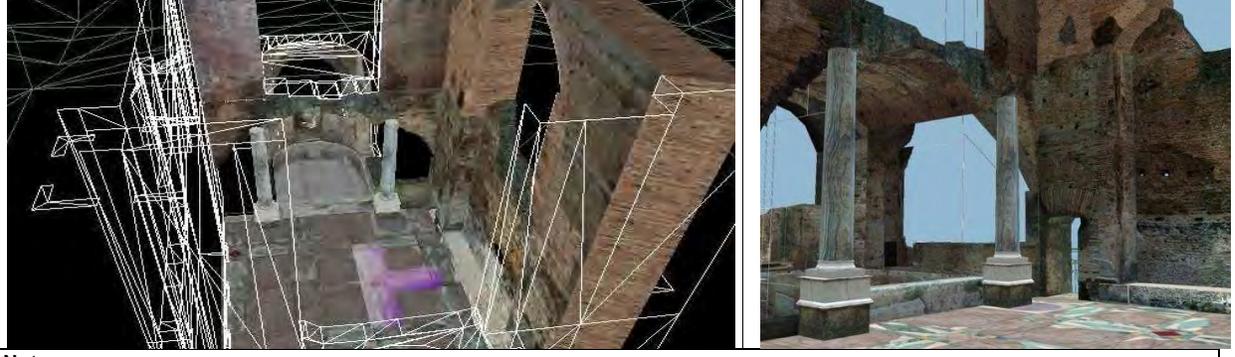
TERMAS, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las columnas del pórtico parecen demasiado anchas pero habría que observar la maqueta en detalle para poder analizar la imagen en detalle, porque podría tratarse de una deformación a la hora de obtener la imagen de síntesis de la maqueta. El tratamiento del arquitrabe no permite saber si es pequeño o está englobado en el muro revestido de estuco rojo.</p>	

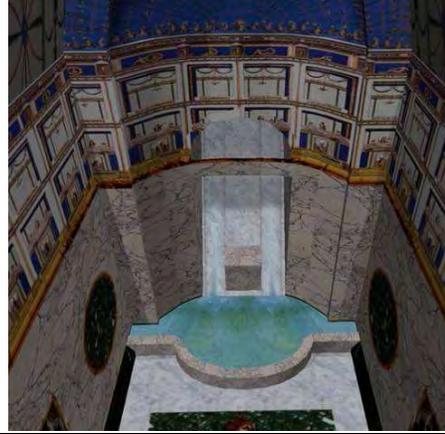
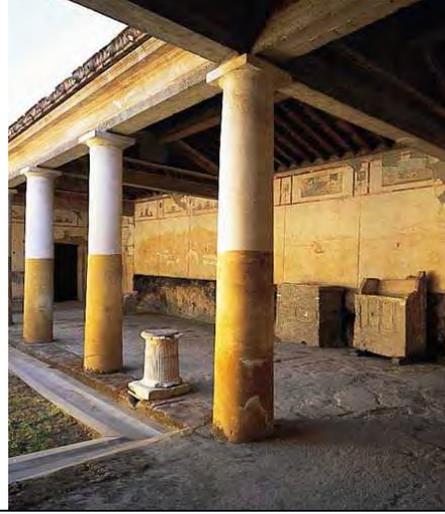
CRIPTOPORTICO, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. En la figura se puede apreciar la decoración del criptoportico y la iluminación que arrojan las ventanas abocinadas abiertas en el arranque de la bóveda.</p>	

CASA DE LOREIO, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. Las imágenes no son claras, pero en la de la izquierda parece que han usado una textura de ladrillo inapropiada para los soportes de la pérgola, de menor tamaño y color diferente del ladrillo romano, mientras que los originales, aun visibles, estaban revestidos de estuco.</p>	
CASA DEL POETA TRAGICO, (POMPEI), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Se trata de una reconstrucción de otra vivienda de la que se conoce bien la planta y se conserva buena parte de la decoración parietal, y donde se muestra solo el interior.</p>	
FULLONICA, (POMPEI), ITALIA	1999
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las imágenes muestran una <i>fullonica</i>, es decir, una de las once tintorerías y lavanderías que se han excavado en Pompeya. Las dimensiones de los soportes son reales ya que éstos se han conservado in situ.</p>	

PUERTO, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen presenta una vista del puerto de Pompeya. Aparece una parte de la muralla, pero aparte de las texturas con sillares demasiado pequeños, no hay nada más destacable desde el punto de vista constructivo.</p>	
MURECINE, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen de la izquierda representa un espacio interior, y no tiene ningún aspecto arquitectónico destacable. La imagen de la derecha no permite hacer ninguna valoración sobre la arquitectura representada.</p>	
NECRÓPOLIS, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: cronología: I d.C.</p>	
ACUEDUCTO, (POMPEI), ITALIA	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen representa la construcción de un acueducto. Parte de este acueducto se ha conservado, pudiendo constatar que a diferencia de la imagen reconstructiva, en la realidad el arco descarga sobre el pilar en un bloque único de grandes dimensiones.</p>	

VILLA PISANELLA, (BOSCOREALE), ITALIA	
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las fachadas de las Villa solían tener un zócalo al que daban un tratamiento distinto, a menudo lo pintaban de rojo. A la derecha, en el peristilo, parece que las luces entre apoyos son muy grandes, pese a que el arquitebe es de madera, convendría revisarlas.</p>	
VILLA REGINA, (BOSCOREALE), ITALIA	
	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen no presentan ningún aspecto arquitectónico destacable.</p>	
PALACIO DEL EMPERADOR CLAUDIO, (BAIA), ITALIA	
	2000
Autores:	Capware Digital Video
Localización:	http://www.capware.it/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. A esta escala no se puede observar ningún aspecto arquitectónico destacable.</p>	

VILLA IOVIS, (CAPRI), ITALIA		2000
Autores:		Capware Digital Video
Localización:		http://www.capware.it/
		
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las imágenes representan unos espacios interiores, y no presentan ningún aspecto arquitectónico destacable.</p>		
VILLA LOREO, (ROVIGO), ITALIA		
Autores:		CINECA
Localización:		http://3d.cineca.it/3d/immagini/delta1.jpg
		
<p>Notas: Cronología: I a.C. El punto de vista es demasiado lejano como para poder hacer valoraciones constructivas.</p>		
FRIGIDARIUM DE VILLA DEI QUINTILI, (ROMA), ITALIA		
Autores:		ACS STUDIO
Localización:		http://acsstudio.acsys.it/it/realtime.php#frigidarium
		
<p>Notas: Cronología I d.C. Al no tratarse de una reconstrucción completa no se pueden hacer valoraciones constructivas.</p>		

<p>AULA OTTAGONA DOMUS AUREA, (ROMA), ITALIA</p>	<p>2002?</p>
<p>Autores:</p>	<p>ACS STUDIO</p>
<p>Localización:</p>	<p>http://acsstudio.acsys.it/it/realtime.php#frigidarium</p>
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Las columnas del pórtico que se ve a través de los huecos de esta estancia tienen unos capiteles excesivamente simplificados con troncos de cono; y carecen de proporción.</p>	
<p>CASA DE POLIBIO, (POMPEI), ITALIA</p>	<p>2001</p>
<p>Autores:</p>	<p>Altair 4 (A. Furtan, P. Galifi, S. Moretti)</p>
<p>Localización:</p>	<p>www.altair4.it</p>
	
<p>Notas: Cronología a.C-I d.C. Esta reconstrucción refleja el estado actual de la vivienda (figura derecha).</p>	

VILLA DE CAZZANELLO, (TARQUINIA), ITALIA	2001
Autores:	Altair 4 (A. Furlan, P. Galifi, S. Moretti)
Localización:	www.altair4.it
	<p>La villa romana di Cazzanello. Presentazione del progetto di ricostruzione virtuale delle pavimentazioni della villa nell'ambito dell'intervento di M. Aoyagi e C. Angelelli "Mosaici e sectilia pavimenta della villa romana a Cazzanello". IXe colloque International pour l'étude de la mosaïque antique et médiévale. Roma. 2001.</p>
<p>Notas: Cronología: I d.C. Se trata de una reconstrucción virtual de los pavimentos de la villa de Cazzanello, de la que no he podido encontrar mas imágenes para poderla valorar.</p>	

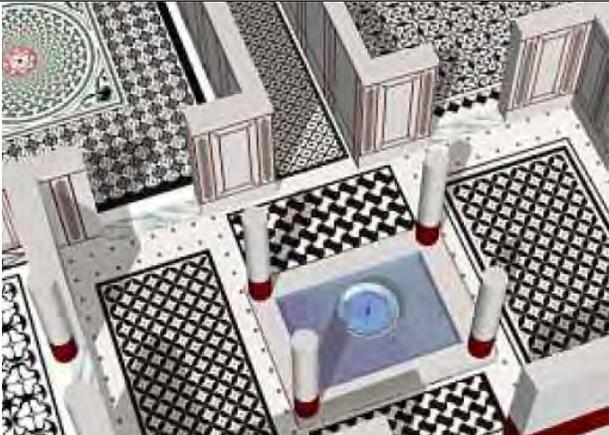
DOMUS AUREA, (ROMA), ITALIA	
Autores:	Altair 4 (A. Furlan, P. Galifi, S. Moretti)
Localización:	www.altair4.it
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Vistas de la Domus Aurea de Nerón. Son las dos únicas imágenes que están publicadas en internet, y resultan insuficientes para cualquier valoración constructiva.</p>	

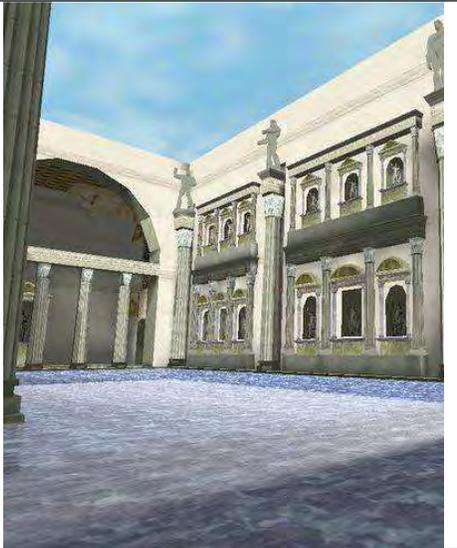
FORO DE AUGUSTO, (ROMA), ITALIA	
Autores:	Altair 4 (A. Furlan, P. Galifi, S. Moretti)
Localización:	www.altair4.it
	
Notas: Cronología: I a.C. Vista general del foro de Augusto según la hipótesis de R. Meneghini.	

BASILICA EMILIA, (ROMA), ITALIA	
Autores:	Altair 4 (A. Furlan, P. Galifi, S. Moretti)
Localización:	www.altair4.it
	
Notas: Cronología: I a.C. La vista parcial y la mala calidad de ésta no permiten ver de qué manera se ha resuelto la segunda planta, y por tanto no se puede saber si es correcta la solución desde un punto de vista estático.	

VILLA AUGUSTO, (SOMMA VESUVIANA), ITALIA	2002
Autores:	Altair 4 (A. Furlan, P. Galifi, S. Moretti)
Localización:	www.altair4.it
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. Se trata de una única imagen cuyo elemento más interesante es la forma en que cubren este espacio, aunque no se puede saber si se trata de un falso techo de estuco como a menudo ocurría en este tipo de espacios. Esta villa se está excavando en los últimos años con la financiación de la Universidad de Tokio, y se cree que fue la Villa de Augusto, pero no hay aún certeza.</p>	
VILLA DE LA FARNESINA, (ROMA) ITALIA	1998
Autores:	Altair 4 (A. Furlan, P. Galifi, S. Moretti)
Localización:	www.altair4.it
	
<p>Reconstrucción de un triclinio de la villa mediante la técnica del panorama a 180°. En este caso no hay pretensiones de mostrar la villa como era en época romana sino más bien de ensamblar las paredes de los distintos ambientes para mostrar la decoración parietal.</p>	
<p>Notes: Cronología: I a.C-I d.C.</p>	

LA CITTA' MISTERIOSA", INTERPRETACION DE LA PINTURA AL FRESCO DE LAS TERMAS DE TRAIANO EN EL COLLE OPIO, (ROMA), ITALIA	
Autores:	ACS STUDIO
"Localización:	http://acsstudio.acsys.it/it/realtime.php#frigidarium
	
	
Notas: cronología: I d.C.	
VILLA MISTERI, (POMPEI), ITALIA	
Autores:	2006 Raffaele Schiavullo
Localización:	www.dotmindinmotion.com/IndexPage_content.asp
	
Notas: Cronología: I d.C. La imagen representa un peristilo de la villa, y al ser parcial y corresponderse con el estado actual, resulta insuficiente para cualquier valoración constructiva.	

VILLA DE TORRE LLAUDER, ESPAÑA	2001
Autores:	Ferran Bayés
Localización:	http://homepage.mac.com/davidbelle/viaaugustus.pdf
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. Se trata de una reconstrucción virtual de los pavimentos de la villa de Torre Llauner, no he podido encontrar mas imágenes para poder analizarla desde un punto de vista arquitectónico y constructivo.</p>	
VILLA IMPERIALE (POMPEI), ITALIA	
Autores:	Dr. E. Tiemann, W. Ehrhardt D. Borra.
Localización:	www.noreal.it/vimp/VIMPita/index05.htm
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen representa un ambiente de la villa, y al ser parcial y corresponderse con el estado actual, resulta insuficiente para cualquier valoración constructiva.</p>	

LA VILLA DE PLASSAC, FRANCIA	
Autores:	XYZIMAGES, (J.P. Bost, P. Mora, J.C. Golvin, R.Vergnieux)
Localización:	http://www.xyz-images.com/
	
<p>Notas: Cronología: IV d.C. En la imagen de la izquierda las texturas del pavimento simulan mármol, y este tipo de despiece y material se usaba generalmente en ambientes termales, no pareciendo éste el caso. En la figura de la derecha las luces entre apoyos del pórtico son bastante grandes incluso para un arquivado de madera con ese canto. Las tejas no tienen la escala adecuada, y los aleros son inexistentes. La puerta de la derecha tiene unas proporciones improbables.</p>	
TERME DI CARACALLA, (ROMA), ITALIA	
Autores:	Pascal Dufresne
Localización:	http://p.dufresne.free.fr/Ri&Rv/
	
<p>Notas: Cronología: III d.C. Estas imágenes forman parte de una tesis doctoral leída en 2005 sobre realidad virtual y realismo infográfico en la reconstrucción arquitectónica. La tesis se ha desarrollado en el Departamento de Artes plásticas, Universidad Michel De Montaigne. La maqueta se ha hecho a partir del texto de Janet DeLaine, "The baths of Caracalla, a study in the design, construction and economics of large-scale building projects in imperial Rome". La geometría está muy simplificada, y las texturas son pobres, al igual que la atención a la arquitectura.</p>	

VILLA ROMANA DE BASSE-WAVRE (GALLIA), BELGICA	2008
Autores:	P. LAHAYE
Localización:	http://www.chrstrick3d.be/chronologie3DDD.htm
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. La imagen representa la fachada de la villa romana de Basse Wavre, y al ser una vista general de lejos no se puede hacer ninguna valoración constructiva.</p>	
VILLA ROMANA DE SEVIAC, FRANCIA	2007
Autores:	Jean-Pierre Bost, Brieuc Fages, Jean-Claude Golvin.
Localización:	http://archeovision.cnrs.fr/fr/seviac.htm
	
<p>Notas: Cronología: IV d.C. La vista de pájaro de la villa de Seviac no permite hacer consideraciones constructivas.</p>	
TEATRO ROMANO DE ARLES, FRANCIA	2003
Autores:	MAP_GAMSAU, MARSELLA, CNRS
Localización:	http://www.map.archi.fr/les_sites/accueil_popup-v03.php?id=9
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. El uso de transparencias es interesante para ver la superposición entre estado real y reconstrucción pero impide el análisis constructivo.</p>	

DOMUS EN AUGUSTA RAURICA, BASILEA	
Autores:	
Localización:	http://www.augusta-raurica.ch/
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. En la imagen de la izquierda la dimensión del arquitrabe de madera es demasiado reducida. En la de la derecha vale la misma observación, y además el pavimento no sigue la forma de los elementos arquitectónicos y las paredes</p>	
JARDIN INTERIOR VILLA ROMANA, (PARIS) FRANCIA	
Autores:	SANDRINE HOUALET
Localización:	http://www.sandrinehoualet.com/architecture.html
	
<p>Notas: Cronología: faltan datos En la figura la dimensión del arquitrabe es insuficiente, y parece que las columnas carecen de apoyo, lo cual no tiene por qué ser un error, pero generalmente la columna jónica va dotada de basa.</p>	

VILLA DI NANIGLIO, (GIOIOSA IONICA), ITALIA.	
Autores:	TIMEPLOT (Riolo, Velletri, Melodia)
Localización:	http://www.itabc.cnr.it/buildingvirtualrome
	
<p>Notas: Cronología: I d.C. En este caso la reconstrucción virtual no es más que un pretexto para experimentar con la exploración de ambientes virtuales mediante la navegación con herramientas de código abierto en tiempo real.</p>	
CAPITOLIO DE OSTIA ANTICA, ITALIA	
Autores:	2001 Marzia Vinci
Localización:	www.ostia-antica.org/vinci/vinci.htm
	
<p>Notas: Cronología: II d.C. En esta imagen se observa en primer término unas columnas que sujetan un arquitrabe a modo de entrada o diafragma del edificio, sí tendría sentido si fuera un pórtico, pero tal y como aparece en la figura no es una solución correcta desde el punto de vista tipológico. Las texturas en general no están a escala (por ejemplo, la del arquitrabe es demasiado grande y la de la calzada demasiado pequeña).</p>	

RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE LOS FOROS ROMANOS, (ROMA), ITALIA	2002
Autores:	CVRLab Universidad de California, USA
Localización:	www.virginia.edu/insideuva/2005/05/frischer.html
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. Actualmente existe una versión en internet –“Rome Reborn”, http://sites.google.com/site/3dancientrome/. Además de los foros romanos se ha reconstruido toda la ciudad de Roma; la reconstrucción se ha hecho con un programa que genera automáticamente maquetas con texturas “procedurales”. Esta versión de Roma no fue aprobada por la dirección de los Museos de los Foros</p>	

TEATRO MARITIMO, VILLA ADRIANA, (TIVOLI), ITALIA.	2004
Autores:	ABSOLUTE MEDIA DESIGN (Genone, Duo)
Localización:	http://www.itabc.cnr.it/buildingvirtualrome
	
<p>Notas: Cronología: II d.C. Esta reconstrucción del Teatro Marítimo de Villa Adriana deja sin resolver la zona de la isla central, en la que había una serie de habitaciones privadas (atrio, biblioteca, triclinio y baños). Las columnas de la zona de la isla no son dóricas sino jónicas.</p>	

VILLA ROMANA DE KERKRADE-HOLZKUIL, HOLANDA,	2005
Autores:	PANSA BV. Kees Peterse, Gerard Jonker
Localización:	http://www.pansa.nl/Link9.htm
	
<p>Notas: Cronología: II d.C. La escala de esta imagen no permite hacer consideraciones constructivas.</p>	

VILLA ROMANA DE SANTA ANNA. TERAMO, ITALIA.	2010
Autores:	CNR ITABC, ROMA.
Localización:	http://www.vhlab.itabc.cnr.it/
	
<p>Notas: Cronología: I a.C. La decoración de III – IV estilo no es adecuada a la villa ya que es un tipo de pintura que se fecha a partir de época claudia (42-54 d.C.), mientras que la villa es del siglo I a.C. La separación entre columnas es irregular y algo grande, comparada con la planimetría del estado actual.</p>	

BASÍLICA ROMANA DE LEICESTER, (REINO UNIDO)	2009
Autores:	The Randford group for architectural research, Universidad de Montfort. Cawthorne y Watson.
Localización:	http://www.dmu.ac.uk/faculties/art_and_design/associates/radford-group/research-projects/virtual-roman-leicester.jsp
	
<p>Notas: Cronología: 210 d.C. Se trata de una aplicación navegable en tiempo real, y estas imágenes no permiten hacer consideraciones de tipo constructivo.</p>	

VILLA NERONIANA, AQUAE PATAVINAE, (PADUA, ITALIA)	2011
Autores:	CNR ITABC, UNIVERSIDAD DE PADUA
Localización:	http://www.aquaeptavinae.lettere.unipd.it/portale/?page_id=1903
	
<p>Notas: Cronología: s. I d.C. En la reconstrucción virtual han intentado resolver la cubierta del pórtico, pero ni los cantos de las vigas ni los dinteles ni su encuentro, son adecuados. El despiece de los dinteles de madera no tiene sentido, y las columnas no parecen correctas desde un punto de vista tipológico ni constructivo.</p>	

DOMUS DE LOS PÁJAROS, (ITÁLICA, SEVILLA)	2008
Autores:	E. Barragan
Localización:	http://italicaromana.blogspot.com/2008/05/casa-de-los-pjaros.html
	
<p>Notas: Cronología: s. I a.C. En la reconstrucción virtual se observa que las luces entre pilares son mucho mayores que en la realidad.</p>	

5.1.2. Maquetas Físicas y Dibujos³⁶

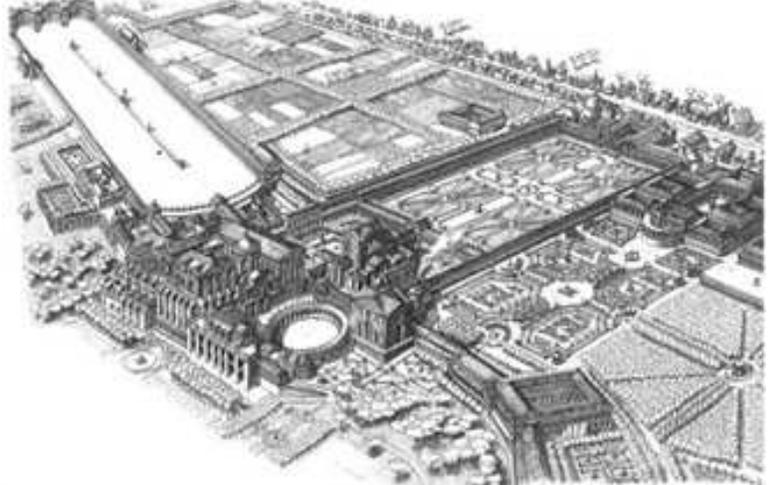
RECONSTRUCCIÓN DE LOS FOROS IMPERIALES, (ROMA), ITALIA	2000
Autores:	Studio ROMATRE s.c.a.r.l.
Localización:	Visitor center, Foros Imperiales, Roma.
	
<p>Notas: Cronología: 113-117 d.C.</p> <p>En esta imagen aparece el foro de Augusto en el centro, con el foro de Nerva a la derecha, una parte del pórtico del foro de Julio César en la zona inferior de la imagen. Esta maqueta se expone de forma permanente en el centro de visitantes de Roma.</p>	
RECONSTRUCCIÓN DE LOS FOROS IMPERIALES, (ROMA), ITALIA	1930
Autores:	Italo Gismondi
Localización:	
	
<p>Notas: Cronología: II d.C.</p> <p>En esta imagen aparece el foro de Augusto con el templo de Marte Ultore; la zona que ocupa el Foro de Cesar no se representa en la reconstrucción porque en el momento de realización de la maqueta no se conocía.</p>	

³⁶ No se han incluido los cuadros en los que aparecen representaciones pictóricas de arquitectura romana debido a la complejidad del tema, pero para el estudio de la arquitectura romana y sus representaciones he tenido en cuenta las representaciones que hacían Alma Tadema o Henryk Siemiradzki en el siglo XIX.

RECONSTRUCCIÓN DE VILLA ADRIANA, (TIVOLI), ITALIA		1956
Autores:		Italo Gismondi
Localización:		Villa Adriana, Tivoli.
		
<p>Notas: Cronología: II d.C. (118-138) En esta foto se observa el canopo con el estanque y a la izquierda la explanada del pretorio. La portada del Ninfeo que hay al fondo del canopo está resuelta con una especie de serliana que no encuentra ningún paralelo histórico en época romana y que con casi total seguridad se trata de una solución desafortunada.</p>		
MAQUETA DE OSTIA ANTICA, (ROMA), ITALIA		
Autores:		Italo Gismondi
Localización:		Museo de Porta San Paolo, Roma.
		

MAQUETA DE ROMA, ITALIA.	1955
Autores:	Italo Gismondi
Localización:	Museo della civiltà romana, Roma.
	
<p>Notas: Cronología: IV d.C. Maqueta realizada en 1955 a escala 1:250</p>	
MAQUETA DE LA ROMA IMPERIAL	
Autores:	Paul Bigot
Localización:	Universidad de Caen
	
<p>Maqueta realizada en 1911 a escala 1:400, hecha para poder contextualizar la maqueta del Circo Máximo que este arquitecto había realizado durante su estancia en l'Ecole française y Villa Médicis.</p>	

<p>DIBUJO RECONSTRUCTIVO DE VILLA DE LIVIA, (PRIMA PORTA), ITALIA</p>	<p>2004</p>
<p>Autores:</p>	<p>Allan Klynne</p>
<p>Localización:</p>	<p><i>The laurel grove of the Caesars: looking in and looking out.</i> En "Roman villas around the urbs. Interaction with landscape and environment". Actas de la conferencia en el Swedish Institute de Roma. 17-18 Septiembre 2004.</p>
	
<p>Notas: I a.C-I d.C. Reconstrucción del conjunto de la Villa de Livia sobre la colina, con el jardín imperial en época julio-claudia. La zona residencial (a la izquierda en la figura) apenas está esbozada, se ven los muros del criptopórtico que están sin definir, porque en efecto faltan datos para su comprensión, y el pórtico del gran jardín. En esta hipótesis se ha dejado el pórtico abierto hacia el lado sur sin tener en cuenta que se han encontrado restos de basamentos de columnas que hacen pensar que se trataba de un pórtico parcialmente cerrado en esta zona.</p>	

<p>RECONSTRUCCIÓN GRÁFICA DEL TEMPLO DE LA PAZ, (ROMA), ITALIA</p>	<p>2007</p>
<p>Autores:</p>	<p>Museo de los Foros Imperiales, Inklink</p>
<p>Localización:</p>	<p>http://es.mercatiditraiano.it/sede/area_archeologica/tempio_della_pace</p>
	
<p>Notas: 75 d.C.</p>	
<p>Reconstrucción del foro de la Paz con el templo del mismo nombre al fondo, versión aceptada por la dirección del museo de los Foros Imperiales de Roma, y los resultados de los estudios de R. Meneghini.</p>	
<p>VILLA DEI QUINTILI, (ROMA), ITALIA</p>	
<p>Autores:</p>	<p>Francesco Corni</p>
<p>Localización:</p>	<p>http://www.francescocomi.com/disegni.php?s_regione=Lazio&disegniOrder=Sorter_titolo&disegniDir=DESC&disegniPage=2</p>
	
<p>Notas: I d.C.</p>	
<p>Reconstrucción del conjunto de la Villa de Quintili. La escala del dibujo no permite ningún tipo de análisis.</p>	

5.2. Trabajos propios: reconstrucción virtual del ninfeo de Egeria (parque de la Caffarella, Roma).

El Ninfeo de Egeria se encuentra en el Parco della Caffarella, que forma parte del entorno de la Appia Antica, uno de los conjuntos arqueológicos más grandes de Roma y de Italia, que se encuentra bajo la tutela de las dos Superintendencias Arqueológicas de Roma, la municipal y la estatal. Este caso de estudio se desarrolló dentro del proyecto de puesta en valor del patrimonio de la Via Appia Antica. El proyecto Appia tenía por objeto catalogar y valorizar todo el complejo con numerosos restos arqueológicos, poniendo especial interés en aquellos de mayor relevancia arquitectónica como es el caso del Ninfeo di Egeria.

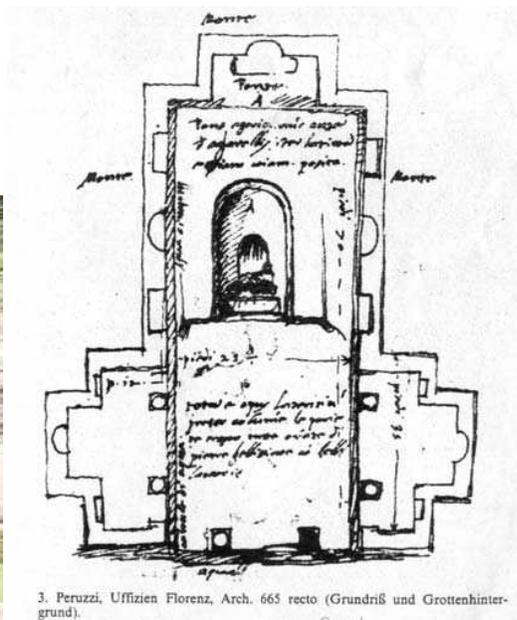
El Ninfeo de Egeria fue construido en el siglo II d.C. por Erode Attico, rector, filósofo y preceptor de los emperadores Lucio Vero y Marco Aurelio, y gobernador de una parte de Asia y Grecia. Formaba parte del Triopio que éste edificó en memoria de su esposa Anna Regilla, y estaba dedicado probablemente al dios fluvial Almona. Se identificó erróneamente con la gruta de la ninfa Egeria en la época del humanismo debido al hallazgo de una inscripción que hizo pensar que sería este el lugar donde Numa Pompilio se encontraba con la ninfa.

El tema de los ninfeos, en general, es un tema poco estudiado. Encontramos noticias e informaciones muy generales sobre arquitectura romana que nos citan la existencia de estas edificaciones. Hay algunas publicaciones de carácter general citadas en la bibliografía sobre ninfeos, y P. Gros y R. Marta hablan en sus obras de terminología y tipologías de ninfeos, fuentes y manantiales. Aparecen ejemplos de las fuentes monumentales más antiguas de Roma e Italia así como ejemplos de las provincias de Grecia y Oriente en los dos primeros siglos del Imperio y en las provincias occidentales. Pero nunca se llega a desarrollar el tema de los ninfeos en profundidad. En el trabajo de Gros, se define de una manera bastante clara el concepto de ninfeo: *“El ninfeo es uno de los elementos tipológicos más característicos de la civilización romana que ofrece a la sencillez de la fuente un marco arquitectónico y una escenografía que satisfacen al mismo tiempo las exigencias funcionales y el placer sensible, así como aquellas de carácter cultural y religioso intrínsecas a la sacralidad del agua. Su origen se sitúa en Grecia, Asia Menor y Siria, lugares en los que alcanzó un extraordinario desarrollo. Sin embargo es en la Roma Imperial donde se convierte en uno de los símbolos de la urbanística romana, más aún que las grandes termas y los anfiteatros, en esa búsqueda de la utilidad y el placer que Roma promovía en las ciudades del Imperio”*. Otra publicación interesante aunque demasiado generalista, es *“L'arte di costruire presso i Romani: materiali e tecniche”*, de J. P. Adam. En él, se habla de cuestiones más técnicas, en lo que se refiere a sistemas de recogida y distribución del agua a nivel urbano, y en lo referido a cuestiones constructivas como los revestimientos en la arquitectura romana, pavimentos, etc. En las publicaciones que hablan ya específicamente del Ninfeo di Egeria encontramos textos como *“Il ninfeo di Erode Attico detto Grotta della Ninfa Egeria e del valle della Caffarella”*, de R. Clementi, *“Ninfeo di Egeria al Parco della Caffarella in Roma”* (una tesina de la escuela de arquitectura), *“Roma delle delizie: teatri dell'acqua, grotte, ninfei, fontane”*, de M. Fagiolo, *“La fonte della ninfa Egeria”*, de A. M. Ramieri, *“La civiltà dell'acqua in Ostia Antica”* de M. A. Riciardi, textos que transmiten, en su mayoría, hipótesis basadas más en percepciones románticas de la ruina que en la realidad física y constructiva del monumento. Existen también dos textos, aún sin publicar, redactados por la Soprintendenza tras los trabajos de 1999 que son los que aportan datos más claros y científicos. Las primeras representaciones gráficas del ninfeo provienen de Antonio

Sangallo, en el siglo XVI, y después de él aparecen otras de G. B. Piranesi, Johann Christian Eberlein, Luigi Rossini, Claude Lorrains y otros, y presentan ya la estructura en las condiciones de ruina y abandono.



Figura 26 Estado actual del ninfeo de Egeria



3. Peruzzi, Uffizien Florenz, Arch. 665 recto (Grundriß und Grottenhintergrund).

Figura 27 Planta reconstructiva de B. Peruzzi (1520).



Figura 28. Estado actual del Ninfeo.



Figura 29. Estado actual.

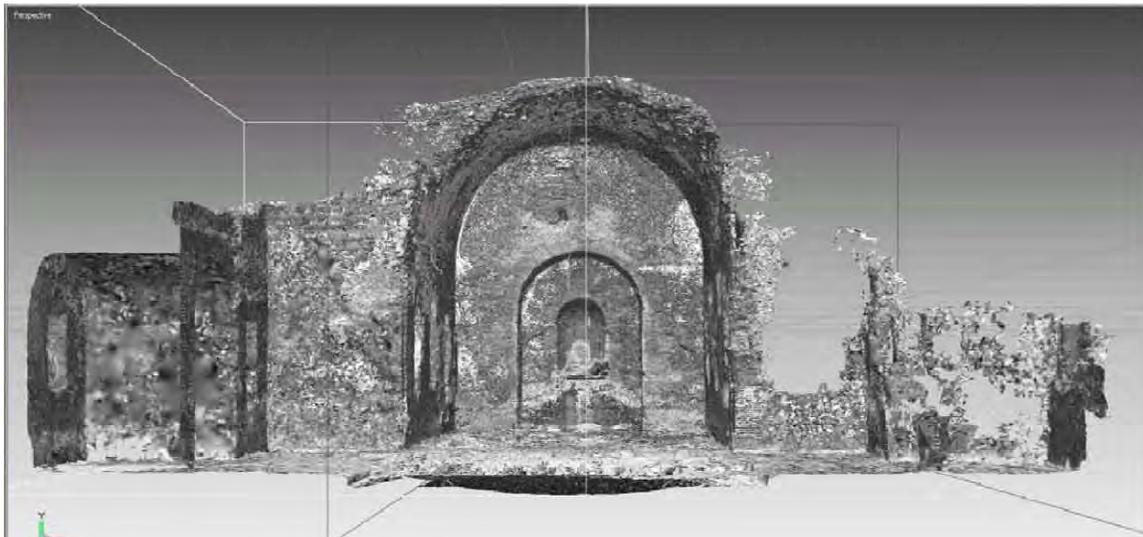


Figura 30 Levantamiento tridimensional realizado con escáner laser.

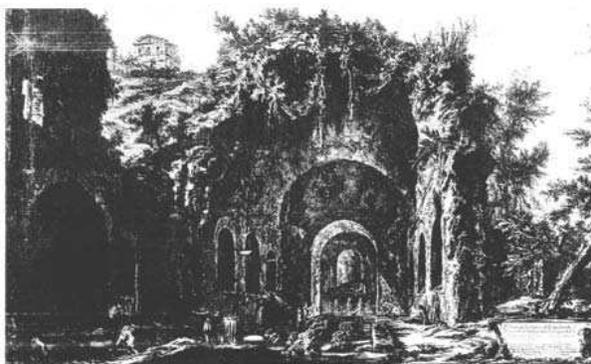


Figura 31 Dibujo de G. B. Piranesi en 1766

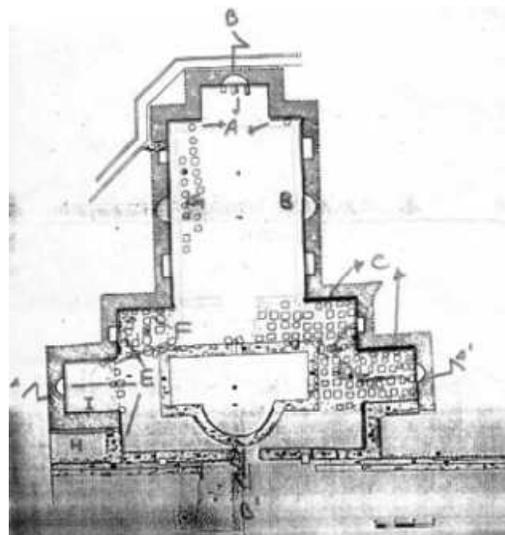


Figura 32 Planta realizada por la S.A.R en 2000

En todas ellas se observa que el ninfeo, una vez convertido en ruina se destinó a diferentes usos. En este caso, las imágenes corresponden al periodo en que destinó a lavadero. Se sabe que anteriormente se usó como zona destinada para comer, aunque las imágenes que existen son posteriores al desarrollo de tal uso. Entre ambas hipótesis se pueden encontrar similitudes, pero también diferencias. Los dos autores se refieren a la existencia de cuatro columnas en el centro del espacio, algo que sería necesario en el caso de que estuviera cubierto con una bóveda. En los trabajos llevados a cabo por la Superintendencia el año 1999 no se encontró rastro de las mismas. En lo que si hay una clara diferencia entre ambos, es en la configuración y la situación de un posible pórtico delantero. En las excavaciones del año 1999 tampoco apareció ningún indicio de su existencia. El estado en que llegó el ninfeo el año 1999 antes de su restauración, nada tenía que ver con el edificio original ni con la romántica interpretación que de él habían hecho diferentes autores.

El año 1999 la Soprintendenza Comunale Archeologica di Roma llevó a cabo la restauración del ninfeo. De las excavaciones arqueológicas realizadas se supo que el ninfeo del siglo II sufrió alteraciones importantes en el siglo IV, con Massenzio, pero su actual estado de conservación proviene de las intervenciones que se realizaron sobre él a partir del Renacimiento italiano, época en que surge una admiración profunda por la arquitectura romana antigua. Las modificaciones más importantes que se llevaron a cabo fue la aparición de una piscina con ábside, un muro de cerramiento en la parte delantera y dos pequeños muretes que cerrarían (no se sabe su altura) el cuerpo principal. Aprovechando los datos recogidos por las excavaciones realizadas en las labores de restauración, se busca encontrar la hipótesis constructiva más coherente del estado original del edificio, en el aspecto que presentaría en su primera construcción, en el siglo II. Dichas excavaciones ponían de manifiesto algunos datos desconocidos sobre el ninfeo ya que el nivel del suelo se había elevado más de un metro a lo largo de los siglos. La existencia de un pórtico delante de la estructura que actuara de diafragma con el paisaje circundante no ha sido probada por ninguna de las indagaciones

efectuadas por los arqueólogos de la Superintendencia y queda como conjetura a comprobar. Se pretende estudiar su posible existencia junto con la cubierta. De existir muy probablemente sería en estilo corintio, que es el que se relacionaba con las divinidades del agua, lo que permite partir de las proporciones conocidas para realizar las hipótesis. Se supone que la relación de Erode Attico con parte de Grecia y Asia, de las que era gobernador, debió influir en el aspecto estético de este ninfeo. Entre los paralelos tipológicos encontrados, aparece un ejemplo similar en Peirene (Corinto), aunque descubierto, con una organización similar a la estructura de Egeria, y numerosos ejemplos en Ostia Antica, más cercanos, pero de menor entidad que el de Egeria, mucho más próximo en magnitud y grandiosidad a los tipos orientales que poseen un desarrollo decorativo excepcional.

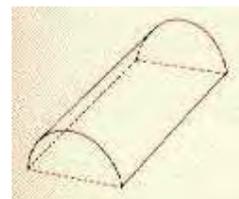
El edificio presenta un cuerpo central principal cubierto por una poderosa bóveda de cañón que se ha conservado en gran parte y otro espacio delante del anterior flanqueado por dos recintos cubiertos por bóveda de cañón, una de las cuales se ha perdido en su totalidad. Los muros aparecen decorados con hornacinas de planta rectangular y semicircular. Aún quedan restos de la decoración de mármol que debió cubrirlos. Al fondo del espacio central aparece una gran hornacina con una escultura, parece ser del dios fluvial Almona, dispuesta sobre tres caños, uno de los cuales todavía emana agua. El suelo presenta una cuadrícula de bloques de peperino en la zona exterior, mientras que en el interior aparecen restos de piedra labrada en forma circular dispuestos sin orden. Los muros presentan empotrados restos de cuniculos para la evacuación del agua. En la zona exterior se encuentra una piscina rectangular con ábside en uno de sus lados largos. El conjunto se cierra con unos muretes bajos bastante deteriorados realizados en *opera vittata*. Toda la gran bóveda se encuentra cubierta por el terreno, quedando la estructura incrustada dentro de la ladera con profusa vegetación.

5.3.1. Tipologías de cubiertas más frecuentes

Se van a analizar los principales sistemas constructivos romanos de la época, se compararán con los restos existentes y se intentará comprobar la validez de la teoría con la realidad.

5.3.1.1. Bóveda de cañón

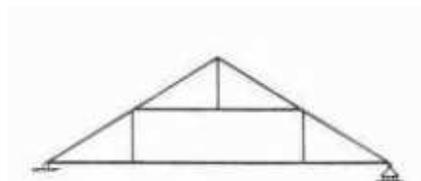
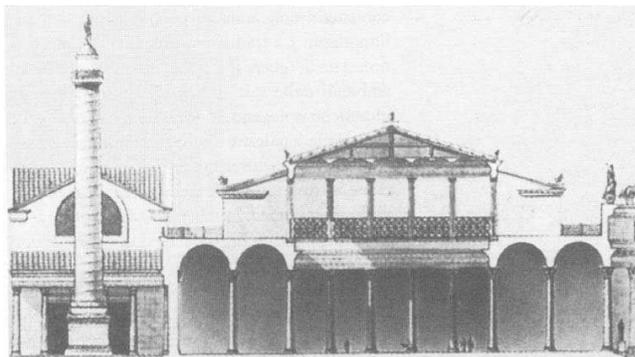
- Descripción: originada por el desplazamiento de un arco de medio punto a lo largo de un eje longitudinal.
- Referencia: Termas de Caracalla



- Forma de trabajo: Produce empujes en los dos laterales de apoyo. Necesita de un muro convenientemente dimensionado si no existen bóvedas laterales que sirvan de contrarrestos.

5.3.1.2. Cubierta de cerchas de madera

- Descripción: Formada por estructuras de madera trianguladas y atirantadas que salvan la luz a cubrir con menos sección que la que necesitaría una viga simple.
- Referencia: Basílica Ulpia



- Forma de trabajo: La estructura de la cercha recibe tensiones en los nudos, de tracción o compresión según la posición de este. Sobre los muros transmite esfuerzos verticales.

5.3.1.3. Bóveda central de arista y bóvedas laterales de cañón

- Descripción: Bóveda de arista apoyada sobre las cuatro columnas centrales. En los laterales se cubre con bóvedas de cañón.

- Referencia: Villa Adriana.



- Forma de trabajo: La bóveda central transmite los esfuerzos a los cuatro soportes. Las bóvedas laterales contrarrestan los empujes

5.3.1.4. Bóveda central de arista y cubiertas laterales de madera

- Descripción: Bóveda de arista apoyada sobre las cuatro columnas centrales. En los laterales se cubre con cubierta sencilla de madera a un agua.

- Forma de trabajo: La bóveda central transmite los esfuerzos a los cuatro soportes y debe quedar contrarrestada por algún muro con suficiente dimensión o atirantada.

5.3.1.5. Bóveda central y laterales de cañón

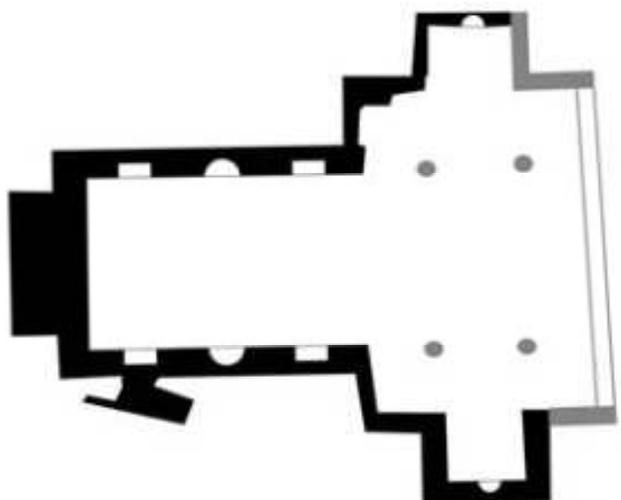
- Descripción: Bóveda de cañón soportada sobre dos vigas apoyadas sobre las cuatro columnas centrales. En los laterales se cubre con otras bóvedas de cañón de menor dimensión que apoyan sobre las vigas anteriores y los muros perimetrales.

- Forma de trabajo: La bóveda central transmite los esfuerzos a los cuatro soportes. Las bóvedas laterales contrarrestan los empujes

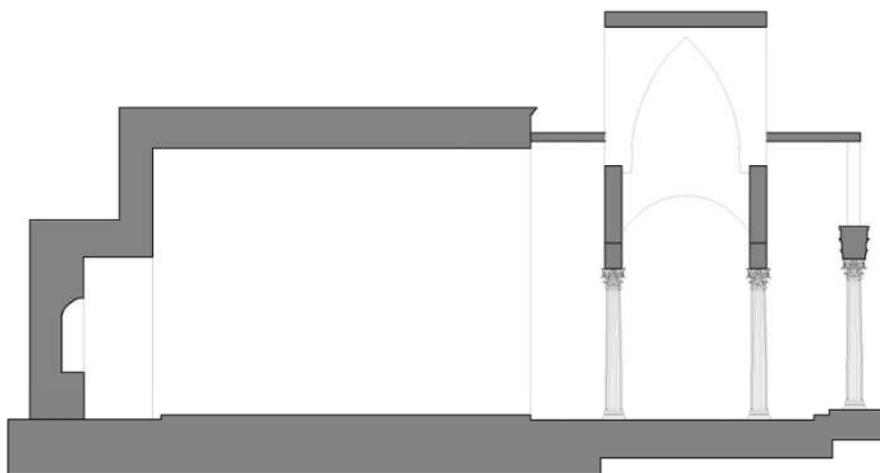
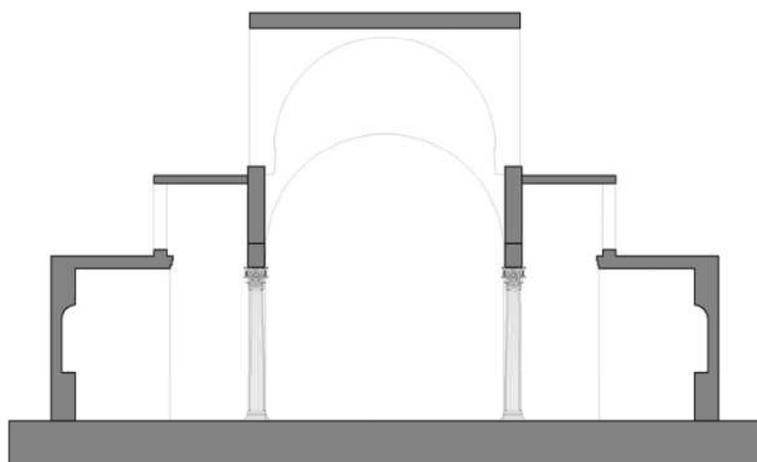
5.3.2. Hipótesis de cubiertas:

5.3.2.1. Atrio con cuatro columnas centrales

Existen dos hipótesis del siglo XIX sobre la configuración original del ninfeo (Peruzzi, Canina) que incluyen cuatro columnas centrales que servirían de apoyos intermedios para la posible cubierta. La dimensión del espacio central sería de 7 x 4 metros. La disposición de estos pilares seguiría los ejes de los muros perpendiculares al espacio del atrio:

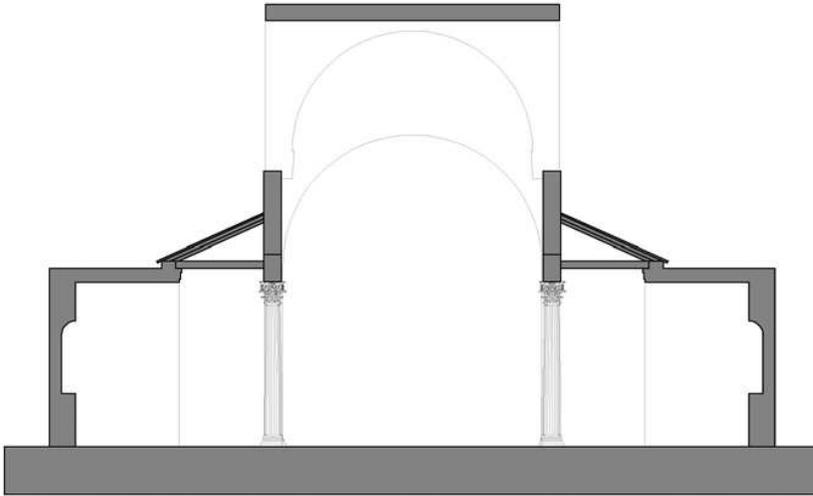


5.3.2.1.1. Bóveda central de arista con bóvedas de cañón laterales



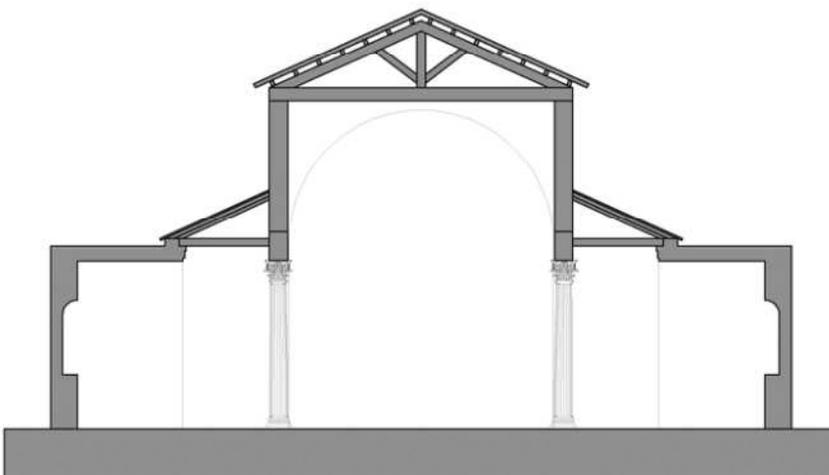
- Análisis de la hipótesis: La menor dimensión de la bóveda de arista la hace estructuralmente posible. La altura que toma la bóveda es excesiva. Al ser un espacio rectangular con los lados cortos de mucha menos dimensión que los largos, los cuartos de bóveda generados por dichos lados cortos resultan excesivamente apuntadas. Las bóvedas de los espacios laterales, de haber existido, hubieran dejado trazas sobre los muros que no se aprecian.

5.3.2.1.2. Bóveda central de arista con cubiertas laterales de madera



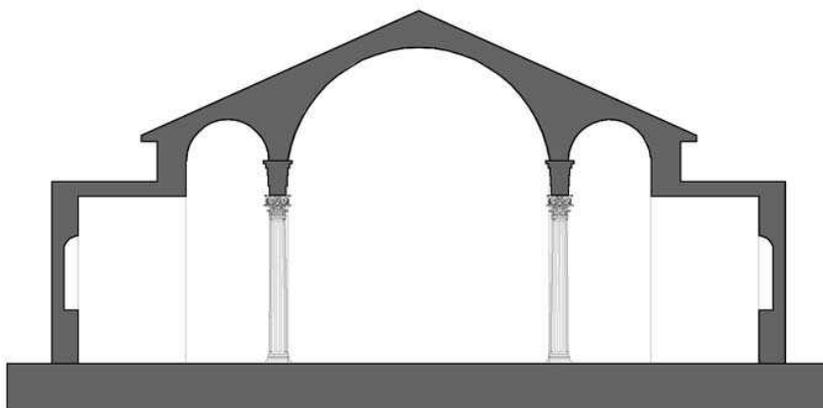
-Análisis de la hipótesis: La menor dimensión de la bóveda de arista la hace estructuralmente posible. La altura que toma la bóveda es excesiva. Al igual que en la hipótesis anterior, al ser un espacio rectangular con los lados cortos de mucha menos dimensión que los largos, los cuartos de bóveda generados por dichos lados cortos resultan excesivamente apuntadas. Las cubiertas de madera de los espacios laterales no hubieran contrarrestado los empujes de la bóveda central. No existen trazas sobre el muro de las cubiertas laterales.

5.3.2.1.3. Cercha central de arista con cuchillos laterales



-Análisis de la hipótesis: Las dimensiones son aceptables. Estructuralmente, dependiendo de la dimensión de la viga de apoyo sobre las columnas, podría ser posible, sin embargo, dicha viga habría dejado trazas de los mechinales en el muro frontal. Observando los restos del muro, estas trazas no aparecen.

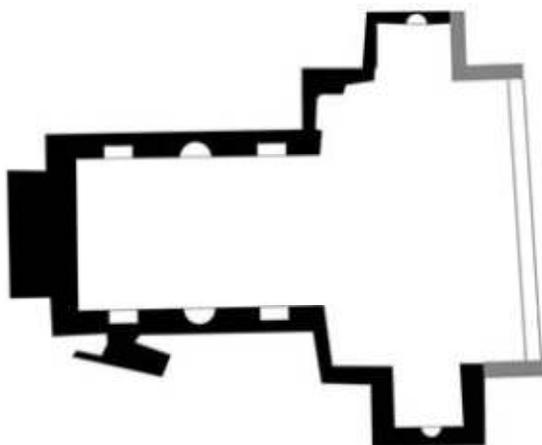
5.3.2.1.4. Bóveda central y laterales de cañón



-Análisis de la hipótesis: Las dimensiones son aceptables. Estructuralmente, debiera existir una viga que apoyara sobre los pilares y llegara hasta el muro frontal sobre la que apoyarían las bóvedas. Sin embargo, dicha viga habría dejado trazas de los mechinales en el muro frontal. Observando los restos del muro, estas trazas no aparecen.

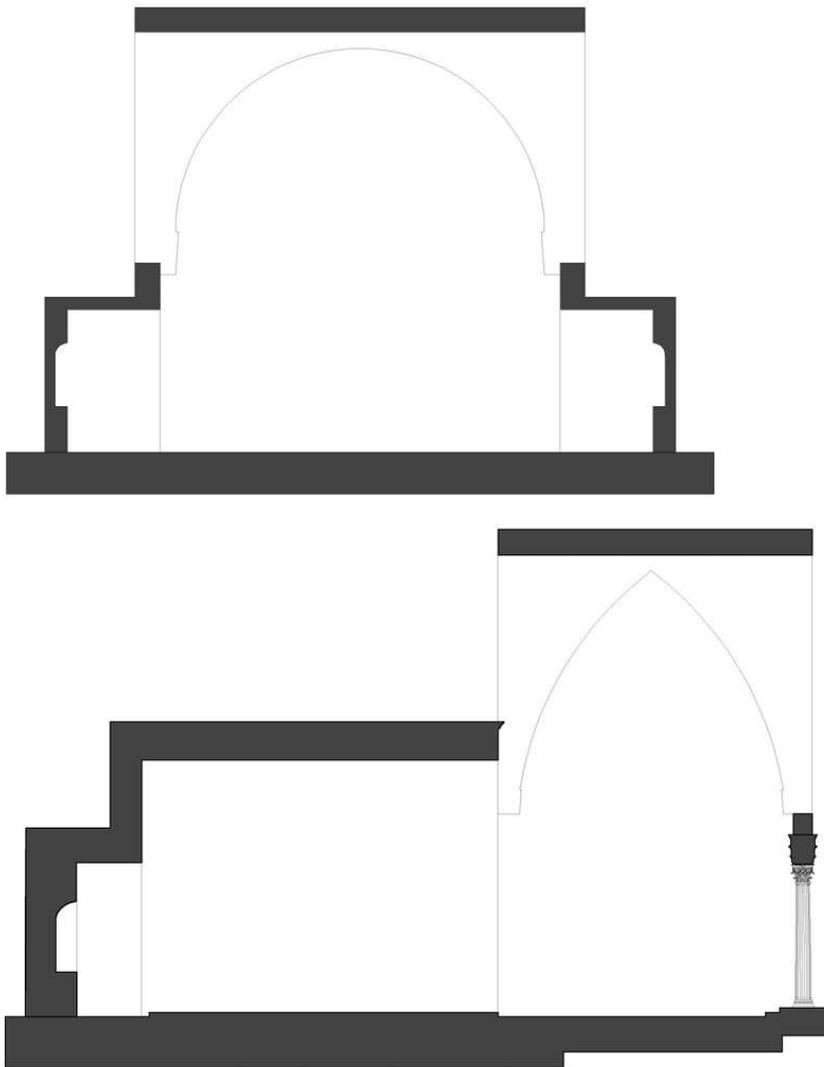
5.3.3. Atrio sin las cuatro columnas centrales

A pesar de las hipótesis del XIX las excavaciones arqueológicas realizadas recientemente en el ninfeo no han sacado a la luz ningún tipo de resto de las columnas centrales. Es posible que dichas hipótesis se deban al hecho de creer excesiva la luz total para cubrirla sin apoyos intermedios. La planta del ninfeo quedaría como sigue:



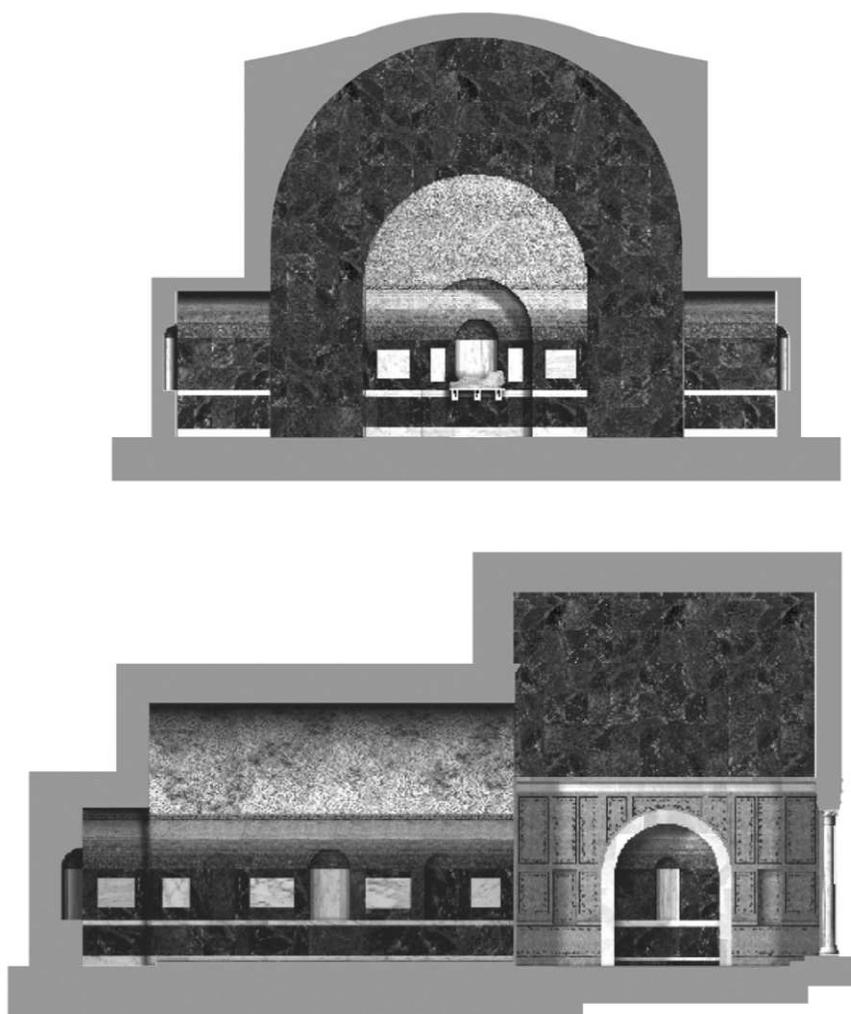
Sin considerar esas columnas intermedias la cubierta ha de apoyarse en los muros laterales, en el frontal y en el cerramiento delantero. Este podría haber sido realizado con una columnata que sirviera de diafragma hacia el espacio abierto frente al ninfeo. El espacio a cubrir tiene unas dimensiones de 13 x 9 metros.

5.3.3.1.1. Bóveda de arista



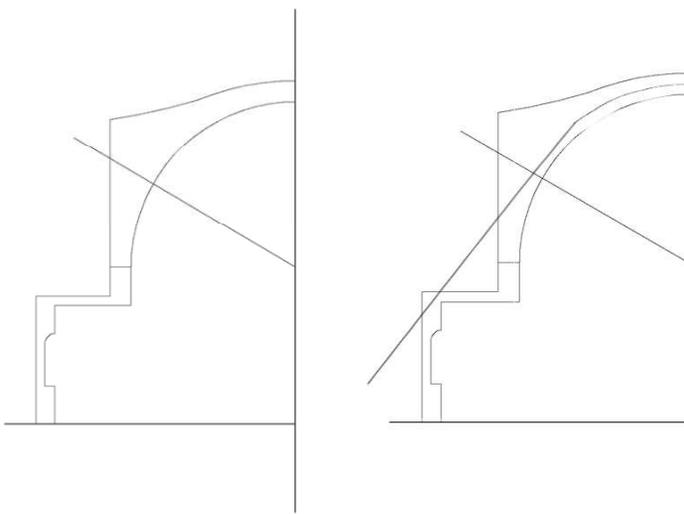
- Análisis de la hipótesis: La dimensión de la cubierta se vuelve excesiva para la escala del edificio. Los muros no resistirían los esfuerzos. Además, al ser un espacio rectangular con los lados cortos de mucha menos dimensión que los largos, los cuartos de bóveda generados por dichos lados cortos resultan excesivamente apuntados. Los arranques de la bóveda habrían dejado algún tipo de huella sobre el muro, como sucede en otros casos de bóvedas similares en restos romanos. No se observan dichas huellas.

5.3.3.1.2. Bóveda de cañón



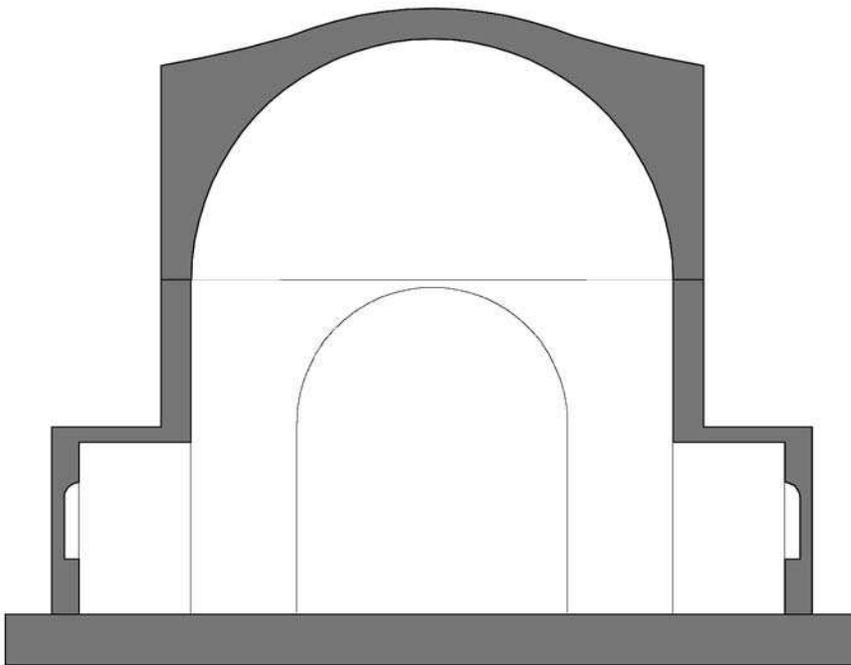
- Análisis de la hipótesis: La bóveda apoyaría sobre los lados laterales del espacio central. Compositivamente podría ser posible. La fachada tendría que ser resuelta con un gran ventanal o un frontón sobre columnata. Estructuralmente el peso de la bóveda que cubriría unos 13 metros de luz, sería muy importante.

Se ha realizado el estudio por estática gráfica de la sección de la bóveda de cañón.



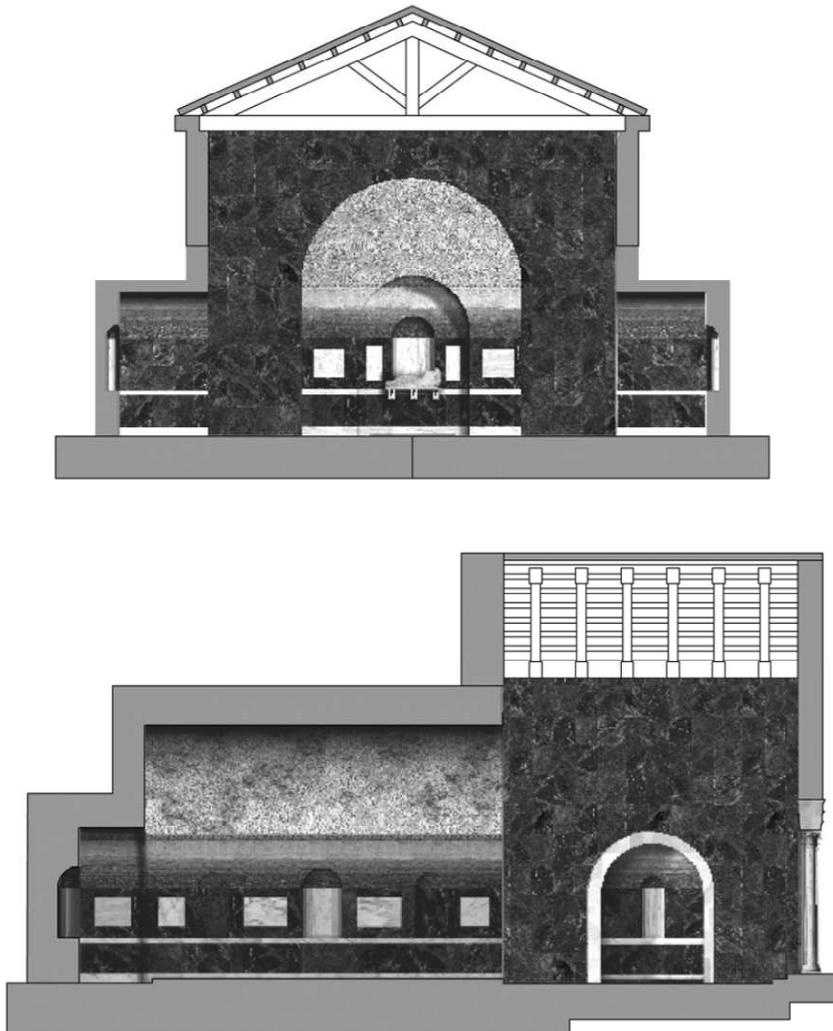
Al realizar la estática gráfica se observa que el muro que serviría de apoyo a la bóveda no resistiría (la resultante se sale de la sección del muro).

5.3.3.1.3. Bóveda esquifada



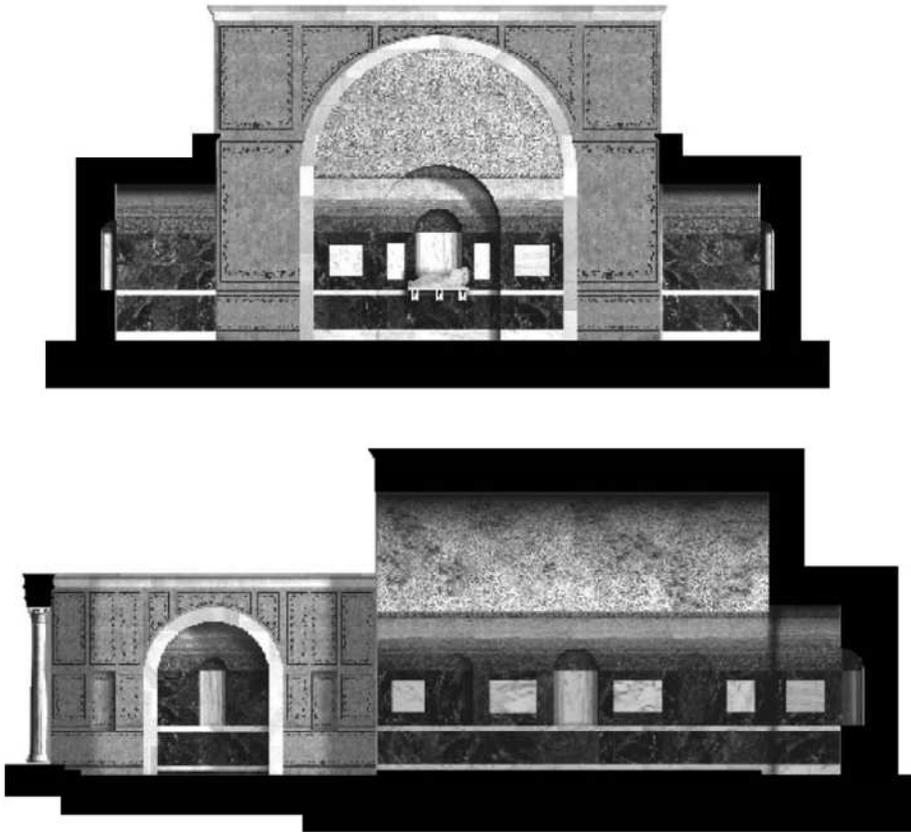
- Análisis de la hipótesis: La bóveda toma una altura imposible. Los muros no resistirían los esfuerzos. Compositivamente no respeta las proporciones clásicas.

5.3.3.1.4. Cercha de madera



- Análisis de la hipótesis: El grosor de los muros no resistiría el peso de la cubierta. Tendrían que tener una dimensión de más del doble de la actual.

5.3.4. Atrio sin cubierta:



- Análisis de la hipótesis: Dados los problemas, tanto estructurales como compositivos, que supone cubrir el espacio central, y dado que no existen trazas de ninguna de las posibles cubiertas sobre los muros actuales, se propone la solución del espacio abierto. Estructuralmente no supone ningún problema. Constructivamente, no tener cubierta afecta al tipo de revestimiento exterior y a la evacuación de aguas. Sí se aprecia en los restos que el nivel del suelo de la zona interior es más alto que el de la exterior. Esto podría deberse a que, efectivamente, esta zona “exterior” se encontrara descubierta.

5.3.5. Conclusión:

Como resumen de las conclusiones que se han ido exponiendo en cada una de las hipótesis anteriores, se puede llegar a afirmar con bastante seguridad que el atrio delantero del ninfeo no debió estar cubierto. Refuerza esta conclusión el hecho de haber encontrado paralelos en Asia Menor, como el ninfeo de Peirene, que recuerdan en su configuración al Ninfeo di Egeria.

El modelo completo, reconstruido en el estado actual y el siglo II d.C., se puede observar en el paisaje antiguo. La maqueta se ha hecho con niveles de detalle diferentes, dependiendo de la escala percibida, con una versión ligera para real time y otra detallada.

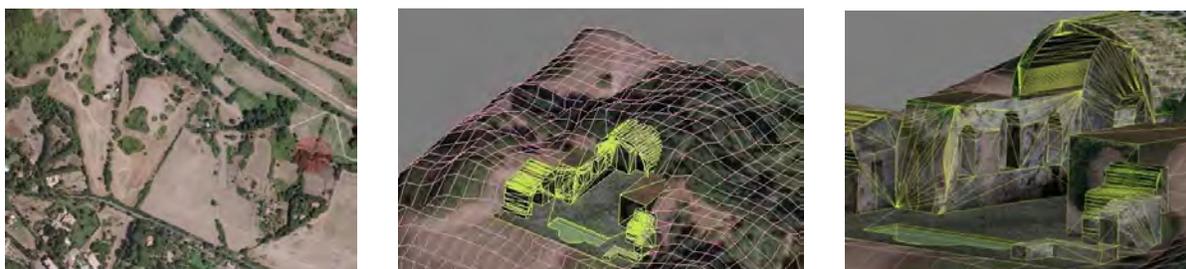


Figura 33 Vistas del proceso de reconstrucción virtual del ninfeo de Egeria, desde la determinación de la posición en el territorio hasta la generación del modelo del estado actual.



Izquierda: maqueta simplificada antes de insertarla en el paisaje antiguo, a la derecha imágenes de trabajo de la maqueta simplificada, usando un único tipo de textura para cada material, como se puede observar en las columnas de mármol aún sin girar;



Imágenes de la maqueta terminada con distinto nivel de detalle

5.3. Centros de realidad virtual:

(Última consulta diciembre 2011)

Europa

Centro de Realidad Virtual de Barcelona, España.

www.crvbcn.com

<http://www.lsi.upc.es/dept/crv/>

Grupo de visualización avanzada, Universidad de la Coruña, España.

<http://videalab.udc.es/>

Sociedad española de arqueología virtual. SEAV. Laboratorio de Arqueología virtual, USLAV, (departamento de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla, y SEAV).

<http://www.arqueologiavirtual.com/>

Virtual Heritage Lab del CNR-ITABC, Roma, Italia.

<http://www.itabc.cnr.it/VHlab/>

LAR. Landscape and archaeological research group, UPM, Madrid.

<http://redgeomatca.rediris.es/lar/inicio.htm>

Visual Information Technology (VISIT) Lab and Virtual Theater at CINECA, Bologna, Italia.

<http://www.cineca.it/HPSsystems/vis.i.t/>

<http://www.cineca.it/~nume03/Papers/EVA2000/Eva2K.htm>

http://3d.cineca.it/storage/demo_vrome/htdocs/

Information Technology laboratory, CNR-IBAM, Bari, Italia

<http://www.ibam.cnr.it/>

Virtual Reality Center, Dinamarca

<http://www.uni-c.dk/produkter/forskning/vrc>

King's visualization Lab, King college London, Reino Unido

<http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/colchester.html>

VR Center in London, Reino Unido

<http://www.vr.ucl.ac.uk>

Virtual Reality Center at Teesside University, Reino Unido

<http://vr.tees.ac.uk>

Advanced telematics Centre, Manchester, Reino Unido

<http://www.atc.mcc.ac.uk>

<http://www.virtualheritage.net/about.htm>

Virtual Reality Center in Aachen, Alemania

<http://www.rwth-aachen.de/vrca/index.html>

Virtual Reality Lab at Fraunhofer Institute of Industrial Engineering, Alemania. Koln International school of Design

<http://colonia3d.de/>

Foundation of the Hellenic World. Atenas, Grecia.

<http://www.fhw.gr>

The Computer Vision Laboratory del ETH Zurich, Suiza

<http://www.vision.ee.ethz.ch/>

Museo arqueológico virtual de Herculano, Italia

<http://www.museomav.it/index1.html>

Information portal for technology in cultural heritage

<http://www.virtualheritage.net/>

The state museum centre of the republic of Karelia

<http://www.museums.karelia.ru>

De Montfort University of Leicester

<http://heritage-key.com/blogs/ann/virtual-roman-leicester-digital-recreation-ratae-corieltauvorum-210ad>

Faculty of Electrical Engineering, University of Sarajevo, Bosnia-Erzegovina

<http://www.muzejsarajeva.ba/tekija/index.html>

CNRS: Pagina del grupo de investigación para la aplicación de métodos científicos a la arquitectura y el urbanismo

<http://www.map.archi.fr/gamsau/>

América

The Virtual Reality Applications Center, USA

<http://www.vrac.iastate.edu>

Human Interface Technology Laboratory of the University of Washington, USA

<http://www.hitl.washington.edu/>

Virtual Reality Lab at University of California Irvine, USA

<http://www.cvr.uci.edu>

CyberMind Virtual Reality Center, San Francisco, USA

http://vr-atlantis.com/lbe_guide/12.html

Shape Lab at Brown University, USA

<http://www.cs.brown.edu/research/graphics/research/cave/home.html>

<http://www.lems.brown.edu/vision/extra/SHAPE>

Cultural Virtual Reality Lab, University of California, Los Angeles, USA

<http://www.cvrlab.org>

<http://www.humnet.ucla.edu/humnet/classics/faculty/frischer/mission.html>

Universidad de Merced, School of Social Sciences, Humanities and Arts

<http://faculty1.ucmerced.edu/mforte/>

Concordia University, Montreal, Quebec, Canada. Communication Studies Department 3Dmt Center

ccwin.concordia.ca/comm/

Asia

Cyber Image Hall: a Virtual Theater of Kyongju, Corea

<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=782656>

Virtual Reality Society, Japón

<http://www.vrsj.org/main.html>

5.4. Experiencias de reconstrucción virtual de patrimonio cultural

- Red de museos virtuales, virtual museums transnational network
http://www.v-must.net/virtual_museums
- Museo de reconstrucciones virtuales
http://www.reconstructions.org/mor_index_frame.html
<http://www.arsvirtual.org>
- AR application on Roman Forum and Satricum, Allard Pierson Museum, Holanda Amsterdam
<http://allardpiersonmuseum.nl>
- Bologna VR, Bologna City Museum. CINECA: Previsto para 2011-2012
- Museo virtual de la Via Flaminia Antica. Cappella degli Scrovegni, Padova. Parco della Appia Antica, Roma. Paisaje arqueológico de Aksum, Etiopía. Museo Virtual de la Via Flaminia. Roma Virtual. Teramo virtual city.
http://www.itabc.cnr.it/VHLab_Proyectos_de_realidad_virtual_en_Italia_Peru_Kazajstan_Etiopia
- Macromuseo digital en la Red, Patrimonio Nacional y Fundación Telefónica.
www.vihap3d.org
- Art Graphique e Patrimoine. Compañía francesa especializada en patrimonio monumental, cultural y artístico. Desarrolla reconstrucciones 3D en entorno inmersivo de sitios, monumentos y esculturas.
www.artgp.fr
- Cultural VR Lab Proyectos de reconstrucción virtual y Real Time en Bolivia, Egipto, Israel, Jamaica, Perú, Reino Unido, Turquía, Italia y España. Destacan: Coliseo, Foro Romano y Basílica de Santa Maria Maggiore, Roma La Catedral de Santiago de Compostela, España
<http://www.cvrlab.org>
- Museo Virtual de las Puras Formas. Escuela Santa Anna de Pisa, Italia
<http://www.pureform.org>
- Modelo virtual *in situ* de la abadía benedictina de Ename, Bélgica
http://www.ename974.org/Eng/pagina/archeo_overzicht.html
- Pagina dedicada a la documentacion del Patrimonio Cultural y Natural.
www.culnat.org
- Visita al Egipto de la antigüedad a través de entornos de reconstrucción virtual.
<http://www.eternalegypt.org>
- Reconstrucción del Templo de Hera II. Museo de las reconstrucciones: Pirámide de Semwosret I. Pirámide de Semwosret III. Acrópolis de Atenas Reconstrucciones virtuales de Sumeria, Egipto, s. X, s. XIX
<http://members.toast.net/zeroneg1/Web/vreconframeset.html>
http://www.reconstructions.org/mor_index_frame.html
http://home.worldcom.ch/cmuller/Jeux_pan_domain/Jeu_pan_Archeo.html
- Learning sites: Visualización arqueológica para fines educativos y de investigación interactivos
<http://www.learningsites.com>
- Reconstrucción 3D de Arquitectura Americana Nativa
<http://sipapu.gsu.edu/html/kiva.html>
- Fundación del Mundo Helenístico.
<http://www.ime.gr/fhw/en/projects/3dvr/index.html>
- Reconstrucción tridimensional de un templo en Omrit, Siria
<http://www.cadinfo.net/editorial/omrit.htm>
- Reconstrucción de Tambo Colorado, un importante centro administrativo Inca del siglo XV en Perú. Realizado por el Center for Design Visualization de la Universidad de Berkeley, California.
<http://www.farfieldtechnology.com/casestudies/tambo>
- Computer vision laboratory, ETH, Zurich.
<http://www.vision.ee.ethz.ch/showroom/>
- Reconstrucción tridimensional in situ de sitios arqueológicos. Realidad aumentada en tiempo real.
<http://www.archeoguide.it>
- Software para gestión de datos 3D de escáner láser con página destinada a Virtual Heritage.
http://www.rapidform.com/success/success_4_5.htm
- Empleo del levantamiento con escáner láser 3D como proceso para la conservación del patrimonio.
<http://www.innovmetric.com/Surveying/english/heritage.html>

5.5. Los modelos digitales tridimensionales aplicados a la representación arquitectónica del patrimonio.

Tal y como ya esbozaba en el apartado 4.2 de esta tesis, acerca de la representación de la realidad a través del modelo tridimensional, a lo largo de la historia se han usado maquetas físicas como documento para poder relacionar una realidad existente o imaginada con una representación de ésta.

La tecnología digital ha supuesto una aportación muy importante en la representación arquitectónica, empezando por los programas de CAD, que son extremadamente precisos y permiten una visión simultánea del proyecto y la posibilidad de trabajar a distintas escalas de forma inmediata, de modo que se puede pasar del aspecto formal de la arquitectura a su esencia constructiva. Estos programas de dibujo permiten elaborar elementos arquitectónicos concretos y crear bibliotecas técnicas, que en el caso de la arquitectura romana facilitan el trabajo posterior de estudio y elaboración de las hipótesis reconstructivas. Las maquetas tridimensionales permiten además una aproximación al objeto de manera que se tiene una visión total del modelo permitiendo una verificación de la futura arquitectura virtual.

Los programas de modelado virtual tienen una gran facilidad de manejo a la hora de construir la arquitectura, de manera que a estas maquetas se les pueden aplicar texturas y colores, y además se pueden simular toda una serie de efectos de iluminación y atmosféricos que pueden llevar a un hiperrealismo no exento de polémica.

En el caso de esta tesis, estas maquetas digitales tridimensionales se usan para probar las diferentes hipótesis reconstructivas, de manera que gracias a estos programas de modelación 3D, se mantiene siempre la visualización del objeto, y el efecto de cada acción es inmediato, lo que permite reconocer inmediatamente el sentido y la conveniencia de cualquier decisión que se adopte para cada una de las hipótesis de trabajo. Con poco esfuerzo se pueden modificar los materiales o texturas empleados, y también las relaciones entre los elementos. Mediante el *render* se consiguen imágenes de calidad fotográfica, cuya sofisticación depende del programa que se elija y de la habilidad de la persona que lo realiza. En el proceso de *render* intervienen una serie de variables más o menos complejas dependiendo del resultado deseado. Si lo que se pretende es verificar la calidad visual de un espacio es suficiente el uso de programas de *render* básicos, de manejo sencillo, pero la cuestión es establecer cuál es el límite del realismo en la reconstrucción virtual del patrimonio. (4.4.1: La necesidad de un código deontológico)

5.6.1. El modelo geométrico

Partiendo de los modelos tridimensionales generados geoméricamente mediante aplicaciones del tipo CAD, podemos distinguir las siguientes categorías:

Modelo alámbrico o *wireframe*: también llamado *glass-sheet model*. Se trata de una maqueta construida mediante vectores que tienen las tres coordenadas espaciales definidas mediante procedimientos topográficos o numéricos.

Los modelos alámbricos constituyen una descripción de la estructura o esqueleto de un objeto 3D. Se caracterizan por no disponer de superficies, sólo constan de puntos, líneas y curvas con las que se describen los lados de los objetos. Con las aplicaciones de base CAD se pueden crear modelos alámbricos situando los objetos 2D (planos) en

una ubicación cualquiera de un espacio 3D. Dado que los objetos que conforman un modelo alámbrico deben dibujarse y ubicarse de forma independiente, es muy probable que la creación de este tipo de modelos requiera un tiempo superior a la de otros modelos.

Modelo de superficies. Son más complejos que los modelos alámbricos debido a que éstos definen no sólo los lados de un objeto 3D, sino también sus superficies. Las aplicaciones con modelizador de superficie de base CAD ayudan a definir superficies que muestran facetas mediante una malla poligonal. Dado que las caras de la malla son planas, la malla tan sólo puede definir superficies curvas.

Modelo sólido. Los modelos sólidos son los modelos 3D más fáciles de usar. Con las aplicaciones de modelizador de sólidos de base CAD, se puede construir objetos 3D creando formas 3D básicas: prismas rectangulares, conos, cilindros, esferas, cuñas y toroides. Después, puede combinar estas formas para crear sólidos más complejos ya sea uniéndolas o sustrayéndolas, o bien buscando su volumen de intersección (superposición). También se puede crear un sólido mediante el barrido de un objeto 2D a lo largo de un perfil o revolucionándolo sobre un eje. La utilidad de estas operaciones específicas de transformación geométrica tridimensional es evidente a la hora de generar volumetrías particulares, como por ejemplo, una columna.

La combinación de los anteriores modelos dependiendo de las necesidades y la finalidad que se quiera obtener, dará lugar a modelos de naturaleza híbrida (Figura 34. Modelo del subsuelo de la Catedral de Vitoria-Gasteiz (Azkarate *et alii*, 2001)

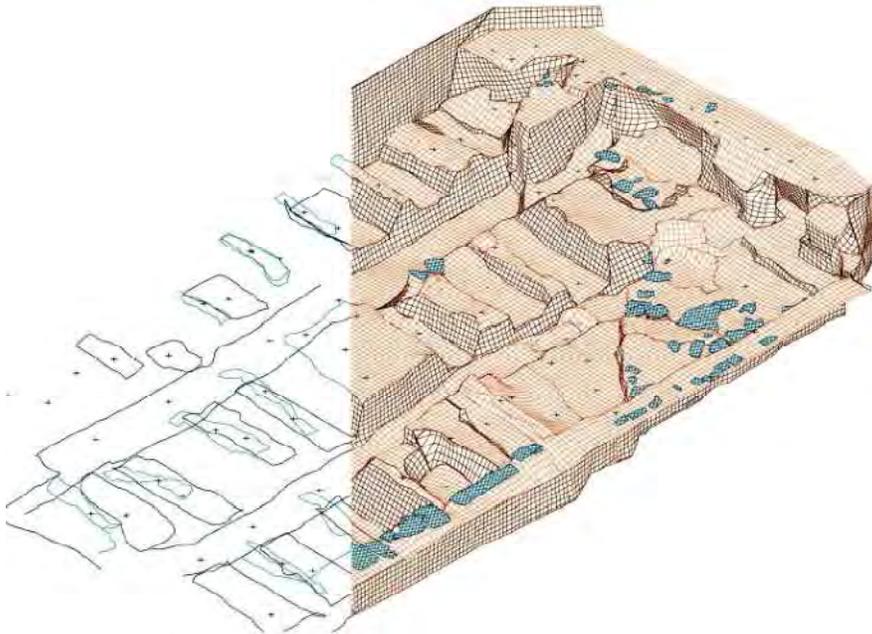


Figura 34. Modelo del subsuelo de la Catedral de Vitoria-Gasteiz (Azkarate *et alii*, 2001)

5.6.2. El modelo numérico

La geometría clásica clasifica las formas geométricas según las diversas modalidades de generación de los modelos. Sin embargo, este sistema de de clasificación no es válido para describir ciertos tipos de superficies, como por ejemplo las curvas elipsoidales.

Las NURBS, acrónimo de *Non Uniform Rational B-Spline*, son curvas descritas por un algoritmo matemático con puntos de control no uniformes, capaces de generar las formas más diversas mediante la variación de sus parámetros (Ciammaiechella, 2002). Las NURBS pueden representar con precisión objetos geométricos estándar tales como líneas, círculos, elipses, esferas y toroides, así como formas geométricas libres. Cada línea viene controlada por cuatro parámetros: unos puntos de control llamados polos; el grado del polinomio que describe la curva; el número de arcos que la componen y el grado de continuidad de éstos. Al variar dichos parámetros la forma de la curva cambia. A estos parámetros se les añade la capacidad de atraer a la curva. Los conceptos relativos a las curvas NURBS son extensibles a las superficies considerándolas aplicadas a las curvas isoparamétricas que las describen, con lo que son aplicables los mismos principios relativos a los arcos, puntos de enlace y grado de continuidad (Almagro, 2008). En este caso, a la característica de la capacidad de atraer a la curva, o “peso³⁷ de los polos” de la curva corresponde la maleabilidad de la superficie.

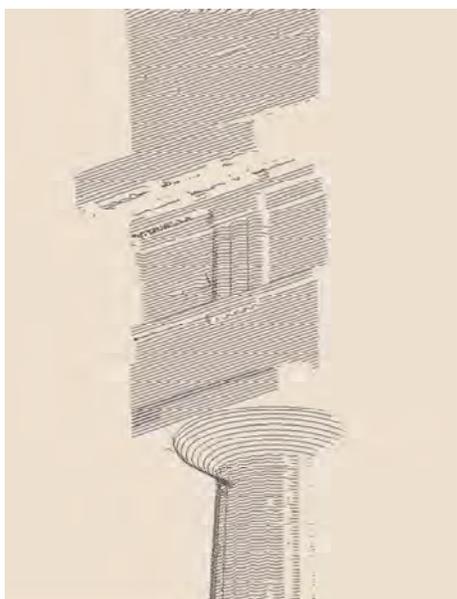


Figura 35. Templo de Neptuno, Paestum. Directrices y generatrices para pasar del modelo numérico al modelo geométrico (NURBS). Mario Docci.

³⁷ Los puntos de control tienen un número asociado denominado peso. Con algunas excepciones, los pesos son números positivos. Cuando todos los puntos de control de una curva tienen el mismo peso (normalmente 1), la curva se denomina no racional. De lo contrario, la curva se denomina racional. En NURBS, la R significa racional e indica que una curva NURBS tiene la posibilidad de ser racional.

5.6.3. El modelo escáner laser

La tecnología de levantamiento y modelación mediante escáner laser 3D permite la adquisición digital de objetos tridimensionales en forma de nubes de puntos. Los escáner láser para la medición en 3D son instrumentos que permiten explorar el espacio y adquirir las coordenadas de los puntos interceptados por el rayo laser. La descripción geométrica del objeto es muy precisa, la resolución del barrido del escáner la decide el operador determinando el grado de detalle del levantamiento. Cada punto tiene unas coordenadas cartesianas (x, y, z) respecto al origen de coordenadas del escáner. Los láser se basan en el principio del empleo de una fuente luminosa que opera en el espectro visible (desde el infrarrojo hasta el ultravioleta), con una potencia luminosa variable en función de la aplicación y de la distancia operativa.

Una vez registrada la nube de puntos mediante el correspondiente software de interfaz, ésta puede ser transformada, en modo semiautomático o automático, en una superficie poliédrica (*mesh*), que puede ser de mallas más anchas en las zonas menos significativas del objeto, volviendo aún más fácil la elaboración de los datos mediante estas simplificaciones. Del modelo numérico es posible pasar a un modelo geométrico, interpolando las superficies y realizando de este modo un modelo simplificado que, sin embargo, a alta definición es capaz de restituir el objeto real.

El levantamiento de la Villa de Livia de Prima Porta se hizo en el 2007 con la tecnología más adelantada en su momento, un escáner laser Cyrax 2500, que quedó obsoleto poco tiempo después, por tratarse de tecnologías que se superan a una velocidad vertiginosa en muy poco tiempo. Se trabajó con una precisión de 2-3 mm., la nube de puntos (*point clouds*) del conjunto arqueológico tenía algo más de 100.000.000 puntos mientras que el modelo optimizado para las aplicaciones en tiempo real tenía aproximadamente 1.000.000 de caras (Figura 36).

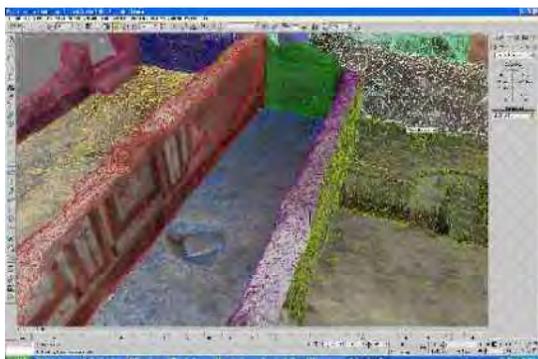


Figura 36. Villa de Livia. Modelo geométrico simplificado.



Figura 37. Villa de Livia Modelo simplificado con texturas.

En las figuras Figura 36 y 37 se observan unas imágenes del modelo simplificado de una parte del levantamiento de la Villa de Livia. En la zona inferior de la figura 37 aparece una imagen de la nube de puntos tal y como se ve cuando se obtienen los datos del escáner, es decir, antes de procesarlos. El modelo sin texturas se elaboró mediante un programa informático, *rapidForm*, que permitió simplificar la geometría en función del grado de precisión requerida para cada espacio. La aplicación de texturas se puede realizar directamente con el escáner laser, si el instrumento dispone de cámara digital integrada para captar la textura fotográfica, pero en el caso de la Villa de Livia, se optó por tomar las

fotos con una cámara digital externa y aplicarlas mediante 3d Studio Max después de orto rectificar las imágenes y realizar los ajustes de luminosidad e intensidad con photoshop (Figura 36).



Figura 38. 1. Modelo numérico de un capitel. 2. Modelo numérico poliédrico (mesh). 3. Modelo derivado para la visión realista. Templo de Neptuno, Paestum. Mario Docci.

5.6.4. El Modelo Fotográfico

Un modelo fotográfico es aquel que se realiza mediante el empleo de fotografías reales, que se apoyan en unas medidas o puntos de control topográfico. Se distinguen dos tipos: el modelo fotogramétrico y el foto-modelo.

- Modelo fotogramétrico: Pese a que se podría considerar como modelo geométrico alámbrico, tipológicamente se encuadra como un modelo fotográfico porque para su realización se emplea la fotogrametría estereoscópica, técnica de levantamiento y restitución que se basa en el empleo de fotografías reales con apoyo en puntos topográficos. El modelo resultante es un objeto con valores métricos de una precisión considerable, que además se puede referenciar respecto a un sistema global de coordenadas terrestres.

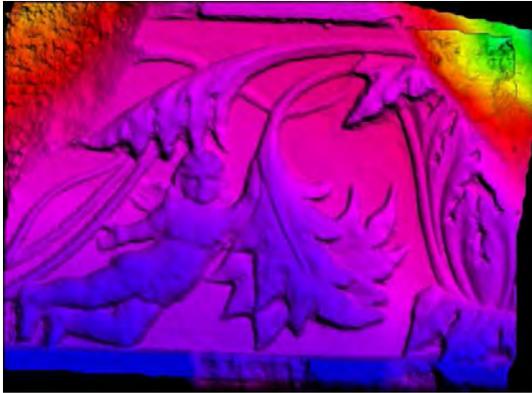


Figura 39. Fragmento decorativo de Malborghetto (Via Flaminia). Modelo 3D realizado por F. Remondino, ETH Zurich.

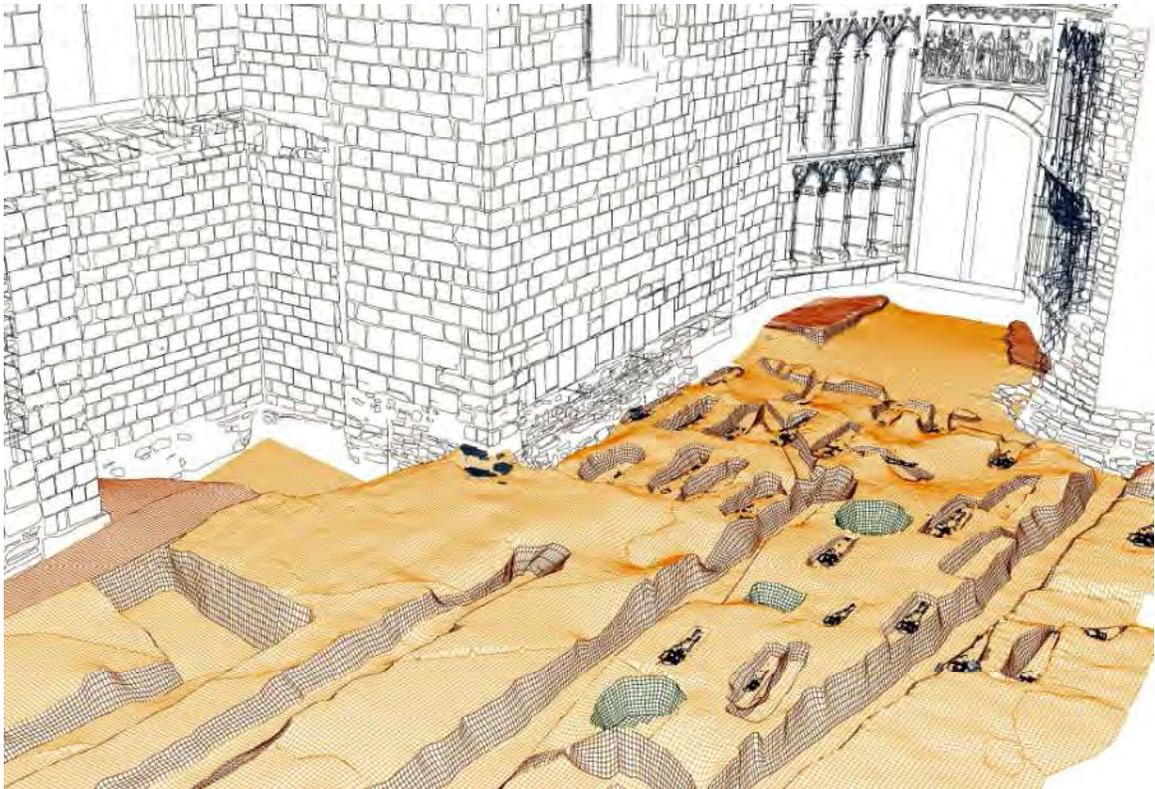


Figura 40. Modelo tridimensional de la catedral de Vitoria-Gasteiz. Visita parcial del modelo fotogramétrico con la integración del modelado del subsuelo (Azkarate *et alii*, 2001).

Los modelos generados mediante aplicaciones de fotogrametría se pueden integrar con otros modelos de diferentes formatos si se determina un sistema de coordenadas común que permita referenciarlos dentro del mismo.

Foto-modelo: se trata de modelos que usan fotografías rectificadas para su realización, bien sea mediante programas informáticos de rectificación fotográfica o mediante orto-foto-modelación.

- Foto-modelo por rectificación fotográfica: se basa en el empleo de imágenes rectificadas mediante un software de rectificación fotográfica que permite identificar sobre las fotos unos puntos medidos en el campo y asociarlos a unas

coordenadas espaciales con interfaz a un archivo de tipo CAD; el resultado es la generación de un modelo a escala construido a base de superficies con puntos de inserción en los puntos topográficos medidos. La exactitud del modelo depende de la precisión de los puntos de apoyo y de la calidad técnica de las imágenes.

- Orto-foto-modelo: esta técnica emplea las fotografías bidimensionales para la realización de modelos usando los principios de la fotogrametría monoscópica digital, de manera que se reconstruyen las estructuras arquitectónicas mediante la proyección en el espacio tridimensional, de puntos y líneas generados mediante el cálculo de la intersección de los rayos ópticos procedentes de cada foto. El modelo que resulta es geométrico, a escala real, tiene las texturas orto-rectificadas, y es exportable a cualquier formato digital.

En el laboratorio VHLab lo empleamos con resultados correctos sobre todo para hacer levantamientos 3D rápidos de pequeños objetos arqueológicos, pero también se ha probado con edificios, como es el caso de Malborghetto (Figura 41).

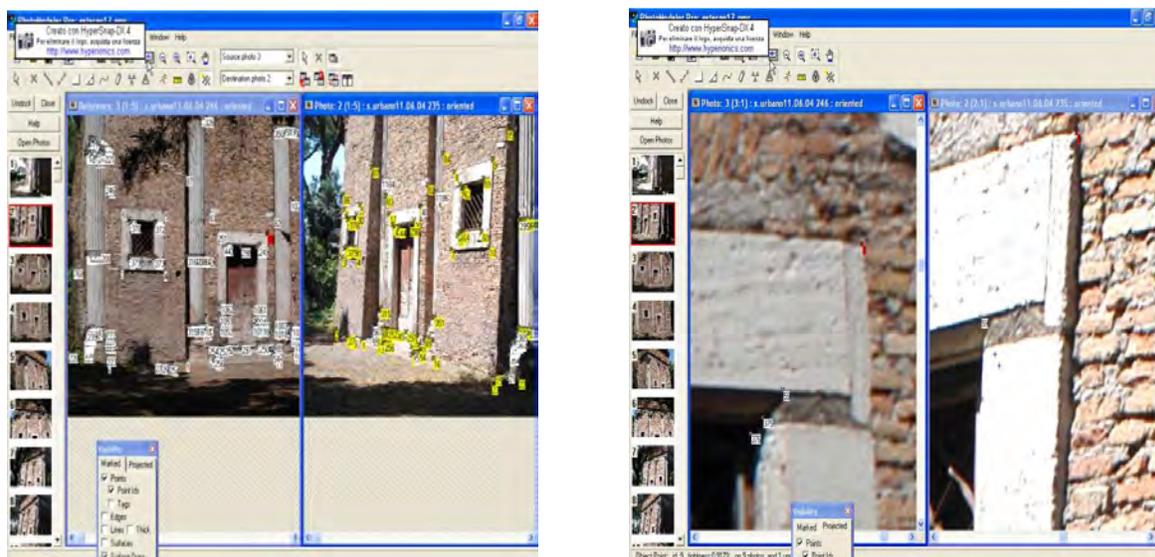


Figura 41. Individuación de puntos análogos en el levantamiento de Malborghetto mediante el empleo del software PhotoModeler. Vhlab, ITABC Roma, CNR.

- Computer Vision: esta técnica permite la realización de modelos 3D a partir de fotografías digitales que se toman a una distancia determinada alrededor del objeto. Las imágenes se envían a un servidor que se encuentra en *Leuven University*³⁸ donde se elaboran con un software específico basado en un algoritmo de reconocimiento de píxeles, orientándose de este modo las fotos en el espacio tridimensional. El software define automáticamente una serie de puntos de control en las fotos mediante los cuales las orienta. Este programa exporta en formato v3d, y tiene como

³⁸ Se trata de un proyecto que forma parte de la red de Epoch Project, llevado a cabo por el equipo de Luc Van Gool de Leuven University.

ORIGEN, OBJETIVO, JUSTIFICACIÓN, ESTADO DE LA CUESTIÓN Y METODOLOGÍA.

principal ventaja la rapidez en la obtención del modelo 3D. En el Vhlab se ha empleado con buenos resultados para hacer levantamientos veloces en los que no se precisaba mucha precisión.

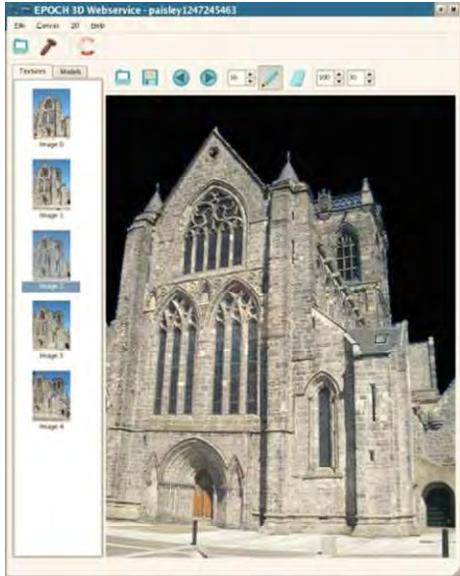


Figura 42. Elaboración del modelo de Paisley Abbey en Escocia (izqda.), Leuven University. Modelo 3d de una escultura en la Vía Appia Antica, realizado por Leuven University para el proyecto Via Appia Antica, realizado por el Vhlab, ITABC, CNR.

6. METODOLOGÍA

Este apartado trata sobre la metodología de mi tesis doctoral, es decir, aborda el proceso seguido para llevar a cabo la parte práctica de la tesis, de manera que la metodología se encuentra entre la parte teórica y la aplicación técnica.

La parte teórica de la tesis se centra en la relación entre la realidad virtual y el conocimiento de las construcciones históricas, siendo este segundo aspecto fundamental para el correcto desarrollo del primero, definiendo aquí la metodología necesaria para hacer reconstrucciones virtuales con criterios constructivos y arquitectónicos. La parte práctica consiste en aplicar la teoría a un caso de estudio, el de la Villa de Livia de Prima Porta, obteniendo una reconstrucción virtual realizada con los criterios que se exponen y desarrollan a lo largo de esta tesis. La elección de la metodología y rigor científico más adecuados deben acompañar a éste proceso desde su inicio. La metodología guiará tanto la fase de realización de la maqueta virtual, como la investigación previa con la elaboración de las hipótesis reconstructivas que llevará a la realización de la maqueta.

En este trabajo se pretende apuntar la posible definición de tres niveles de aproximación que traten de dar, en la globalidad, una coherencia conceptual a todo el estudio (Jiménez, 1997). Es decir:

- Una parte práctica de aplicación definida como realidad concreta e individual perceptible: la reconstrucción virtual de la villa de Livia.
- Un método, definible como conjunto de reglas que pueden guiar toda la práctica, apoyado en una serie de criterios que se irán exponiendo y justificando a lo largo de esta tesis.
- Una teoría, como sistema de principios abstractos extraídos, directamente y por iteración continua, de la práctica y del método: el conocimiento de la disciplina de la construcción histórica para poder hacer reconstrucciones virtuales científicamente validas.

Al tratar esta tesis dos temas dependientes entre sí, como son el análisis de la arquitectura parcialmente desaparecida, y su reconstrucción virtual, mi primer impulso fue operar con dos metodologías separadas, aunque con muchos puntos en común, porque la base del aparato metodológico es el conocimiento científico y humanístico sobre el que se apoyan el análisis, la interpretación y la restauración virtual del patrimonio arquitectónico, y es común a la interpretación y a la reconstrucción virtual. Además, en ambos casos no se puede prescindir de una visión de conjunto, ni tampoco de la visión especialista de cada uno de sus aspectos. Pero el empleo de dos metodologías paralelas dificultaba el estudio, de manera que decidí adoptar una única metodología que abarcara los dos aspectos de mi investigación, operando con una serie de cuestiones concretas específicas para la reconstrucción virtual.

La metodología se aplica en la parte de la tesis que se ocupa de la interpretación de la arquitectura de la villa de Livia y en la generación del modelo tridimensional digital, así como en la comprobación de las hipótesis realizadas para construir el modelo, es decir, se desarrolla paralelamente en la fases de estudio y reconstrucción, y tiene que ser visible por parte del usuario final de modo transparente, reconocible y reconducible. El principio de la corrección

científica implica la posibilidad de poder repetir un experimento, y partiendo de esta base, una reconstrucción virtual se puede dividir en una serie de fases explícitas que podrán ser repetidas y analizadas en cualquier momento.

El modelo informático en este caso, se usa como instrumento crítico-interpretativo mediante la interacción de la información a través de relaciones complejas lleva a una serie de hipótesis de estudio de valor científico donde cada elemento reconstruido muestra el nivel de fiabilidad.

6.1. Metodología específica para la realización de maquetas 3D y del terreno: fases

Primera fase: Documentación y recogida de datos. Rastreo de fuentes documentales. Investigación histórica, bibliográfica y documental que incluye la comprobación de las fuentes útiles para la reconstrucción virtual. Levantamiento general del edificio.

La investigación histórica prestará además especial atención a los aspectos constructivos, de manera que el estudio del edificio podrá ofrecer elementos que ayuden a encontrar respuestas a las hipótesis de trabajo. La información que se obtendrá en esta fase prestará especial atención a la estructura, técnicas constructivas y procesos y fenómenos que haya sufrido el edificio en su historia; es decir,

Comprensión de la geometría y técnicas constructivas del edificio.

Definición, descripción y comprensión del significado histórico y cultural del objeto de estudio.

Investigación histórica que abarque todos los detalles de la estructura en el tiempo, incluyendo las modificaciones sufridas en el pasado.

Descripción de los materiales, técnicas constructivas y comportamiento estático originales

Descripción y análisis del edificio en el estado actual, incluyendo la identificación de los problemas pasados y presentes

Levantamiento general del edificio y de su entorno

La observación directa del edificio es fundamental en la primera fase del estudio, y tiene por objetivo conocer la conformación de la estructura en su conjunto, el ambiente que lo rodea, e identificar las fases constructivas presentes en el edificio mediante el análisis de los materiales y las técnicas constructivas empleadas con los instrumentos más adecuados según cada caso.

Gracias al levantamiento se podrán estudiar los distintos tipos de materiales, su conservación, las irregularidades estructurales, y las patologías que le afectan. Las irregularidades geométricas pueden ser el resultado de imperfecciones originales, de deformaciones o transformaciones correspondientes a diferentes fases constructivas o a modificaciones sucesivas.

La observación del monumento a menudo suele necesitar de estudios complementarios específicos que ayuden a su correcta definición, y en este caso, esto supone un límite para esta tesis, porque desafortunadamente, en el caso de estudio que nos ocupa, aún faltan muchas zonas por excavar, no se conocen los límites de la Villa, y no se ha realizado

hasta la fecha ningún tipo de investigación que pueda arrojar luz sobre las estructuras preexistentes sobre las que se asentó la villa que son visibles en algunos puntos³⁹.

Los métodos de catalogación de la información recogida serán un aspecto muy importante, ya que para que los resultados sean fiables, la meticulosidad en las comprobaciones y en la interpretación es crucial: aparecerán las fuentes indicando su fiabilidad, y se especificará en los casos en que se trate de hipótesis. La investigación tiene que dejar claro hasta qué punto ha sido posible o no, poder individualizar la historia del edificio con sus problemas estructurales, reconstrucciones, añadidos, restauraciones y cambios de uso que haya sufrido el edificio. No hay que olvidar que a menudo la información técnica que contienen las fuentes históricas no es correcta, pudiendo omitir cuestiones importantes para la correcta interpretación estructural.

Al mismo tiempo se recogen todas las referencias de los documentos para su posterior inserción en la memoria explicativa que debe de acompañar a todo proyecto de forma que siempre queden expresadas las fuentes consultadas.

Segunda fase: Elaboración del modelo virtual topográfico a escala urbana, donde se representan los volúmenes generales del monumento sobre el terreno en que se halla. Esta fase supone una primera comprobación ayudada por criterios lógicos constructivos, apropiados, por ejemplo, para determinar el funcionamiento de las cubiertas, que sí se verán a escala urbana (Figura 43, figura 44). En este apartado se producirá una primera maqueta de trabajo del estado reconstruido partiendo de los datos conocidos del estado actual; este modelo se irá definiendo a medida que se realicen las verificaciones pertinentes.

³⁹ Como una parte de la villa está aún sin excavar, con la intención de averiguar si existía, como probablemente fue, una *pars rustica*, se hizo un barrido con georadar en las inmediaciones, pero no se obtuvieron resultados significativos, aunque la zona en que se trabajó era muy reducida y hubiera sido recomendable poder estudiar una parte más amplia, o cambiar de técnica, de modo que no se sabe aún nada de la colocación ni relación de esta parte de la construcción respecto a la *pars urbana*, y lógicamente ni se conocen los límites de la villa ni queda claro el funcionamiento de ésta.

Hay otros dos ejemplos más en este caso de estudio que conviene recordar en este sentido: las termas, y el triclinio semi- subterráneo:

Con las primeras excavaciones realizadas en 1863, que se hicieron en la zona de la sala semi subterránea, se trabajó sin dejar documentado el material encontrado en este espacio, de modo que no se sabe cómo se cubría exactamente, qué tipo de huecos tenía para iluminar ni ventilar, ni si éstos estaban protegidos por cristales, como en otro caso muy parecido que es el Auditorium de Mecenate cubierto con bóveda de cañón e iluminado mediante tragaluces cubiertos con cristales, ya que se limpió todo y no quedaron testimonios escritos, hasta el punto de que no hay acuerdo sobre la forma exacta de la bóveda que cubría la sala, ni si se derrumbó poco después de su construcción o un siglo más tarde.

La zona termal se ha excavado en diferentes campañas sin un criterio claro, sacando a la luz partes de distintas etapas de forma arbitraria, con la dificultad de interpretación que esto conlleva. Además, las últimas excavaciones han dejado al descubierto unos muros de contención detrás de las termas, pertenecientes a un ninfeo exterior, que se han dejado a la intemperie y se han degradado perdiendo la decoración parietal en los últimos años.



Figura 43. Vista aérea de la reconstrucción de la villa de Livia. Vhlab, ITABC, CNR.



Figura 44. Vista aérea de la reconstrucción del foro Trajano.

Tercera fase: Realización de maquetas detalladas foto-realísticas del monumento. En esta fase se presentan los conceptos que forman parte de la estructura generativa de la maqueta, pudiendo observarse las propuestas reconstructivas, transparencia de las fuentes etc.

El realismo fotográfico es un medio importante para comprobar las distintas hipótesis arquitectónicas, ya sea desde el punto de vista de la tridimensionalidad de las formas como de la calidad de los materiales y la iluminación. La simulación geométrico-espacial es probablemente la forma más sencilla e intuitiva a la hora de afrontar una maqueta virtual; se trata en realidad de una construcción con una serie de propiedades morfológicas y dimensionales que corresponden a las reales del objeto estudiado; de este modo se pueden profundizar las relaciones espaciales y volumétricas entre los distintos cuerpos que componen un único complejo, como es el caso de la Villa de Livia. Además posibilita la exploración del monumento en tiempo real en su interior, con una percepción visiva que se acerca mucho a la percepción real.

La modelación de las hipótesis se hace mediante programas de carácter vectorial y de aplicación de texturas como por ejemplo AutoCAD y 3DStudio. Se obtienen imágenes de síntesis del monumento reconstruido (*renders*), animaciones, y una aplicación de exploración virtual en tiempo real.

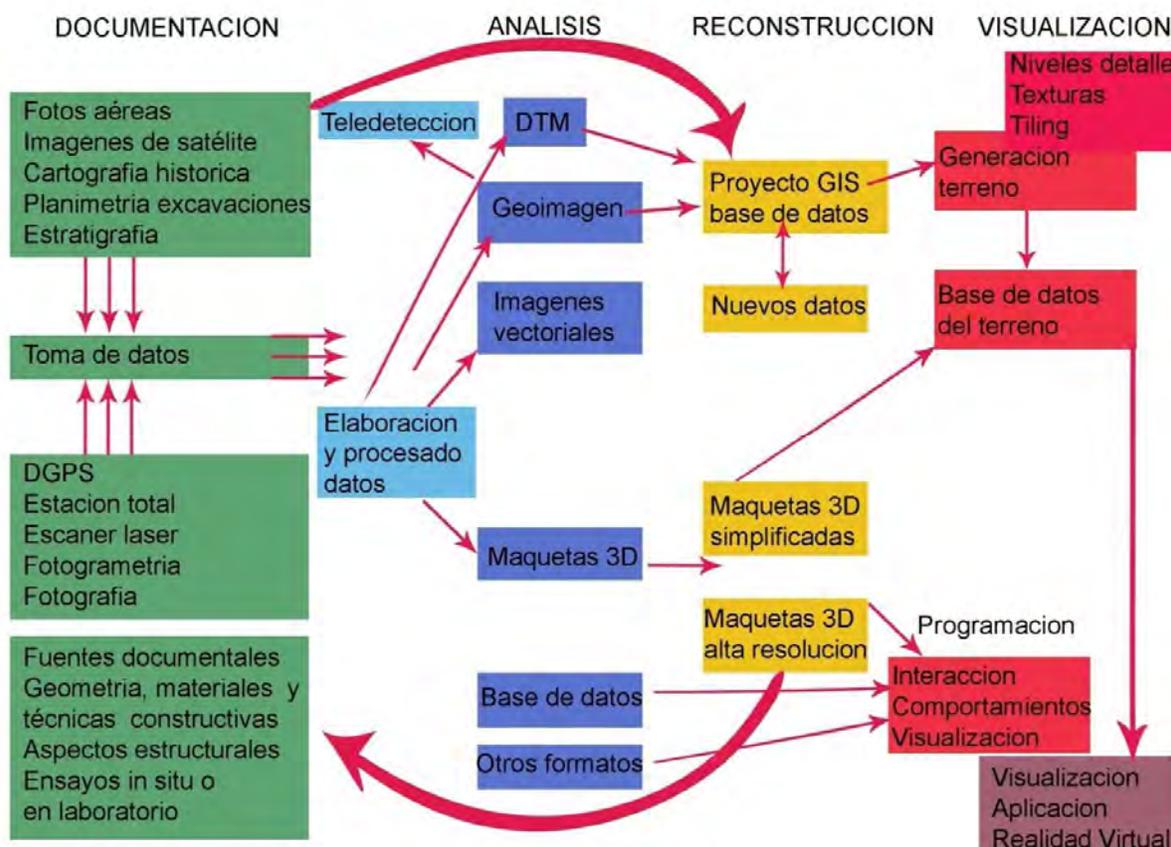


Figura 45. Esquema de la metodología seguida en la reconstrucción virtual de la Villa de Livia y su paisaje en época augustea.VHLab.

En la tercera fase se realizan las maquetas digitales detalladas, y aquí es donde se plantea la cuestión de cómo realizar estos modelos dando al mismo tiempo una información fundamental, como es el grado de fiabilidad de la reconstrucción.

En estas maquetas se puede acceder a la información con la que se ha trabajado para su realización, de manera que podemos distinguir tres niveles (datos, noticias o fuentes, e hipótesis) en los que se divide la maqueta o parte de ésta realizada basándose en datos ciertos (primer nivel), en noticias o fuentes fiables aunque menos seguras que los datos materiales existentes (segundo nivel), e hipótesis (tercer nivel) que se basan en datos y fuentes pero no son contrastables. A estos tres niveles les he llamado niveles generadores de la maqueta. Además de construir las maquetas con este criterio de división por niveles, que no son visibles en el producto final, pero sí son fundamentales durante su elaboración, precisamente por una voluntad de comunicación y transparencia, la maqueta es interrogable, y se indica de manera gráfica el grado de fiabilidad de la reconstrucción con una leyenda que diferencia la arquitectura del aparato decorativo, distinguiendo tres grados: indiscutible, probable, evocativo.

ORIGEN, OBJETIVO, JUSTIFICACIÓN, ESTADO DE LA CUESTIÓN Y METODOLOGÍA.

Affidabilità della ricostruzione (da * evocativo, ** probabile, *** indiscutibile)

Ambiente 2	Architettura	***	Ambienti 54-55	Architettura	***
	Decorazione	***		Decorazione	*
Ambiente 23	Architettura	***	Ambiente 56	Architettura	***
	Decorazione	*		Decorazione	**
Ambiente 27-30	Architettura	***	Ambiente 26	Architettura	***
	Decorazione	**		Decorazione	*
Ambiente 43 (atrio)	Architettura	**	Ambiente 25	Architettura	***
	Decorazione	*		Decorazione	*
Ambiente 48 (giardino repubblicano)	Architettura	***	Ambienti 46-47	Architettura	***
	Decorazione	*		Decorazione	*
Ambiente 22 (peristilio)	Architettura	**	Ambiente 44	Architettura	***
	Decorazione	*		Decorazione	*
Ambiente 58 (triclino)	Architettura	***	Ambiente 40 e ingresso pie.	Architettura	***
	Decorazione	*		Decorazione	*
Ambiente 57	Architettura	***	Giardino grande	Architettura	***
	Decorazione	*		Decorazione	*
Ambienti 50-52	Architettura	***	Ingresso lato ovest	Architettura	**
	Decorazione	*		Decorazione	**
Ambiente 51 (exedra)	Architettura	***	Porticato lato sud	Architettura	*
	Decorazione	*		Decorazione	*

Figura 46. Lista de las estancias reconstruidas de la Villa de Livia en época augustea con los niveles de fiabilidad de la arquitectura y decoración.

Se puede acceder a los niveles generadores de la maqueta, de tal manera que el usuario pueda saber el grado de fiabilidad de la reconstrucción. Los niveles generadores representan las fases de la maqueta con fiabilidad decreciente, y se pueden indicar, bien mediante distintos colores, de manera que los distintos elementos que pertenecen al mismo nivel generativo son reconocibles, mediante leyendas (Figura 47), o ventanas del tipo “pop-up” que se abren para ofrecer información más detallada cuando el usuario se aproxima a una determinada zona reconstruida con el cursor (Figura 49). Para revalidar la maqueta, al aproximarse a determinados objetos de los distintos niveles generativos, aparecerán las fuentes, material gráfico, etc., que han determinado la elección reconstructiva.



Figura 47. Levantamiento con escáner laser y reconstrucción 3D estado actual de la zona termal (al centro sala 25).



Figura 48. Reconstrucción sala 25 con leyenda de fiabilidad

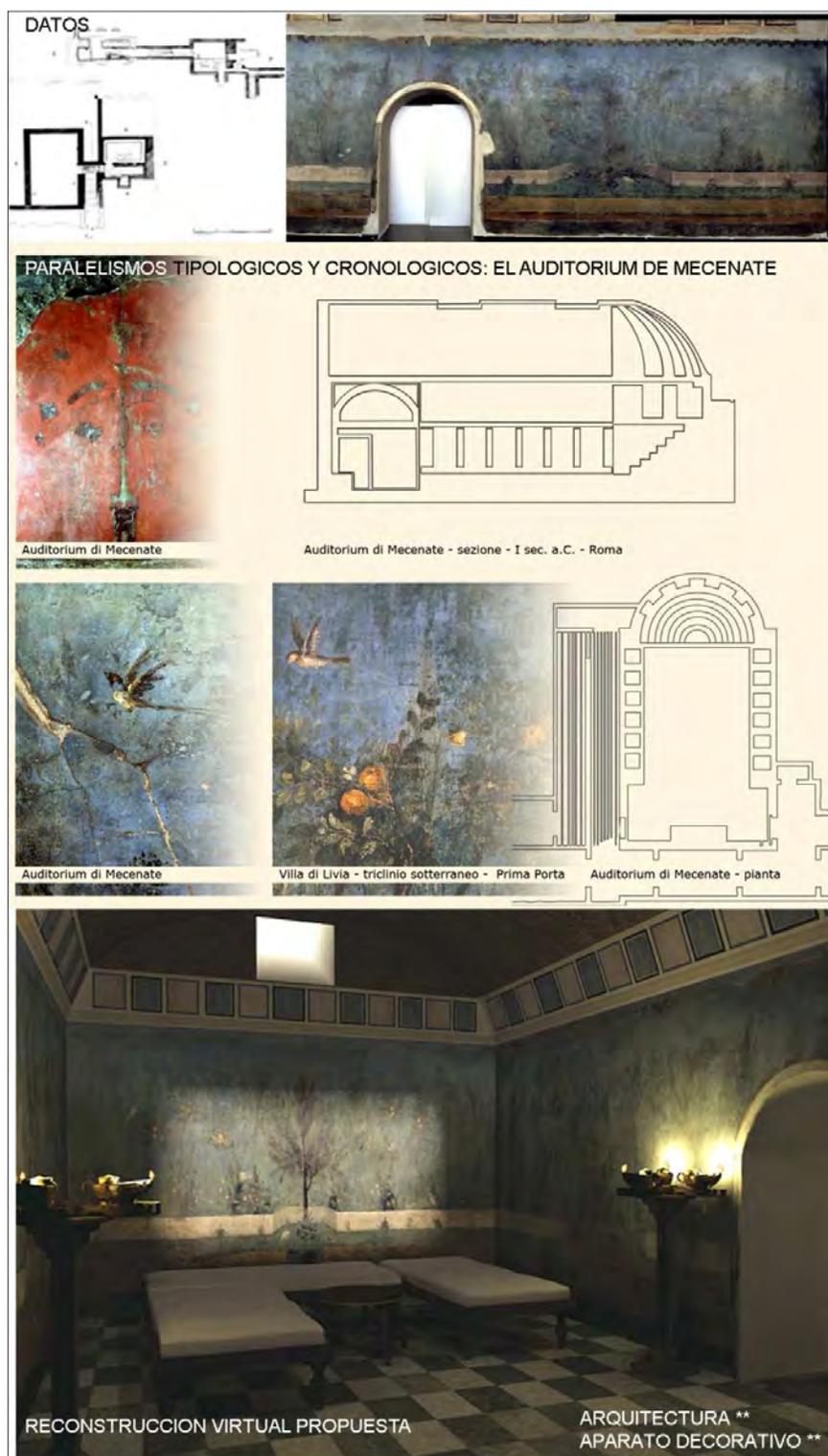


Figura 49. Imágenes del proceso esquematizado seguido para la reconstrucción virtual de la Villa con leyenda de fiabilidad. A la arquitectura se le ha dado nivel dos porque de la bóveda con la que se ha cubierto el espacio, no ha quedado más que la línea de imposta, y la decoración tiene también nivel dos porque no queda nada del pavimento ni de la decoración de la bóveda.

6.2. . Métodos aplicados a las maquetas 3D para el análisis del comportamiento estructural.

El esquema con el método para comprobar la estabilidad de los estribos, la línea de empujes del arco y la estabilidad del arco en sí mismo, es el que propone J.L. González Moreno-Navarro, que incluyo en este apartado porque resume de manera muy clara los métodos de cálculo para comprobar la estabilidad mediante estática gráfica, y he querido que forme parte de la metodología general de esta Tesis.

También he utilizado el método del análisis límite para estudiar de manera puntual la hipótesis en la que el *apodyterium* se cubriría con una bóveda de aristas, pero el cálculo es mucho más largo que la aplicación de la estática gráfica.

A) MÉTODOS PARA COMPROBAR SOLO LA ESTABILIDAD DEL MURO EN FUNCIÓN DE LOS ESTRIBOS

i. Estabilidad del muro aislado:

Condiciones de equilibrio frente a acciones horizontales

Resultante de peso y fuerza horizontal

Dentro del tercio central

Dentro de la base pero fuera del tercio central

Fuera de la base

Influencia del espesor, la esbeltez, el peso y la forma.

Estabilidad al viento, al terremoto, al empuje del terreno.

ii. Estabilidad del muro soporte de un arco:

Condiciones de equilibrio

Empuje producido por el arco

Arco rígido

Arco de dos dovelas

Indeterminación del punto de actuación, dirección y modulo del empuje.

Estabilidad del estribo

Caso genérico

Determinación del punto de actuación, dirección y modulo del empuje.

Los estribos se abren

Empuje mínimo

Los estribos se cierran

Empuje máximo

Caso habitual. Variables incidentes

Estribo no cargado

Altura, espesor, esbeltez

Carga sobre el estribo

Empuje del último arco de una serie (I)

En principio estos métodos se usan para comprobar solo la estabilidad de los estribos, pero de forma general sirven para poder comprobar la estabilidad del muro aislado en el primer caso, y del muro que soporta el arco en el segundo.

B) MÉTODOS PARA DETERMINAR LA LÍNEA DE EMPUJES EN EL ARCO Y COMPROBAR LA ESTABILIDAD DEL ARCO EN SI MISMO

Métodos básicos II

Polígono funicular y polígono de fuerzas concurrentes

Polígono funicular y polígono de fuerzas paralelas

i. Estabilidad de un arco (I)

Determinación del centro de gravedad del arco

Determinación de la línea de empujes en un arco y comprobación de su estabilidad

Arco rebajado

Arco de medio punto (1 y 2)

Arco con sobrecarga

Empuje del último arco de una serie (II)

Métodos básicos III

Funicular que pasa por dos puntos

Funicular que pasa por tres puntos

ii. Estabilidad de un arco (II)

Comprobación de la estabilidad de un arco con carga asimétrica

Estos métodos permiten estudiar mediante el uso del polígono funicular y los polígonos de fuerzas, la estabilidad de los elementos constructivos que suelen presentar más problemas de equilibrio en las construcciones históricas, como son los muros, arcos y bóvedas.

En el caso de estudio de la Villa, he simplificado mucho los cálculos por tratarse de una reconstrucción virtual, y no he tenido en cuenta parámetros como la estabilidad al viento, o al terremoto; el empuje del terreno lo he considerado en el caso del triclino semi- subterráneo, porque una de las opciones estudiadas contemplaba la existencia de un pasillo que lo rodeaba y que lo protegía del contacto directo con el terreno.

6.3. Niveles generadores de las maquetas 3D.

En el primer nivel se incluye la categoría de datos (datos procedentes de excavaciones arqueológicas recientes, y datos procedentes de excavaciones arqueológicas antiguas con elementos no visibles). A esta categoría de niveles se considera que los datos presentan el mayor nivel de fiabilidad.

En el segundo nivel se incluyen las fuentes y noticias históricas (datos deducibles de fuentes literarias y datos deducibles de otras fuentes documentales). A esta categoría se considera que pertenecen todos los elementos reconstruibles partiendo de la investigación filológica.

Al tercer nivel pertenecen los elementos de hipótesis (elementos derivados de consideraciones técnicas, estructurales y de restos arqueológicos, elementos derivados de consideraciones tipológicas, elementos derivados del estudio de las proporciones, de consideraciones métricas y de simetría, y elementos derivados de consideraciones compositivas).

En este tercer nivel se sitúa la parte fundamental de mi tesis, es decir, el uso de los conocimientos de construcción antigua y de estática para revalidar las hipótesis reconstructivas.

Una vez que se dispone de los datos constructivos, se procede a su estudio y a la realización de las hipótesis reconstructivas. Cada hipótesis planteada se someterá a un análisis constructivo y estático cuando se considere necesario. En el caso de las cubiertas, o de los muros de contención, por citar algunos de los casos más frecuentes, la hipótesis planteada se tendrá que revalidar teniendo en cuenta las características estilísticas pero también formales y constructivas, que serán las que determinarán en última instancia la validez de la propuesta.

Para cada tipología arquitectónica y constructiva se tendrá en cuenta la geometría del elemento estudiado, el material con que está construido y otros aspectos como su disposición, etc. Una vez definidos los elementos en detalle, se procederá a plantear un repertorio de soluciones posibles desde un punto de vista estilístico en primer lugar, teniendo en cuenta las características de los materiales y la geometría, y después se realizaran las comprobaciones pertinentes para saber si la solución propuesta es factible desde un punto de vista constructivo. Esta forma de operar es particularmente interesante para los elementos estructurales, porque la estabilidad de las bóvedas y cubiertas inclinadas se puede estudiar con estática gráfica de un modo sencillo y muy eficaz, proporcionando respuestas concretas a los casos planteados, pero también es aplicable con otra escala a otros elementos, como pueden ser los pavimentos, puesto que la elección de un material u otro y la correcta interpretación de las preexistencias, pasa por el conocimiento de la capacidad resistente de los materiales, y dependiendo de la destinación que vaya a tener un espacio, así se elegirá el tipo de pavimento, revestimiento, etc.

Mientras que en la Primera Fase se trataba de toma de datos y levantamiento general, y se prestaba particular atención a los aspectos constructivos, en este Tercer Nivel de la Tercera Fase se trata de la construcción del modelo digital, de modo que aquí tienen cabida todas las comprobaciones de las hipótesis reconstructivas.

El proceso de reconstrucción es abierto: a medida que se avanza en la investigación se van contrastando las diferentes hipótesis de trabajo, se comprueban, se vuelve a la fase de análisis y documentación para cada una de las hipótesis propuestas, y así sucesivamente.



Figura 50. Esquema que recoge el proceso operativo de la elaboración de hipótesis reconstructivas. El trabajo de investigación y realización de hipótesis se va validando a medida que se incorporan nuevos datos.

6.4. La transparencia de datos.

Es fundamental poder validar la representación 3D de lo reconstruido mediante un proceso metodológico científico, que además debe de aportar información sobre el grado de certeza aplicada a la reconstrucción. Este concepto de transparencia aplicado a las reconstrucciones virtuales, permite involucrar al espectador en el proceso y metodología del desarrollo de la maqueta, ofreciendo el tipo y el nivel de certeza de los datos (Barceló et alii, 2000). En este sentido, los Códigos deontológicos⁴⁰ que ya hemos visto en esta tesis, son fundamentales como garantía de una correcta práctica profesional. .

Como ya se ha visto al principio de esta Parte 1, actualmente se está gestando una Carta⁴¹ de referencia para los profesionales del Patrimonio Arqueológico, la Carta de Sevilla, de la que ya existe un borrador accesible al público, que pretende aumentar las condiciones de aplicabilidad de la Carta de Londres sobre el Patrimonio Cultural, considerando la naturaleza del patrimonio arqueológico y el carácter específico que posee la Arqueología Virtual. Se trata de poder determinar una serie de principios que guíen de manera sencilla el trabajo de los distintos profesionales del campo, estableciendo los criterios y normas que ayuden a definir el nivel de calidad de los proyectos que se realicen en este ámbito. Desde esta tesis se ha seguido con atención la elaboración de esta nueva Carta del Patrimonio, trabajando de acuerdo con el principio de transparencia aplicado al caso concreto de la Villa de Livia.

En la reconstrucción de la Villa, la información sobre el estado actual y la reconstrucción de ésta están disponibles, y para cada ambiente reconstruido virtualmente se especifica el grado de certeza de la estructura y del aparato decorativo. Mediante el sistema más adecuado según el caso (iconográfico, coloración, video, audio, notas etc.) se puede obtener información inmediata sobre el grado de certeza de la reconstrucción y la metodología y fuentes empleadas (en el caso de estudio de la villa de Livia, se han usado también imágenes donde se muestran los paralelismos empleados, con un gran impacto visivo). La reconstrucción virtual parte de un proceso de estudio basado en fuentes y tipologías, las simulaciones con las hipótesis de estudio constituyen un acto dinámico integrable que se puede modificar fácilmente a medida que aparezcan nuevos datos o paralelismos. Precisamente el hecho de que las hipótesis reconstructivas se desarrollen en un ambiente virtual, permite que se puedan actualizar en cualquier momento. Además mediante los modelos infográficos científicos se puede producir una gran cantidad de información, evocando al mismo tiempo la idea de cómo podría haber sido el edificio en un momento determinado, y estudiar diversas fases simultáneamente.

⁴⁰ A partir de los años sesenta, fundamentalmente en América e Inglaterra, se han venido formulando una especie de *códigos éticos* profesionales, en asociaciones, organismos nacionales o internacionales, sobre todo, enfocados al mundo de la restauración, la arqueología o los museos, como los desarrollados por ICOM. Los códigos deontológicos se presentan como un manual de instrucciones a seguir que desarrolla temáticamente aspectos no tratados por la ley, pero sin carácter legislativo. La primera mención al término "ethics" aparecerá en la Carta de Venecia. Jedrezejewska, H. Ethics in conservation. Stockholm: Kungl. Konsthögskolan, 1976.pg. 4

⁴¹ Las cartas y los códigos, son textos sin valor jurídico pero que al mismo tiempo, son base teórica y práctica de la legislación de cada país, como ocurre en los casos de España o Italia.

El hecho de construir maquetas virtuales 3D navegables en tiempo real, implica la posibilidad de tener una visión transparente; además de poderse explorar en su contexto original puesto que también se ha reconstruido el paisaje antiguo. En el caso de la Villa, se ha trabajado con tres niveles de detalle en la representación, que van de la visión holística a la visión monográfica, trabajando con maquetas diferentes según el grado de detalle requerido en cada caso.

A continuación se muestran dos ejemplos de reconstrucciones virtuales en los que se ha usado el color para evidenciar las partes reconstruidas dependiendo del grado de fiabilidad de éstas:

El caso de la Iglesia Suburbana de Túscolo (Figura 51) no pertenece al ámbito cronológico que se trata en esta tesis, ya que se trata de un edificio del siglo XII, pero me ha parecido un ejemplo interesante porque refleja bien la distinción entre lo que supone una anástilosis de lo existente y lo que son evidencias indirectas o hipótesis de trabajo fundamentadas. Además se trata de un trabajo realizado por el CSIC, financiado en su primera fase por la Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica (DGESIC) y en la segunda por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, y que fueron dirigidos ambos por X. Dupré Raventós de la Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma.

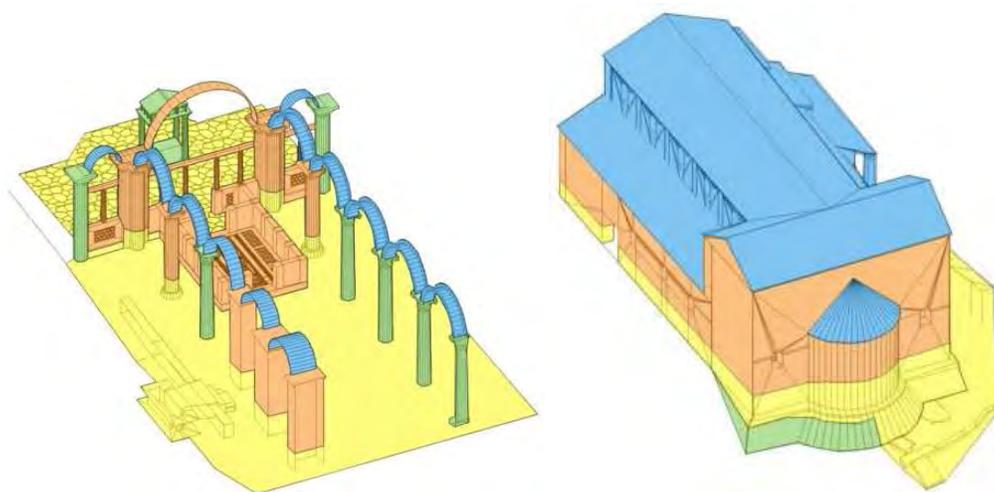


Figura 51. Reconstrucción virtual de la Iglesia Suburbana de Túscolo. Proyecto dirigido por X. Dupré financiado por la DGESIC. Lo conservado se representa en color amarillo, al color naranja corresponden los restos conservados fuera de contexto, mientras que las evidencias indirectas se representan en color verde y finalmente allí donde no quedan evidencias pero se procede por paralelos y criterios lógicos arquitectónicos se representa en color azul.

El otro caso es el de la Reconstrucción virtual de la Domus Aurea (Figura 52), realizado como proyecto fin de carrera de la escuela de Arquitectura de la Sapienza por los arquitectos R. Carlani y S. Borghini. Aquí también han diferenciado mediante el uso del color el grado de certeza en la hipótesis realizada; en color rojo se muestran los restos arqueológicos aun visibles correspondientes al nivel de certeza total, mientras en azul se representan las hipótesis de trabajo con una gradación de color que va del azul intenso al celeste claro, en correspondencia con el nivel decreciente de certeza de las hipótesis de trabajo. En las cuatro fichas de la imagen aparecen también las fuentes empleadas sobre las que se apoyan las propuestas planteadas.

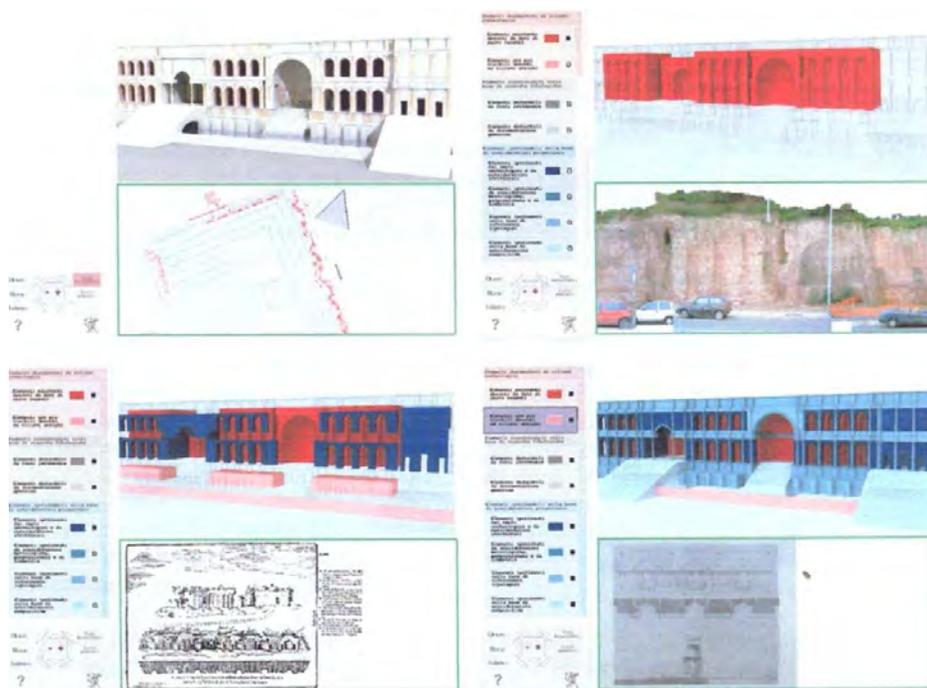


Figura 52. Fichas de la reconstrucción virtual de la Domus Aurea donde se distinguen el grado de fiabilidad de la hipótesis reconstructiva y las fuentes sobre las que se basan las hipótesis, R. Carlini y S. Borghini.

En estos casos se trata de imágenes que muestran de manera gráfica una serie de datos que sirven para exponer las decisiones analíticas, interpretativas y deductivas tomadas en el transcurso de la realización de las maquetas virtuales, de manera que el proceso de documentación y la relación existente entre las fuentes, los conocimientos y razonamientos implícitos, explícitos y resultados, es perfectamente visible, y acompaña al producto final.

7. IDENTIFICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO. PARALELISMOS ARQUITECTÓNICOS Y CONSTRUCTIVOS DE LA VILLA DE LIVIA.

Como aplicación de la metodología desarrollada en esta tesis, se analiza el caso de estudio de la villa de Livia de Prima Porta, que se estudia en detalle en la partes II y III de este estudio.

El estado de conservación del monumento no permitía una aproximación a su estudio y comprensión espacial a simple vista, debido a estados de transformación y destrucción considerables, haciendo más patente la necesidad de recurrir a técnicas digitales de reconstrucción, para poder observar una realidad espacial desaparecida. Sin embargo, la existencia de una base documental gráfica y de archivo suficiente⁴², garantizaba el poder llegar a plantear una hipótesis de reconstrucción que permitiera esbozar los rasgos espaciales generales de la Villa de Livia con rigor científico.

El complejo arqueológico que podemos contemplar en la actualidad, lejos de constituir una realidad completa y unitaria, es por el contrario la suma y resultado de las innumerables transformaciones que se han ido sucediendo a lo largo de la historia, cada una con los efectos correspondientes de continua adición, destrucción, sustitución, reconstrucción, restauración y reinterpretación según el modo de pensar y las necesidades del momento. Poder analizar y seguir todo el proceso que conlleva generar el modelo de reconstrucción de una de sus etapas precedentes, concretamente la más significativa, la etapa augustea, permitirá contemplar el edificio romano sin la distorsión que provoca la superposición de sus sucesivas fases históricas.

El proceso de abstracción y síntesis espacial necesario para tener una lectura neta y clara del esquema originario del edificio es complejo, y comprende todo un repertorio de problemas constructivos y sus posibles soluciones, como son los tipos de cubiertas, la posible existencia de distintas plantas de forjado, los revestimientos, huecos, y las soluciones constructivas para los pórticos, muros de contención, etc. Por esta razón se considera que el estudio y “proyecto de reconstrucción espacial” de este episodio de arquitectura alberga todos los incentivos para convertir el proceso en una reflexión interesante. Paralelamente dicho proceso deberá permitirnos establecer una serie de pautas a seguir en un estudio cuya dificultad técnica, tanto de ejecución como de criterio y rigor científico, se presenta compleja.

De este modo, a través de la reconstrucción espacial de la villa de Livia a caballo entre finales del s. I a.C. y principios del s. I d.C., y junto con el estudio de otra serie de ejemplos correspondientes a el mismo periodo, se podrá constatar que la interpretación arquitectónico-constructiva, genera modelos reconstructivos atendibles, y además resulta un método válido para analizar la evolución de la arquitectura.

⁴² La existencia de una planimetría rigurosa de base realizada con escáner laser y elaborada por el laboratorio de patrimonio virtual (VHLab), confrontada a su vez con los levantamientos previos realizados por la Superintendencia arqueológica de Roma, ha sido fundamental para poder realizar este estudio.

7.1. Casos estudiados:

Se ha llevado a cabo la selección de una serie de edificios, a partir de la relevancia del episodio arquitectónico en el contexto general de la arquitectura imperial romana. A continuación se detallan una serie de ejemplos que son fundamentales para poder comprender la arquitectura de las villas Imperiales. Los casos de estudio elegidos son en su mayor parte villas imperiales. Sin embargo en mi estudio que me ha llevado a poder plantear la reconstrucción virtual de la Villa de Livia, además de estudiar otras villas imperiales creo que es necesario analizar una serie de edificios que aún sin ser de pertenencia imperial, o incluso sin ser villas, tienen unas características similares a la Villa en alguno de sus aspectos, son coetáneas a ésta, y se ubican en la misma zona, es decir en las proximidades de Roma. Algunas de estos edificios son: Villa dei Volusii, el Auditorium de Mecenate, la Villa de la Farnesina, o ciertas domus vesubianas. Otro edificio que tiene relación con la Villa es el pórtico de Livia, del que solo se conserva la planta en el *Forma Urbis*.

La categoría de *villae maritimae*, pese a ser residencias de pertenencia imperial, queda fuera de este estudio por entender que es una tipología especial, con construcciones que se encuentran generalmente en una posición dominante y además se abren hacia el mar, que constituye un elemento fundamental del paisaje.

Los casos estudiados se enumeran en la siguiente tabla, y se han dividido en dos grupos, los edificios de propiedad imperial (bien desde su construcción o en un segundo momento), y los que nunca lo fueron.

SIGLO	EMPERADOR	LUGAR	CASO DE ESTUDIO	PROPIEDAD
I a.C.	Augusto (27a.C.-14d.C.)	Roma	Villa de la Farnesina	Marco Vipsanio Agrippa
I a.C.	Augusto (27a.C.-14d.C.)	Roma	Auditorium Mecenate	Mecenate y luego Tiberio
I a.C.	Augusto (27a.C.-14d.C.)	Roma	Pórtico de Livia	Imperial
I a.C.	Augusto (27a.C.-14d.C.)	Roma	Domus Augustana.	Augusto
I a.C.	Augusto (27a.C.-14d.C.)	Roma	La casa de Livia	Livia Drusilla, esposa de Augusto
I a.C.	Augusto (27a.C.-14d.C.)	Roma	La casa de Augusto	Augusto
I a.C.	Tiberio (14-37)	Roma	Domus Tiberiana	Tiberio
I a.C.	Nerón (54-68)	Roma	Domus Aurea	Neron
I a.C.	Nerón (54-68)	Oplontis	Villa de Poppea	Poppea Sabina, esposa de Neron
I d.C.	Domiziano (81-96)	Roma	Palacio de Domiziano	Domiziano
II d.C.	Adriano (117-138)	Tivoli	Villa Adriana	Adriano
II d.C-III d.C	Antonino Pio (138-161), Marco Aurelio (161-180)	Roma	Villa dei Quintili	Sestio Quintilio Condiano y Sesto Quintilio Valerio, consules el 151; posteriormente será patrimonio imperial desde que Commodo los matara, hasta Tácito
III d.C.	Gordiano I, Gordiano II (238). Gordiano III (238-249)	Roma	Villa di Tor di Schiavi	Gordiani
s. IV d.C.	Massimiliano (286-305) (occidente); Diocleziano (286-305) Oriente	Roma	Villa de Massenzio	Massenzio

ORIGEN, OBJETIVO, JUSTIFICACIÓN, ESTADO DE LA CUESTIÓN Y METODOLOGÍA.

OTROS EDIFICIOS				
SIGLO	CRONOLOGÍA	LUGAR	CASO DE ESTUDIO	PROPIEDAD
I a.C.	Cesar (59 a.C.-44 a. C.) – (dictador, Republica Romana tardía)	Lucus Feroniae, (Rm)	Villa dei Volusii	Volusii Saturnini
I d.C.	Tiberio (14-37)	Capri	Villa Jovis	Tiberio
I d.C.	Tiberio (14-37)	Capri	Palazzo a mare	Tiberio
I d.C.	Tiberio (14-37)	Capri	Villa de Damecuta	Tiberio
I d.C.	Destrucción: 79 d.C.	Posillipo, Napoles	Villa de Vedio Pollione	Vedio Pollione
I d.C.	Destrucción: 79 d.C.	Stabiae (Napoles)	Villa San Marco	
I d.C.	Destrucción: 79 d.C.	Pompeya (Napoles)	Villa dei Misteri	
EDIFICIOS DEL AREA VESUBIANA				
I d.C.	Destrucción: 79 d.C.	Zona Vesubiana (Napoles)	Arquitectura de Pompeya, Herculano, y el area vesubiana en general	
	s. IV a.C. –s. IV d.C.	Ostia Antica (Rm)	Arquitectura de Ostia Antica	

7.2. Breve descripción de los edificios más significativos analizados por sus paralelismos con el caso de estudio.

Villa de la Farnesina, (Roma). Aunque no se trata de una villa de propiedad imperial en sentido literal, se puede fechar en el mismo periodo que la villa de Livia de Prima Porta, y además su propietario, Marco Vipsanio Agrippa, era yerno y amigo de Octaviano, futuro emperador Augusto. Hay también una clara relación entre las pinturas murales de los dos edificios, de manera que el estudio de esta villa servirá para poder analizar y posteriormente comparar el aparato decorativo de ambas. Su reconstrucción virtual parcial ha sido llevada a cabo por Altair4 en 1998.

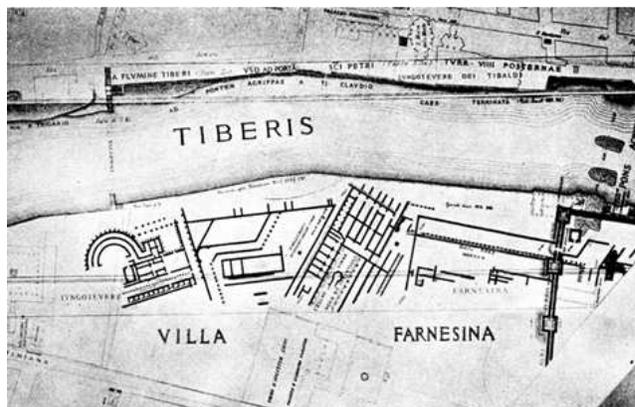


Figura 53. Planta de la zona excavada de la Villa romana de la Farnesina. Lanciani, *Forma Urbis*.

Auditorium de Mecenate. Este edificio formaba parte del horti Mecenateiani, donde también había una villa descrita por Orazio en la Epístola I, 8. Tras la muerte de Mecenate en el 8 a.C. la villa pasó a formar parte del patrimonio imperial, y fue entregada a Tiberio a su vuelta del exilio en Rodi. Las pinturas de III estilo de jardín de este edificio semi-subterráneo recuerdan mucho a las de la sala semi-enterrada de la Villa, hasta el punto que algunos autores han querido ver la mano de la misma cuadrilla en la ejecución de ambas. Además se trata de la única sala hipogea con unas características similares a la de la Villa.

No existe una reconstrucción virtual publicada de este espacio.

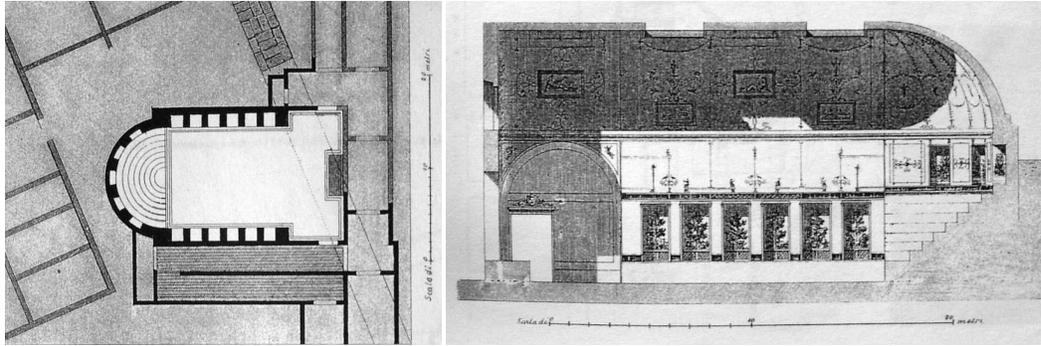


Figura 54. Planta y sección longitudinal del Auditorium de Mecenat. Sovraintendenza ai Beni Culturali Roma.

Pórtico de Livia (Roma), de época augustea, el Porticus Liviae, del que Ovidio habla en su obra dos veces, ayuda a comprender muy bien el uso que Augusto hace de la arquitectura, y es un claro referente para la villa de Livia de Prima Porta, como se verá más adelante.

Se ha conservado solo la planimetría de la Forma Urbis.

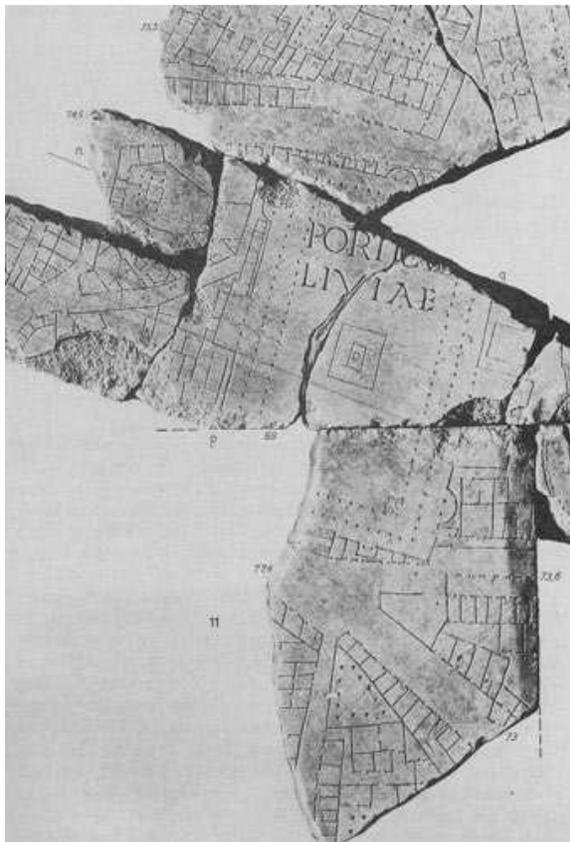


Figura 55. Fragmento de la planimetría del Pórtico de Livia, Forma Urbis Severiana.

La Domus Augustana. Para construir su residencia privada Augusto eligió la colina del Palatino, en una zona muy cerca de donde la mitología situaba la morada de Rómulo, y donde se ha encontrado el Iupercalé⁴³. Sus sucesores fueron ocupando progresivamente la colina, desarrollando un complejo palatino de grandes dimensiones.

La fachada de la Domus Augustana daba al Circo Máximo y estaba formada por un pórtico curvilíneo de dos plantas. Desde este pórtico se accedía a un patio con un estanque central, que daba paso a los apartamentos privados. Al norte del patio arrancaba una escalera monumental por la que se subía al piso superior, donde encontramos dos amplios peristilos. En la zona norte se ubicaba el sector oficial. Las diferentes dependencias se distribuían alrededor de un nuevo patio porticado. En el oeste se hallaba el *triclinium* con dos ninfeos adyacentes mientras que en el este se situó la basílica o tribunal imperial, junto al salón del trono o aula regia. En el lado sur se encontraba un largo jardín también porticado. Las habitaciones estaban decoradas con pinturas murales de gran calidad, en un proyecto decorativo donde queda constancia de todo el programa ideológico del *princeps* romano.

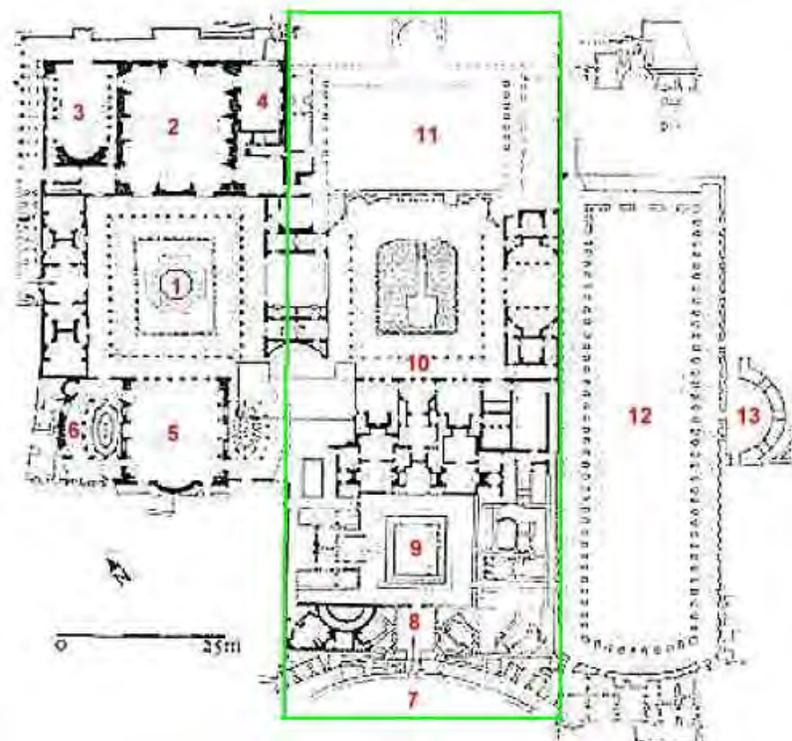


Figura 56. Planta del palacio de Domiziano, con la Domus Augustana al centro resaltada con borde verde. A la izquierda de la imagen aparece la Domus Flavia con: 1. Peristilio, 2. Aula regia, 3. Basílica, 4. Lararium, 5. Triclinium “coenatio loves”, 6. Ninfeo. Al centro la domus Augustana: 7. Exedra, 8. Vestibulo, 9. Peristilio 2°, 10. Peristilio 3°. A la derecha en el estadio se distinguen: 12. Hipódromo, 13. Tribunas privadas.

⁴³ En enero del 2007, durante los trabajos de restauración del palacio de Augusto en el Palatino, se encontró el santuario o Iupercalé, que se había construido en la gruta en la que la leyenda narra que los hijos de Rea Silva, Rómulo y Remo, fueron amamantados por la loba. Las casas de Augusto y de Livia del Palatino siguen un programa arquitectónico acorde con el programa político de Augusto, donde se trata de eliminar todos los signos de ostentación, y la expresión del poder político pasa a través complejas relaciones simbólicas que evidencian la grandeza del emperador.

Casa de Augusto y casa de Livia. En el Palatino se conservan una serie de casas tardo-republicanas que coexistieron con los palacios imperiales, y entre éstas destacan las casas de Livia y de Augusto.

La casa de Livia está construida sobre un terreno con una fuerte pendiente, y un nivel por debajo de la terraza donde está el templo de la Magna Mater. El acceso se hace a través de una rampa (12) que conserva el pavimento de mosaico de fondo blanco con teselas negras dispuestas regularmente. Desde el descanso se llega hasta un patio rectangular (13) con pilares de planta cuadrada que debían sujetar una cubierta, pero ocupa una posición marginal respecto a la planta de la casa por lo que no parece que fuese el atrio, que debe de localizarse en el lado oriental de la casa, donde quedan restos del *impluvium* (14) con una serie de *cubiculi* alrededor. En las habitaciones (18, 19) se conserva la decoración parietal con pinturas de II estilo avanzado. Al quitar las pinturas han quedado expuestas las distintas fases de elaboración de las estructuras murarias, mostrando una primera fase construida en opus reticulatum de factura irregular que se puede fechar hacia el 75-50 a.C., mientras que las pinturas parecen haber sido realizadas en torno al 30 a.C.



Figura 57. Casa de Livia en el Palatino. 12 Rampa de acceso, 13 patio, 14 atrio con impluvium y pequeños *cubicula* alrededor, 15 pasillo, 16 triclinio, 17 tablino, 18 y 19 salas en las que se conserva la decoración parietal.

La casa de Augusto es otra de las casas republicanas que se conservaron en el Palatino, y está al lado del templo de Apolo. Se distinguen dos partes, una zona privada y otra pública, ésta última tenía pavimento de mármol, mientras que la zona privada, coherentemente con lo que afirmaba Svetonio⁴⁴, tenía por pavimento un sencillo mosaico blanco y

⁴⁴ "Los Doce Césares", Salustio, LXXII. Habitó primero cerca del Foro antiguo, sobre la escalera anular, en una mansión que perteneció al orador Calvo. Ocupó después en el monte Palatino la casa, no menos modesta, de Hortensio, que ni era espaciosa ni estaba adornada, pues sus galerías eran estrechas y de piedra común, no habiendo mármol ni mosaicos en las habitaciones. Acostase durante más de cuarenta años, en invierno y verano, en la misma estancia, y pasó siempre el invierno en Roma, a pesar de tener experimentado que el aire de la ciudad era contrario a la salud en esta estación. Cuando tenía que tratar algún asunto secreto o quería trabajar sin que le interrumpiesen, se encerraba en la parte superior de su casa, en un gabinete que llamaba Siracusa o su museo, o bien se retiraba a una quinta inmediata, o a casa de cualquiera de sus libertos. Cuando se sentía enfermo iba a descansar a casa de Mecenas. Los retiros que más le gustaban eran los inmediatos al mar, como las islas de la Campania, o bien los pueblos situados alrededor de Roma, como Lanuvio, Prenesto o Tibur, donde frecuentemente administró justicia bajo el pórtico del templo de Hércules. No le gustaban las casas de campo demasiado grandes y costosas, e hizo arrasar hasta los cimientos una quinta de su nieta Julia, cuya construcción había costado enormes cantidades de dinero. En las suyas, que eran muy sencillas, se cuidaba menos de las estatuas y pinturas que de las galerías, bosquecillos y cosas cuyo valor dependiese de su rareza o antigüedad, como los huesos de animales gigantes que se ven en Capri, y a los que se da el nombre de huesos de gigantes o armas de los héroes. LXXIII. Puede juzgarse su economía en el menaje por los lechos y mesas que existen aún, y que apenas son dignos de un particular acomodado. Acostábase en un lecho muy bajo y vestido con la mayor sencillez. No usó nunca otras ropas que las que le confeccionaban en su casa su

negro. Augusto mandó construir el templo de Apolo en una zona privada de su casa que luego donó al Estado, de manera que su figura se asociaba con la de Apolo, cuyo templo era visible desde la ciudad.

Lo más interesante de la casa de Augusto es el programa decorativo, con unas pinturas murales que se han conservado muy bien y que permiten realizar una serie de paralelismos estilísticos con la casa de Livia de Prima Porta.

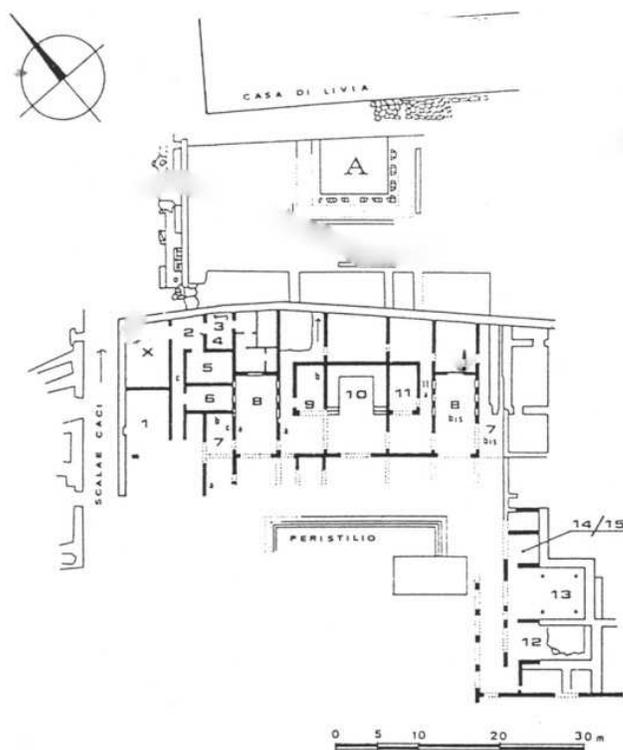


Figura 58. Casa de Augusto en el Palatino. Mibac.

Domus Tiberiana (Roma). Situada en la zona noroccidental del Palatino, la domus Tiberiana ocupa el área que hay entre el templo de Cibeles y la pendiente de la colina hacia el Foro Romano. Se trata del primer palacio construido de manera unitaria por un emperador en el Palatino. En el siglo XVI se construyeron encima de esta domus los jardines Farnesianos, que se han conservado en buena parte hasta hoy, de manera que la parte central de la domus Tiberiana está sin excavar, y de éste edificio se conocen solo las zonas marginales. En un primer momento el edificio de Tiberio debió de ocupar la parte central del jardín Farnesiano, y posteriormente Calígula lo amplió en dirección hacia el foro, siendo completamente reconstruido por Domiziano según un plan monumental contemporáneamente a la Domus Augustana.

hermana, su esposa, su hija o sus nietas. Su toga no era estrecha ni ancha, y tampoco su lacticlavia era ancha ni estrecha. Usaba calzado un poco alto para aparentar mayor estatura; tenía siempre en su alcoba el traje y el calzado que llevaba en el Foro, para estar dispuesto a presentarse en caso de súbito acontecimiento.

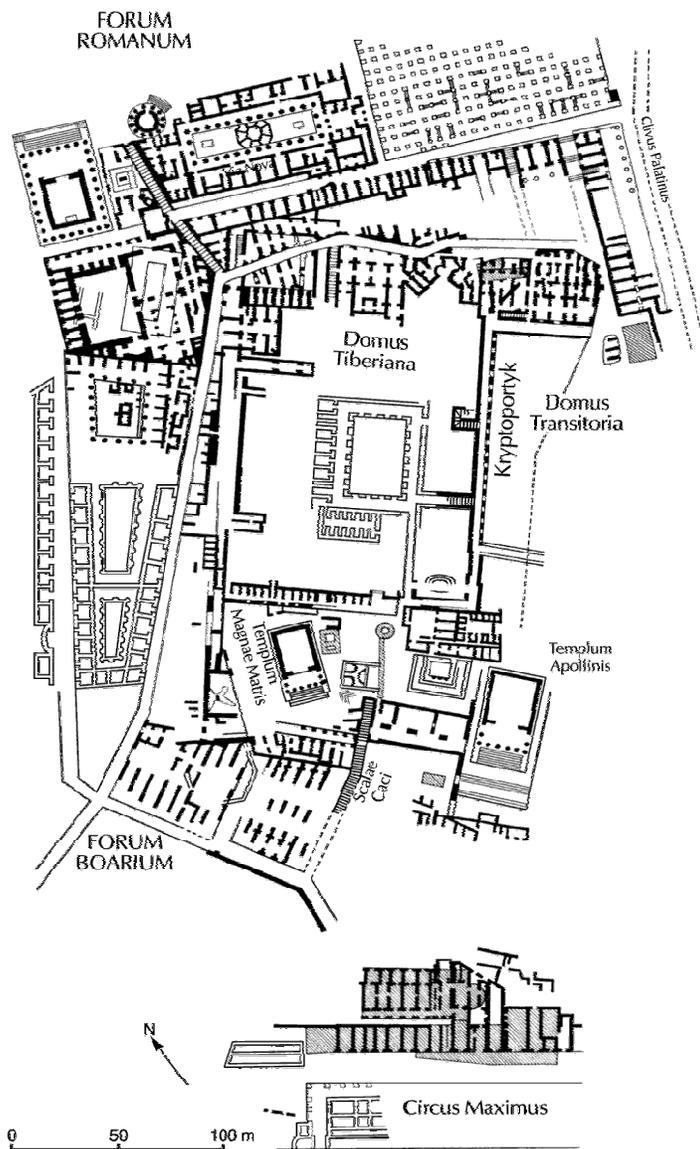


Figura 59. Planimetría general de la Domus Tiberiana.

En el centro del jardín se encuentra un gran peristilio con una serie de habitaciones alrededor. Del peristilio salía un pasillo que iba por el este de las habitaciones actualmente visibles, hacia el templo de la Magna Mater. Otros pasillos debían de desembocar en el criptopórtico de Nerón, donde se pueden ver las entradas, pero de todo esto no queda nada visible. Sin embargo en la zona sur si se han conservado 18 habitaciones, de planta rectangular cubiertas con bóveda de cañón y construidas en ladrillo. En el sector meridional hay un estanque de forma oval con escalones que quizás fuera un *vivarium* o vivero de peces. El lado oriental de la Domus Tiberiana está delimitado por un criptopórtico que se suele datar como de época neroniana, y que respecto a la domus ocupa una posición frontal como suele ocurrir en las villas. Este criptopórtico tenía ventanas colocadas en uno de los lados de la bóveda y conserva aun restos de pintura en los muros y de pavimento de mosaico, se conservan restos de la decoración de los casetones decorados con elementos vegetales de la bóveda.

Será de particular interés el estudio de elementos constructivos en general y la comparación del criptopórtico de la Domus Tiberina con el de la Villa de Livia del que apenas hay referencias.

Domus Aurea (Roma). Construida después del incendio de Roma del 64, y sepultada por los sucesivos emperadores para restituir al pueblo romano el terreno de la Domus Aurea a la muerte de Nerón en el 68, la residencia imperial se extendía a lo largo de 250 hectáreas entre las colinas del Celio y del Esquilino. La parte que se ha excavado parcialmente corresponde a una zona reservada al ocio, decorada suntuosamente.

Se conocen datos sobre las obras gracias a las crónicas de Plinio el Viejo, que asistió a su construcción (*Naturalis historia XXXVI*), y a los *Anales* de Tácito.

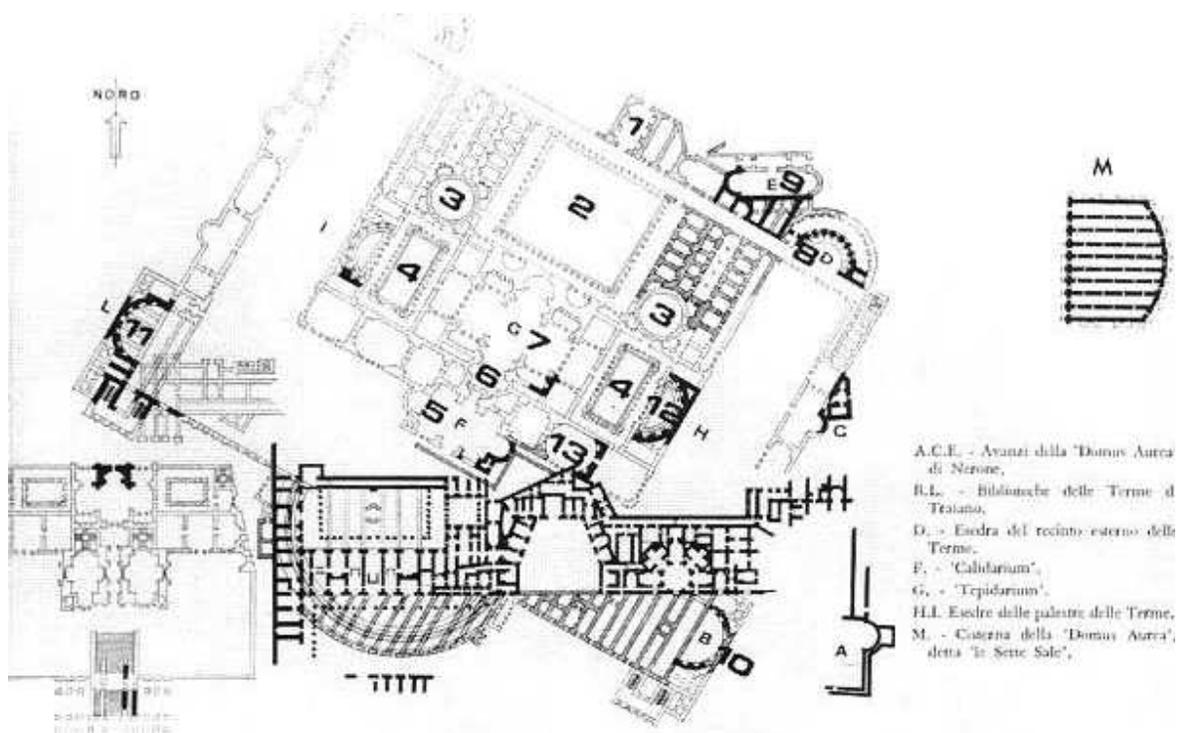


Figura 60. Planta de la Domus Aurea de Neron, Roma.

Villa de Poppea (Oplontis), La villa, cuya propiedad se atribuye a Poppea Sabina, segunda esposa de Nerón, se encuentra en la localidad de Oplontis, centro residencial situado a pocos kilómetros de Pompeya, y que corrió la misma suerte con la erupción del Vesubio del 79 d.C. La villa fue construida en el siglo I a. C, y se reestructuró posteriormente durante la época julio-claudia. El edificio se desarrollaba según un plan simétrico, caracterizado por la partición en dos núcleos principales: la zona residencial señorial y la zona rústica propiamente dicha. En la primera, los espacios se

dividían según los esquemas tradicionales, con habitaciones, baños, triclinios, cocinas y lararios; en la segunda se sucedían los almacenes para víveres y para los aperos agrícolas.

El conjunto de las partes cubiertas había sido diseñado en estrecha relación con una vasta área descubierta, un jardín o *viridarium*, que constituía el núcleo de todo el conjunto. Grandes jardines y áreas cultivadas se extendían alrededor de la villa, que, además de desempeñar las funciones de suntuosa residencia suburbana, debía constituir también el motor de una considerable industria agrícola.

De esta villa se han estudiado además de los aparatos decorativos, la distribución del espacio, y determinados elementos constructivos, como arquitrabes, las soluciones de los huecos, cubiertas, etc.

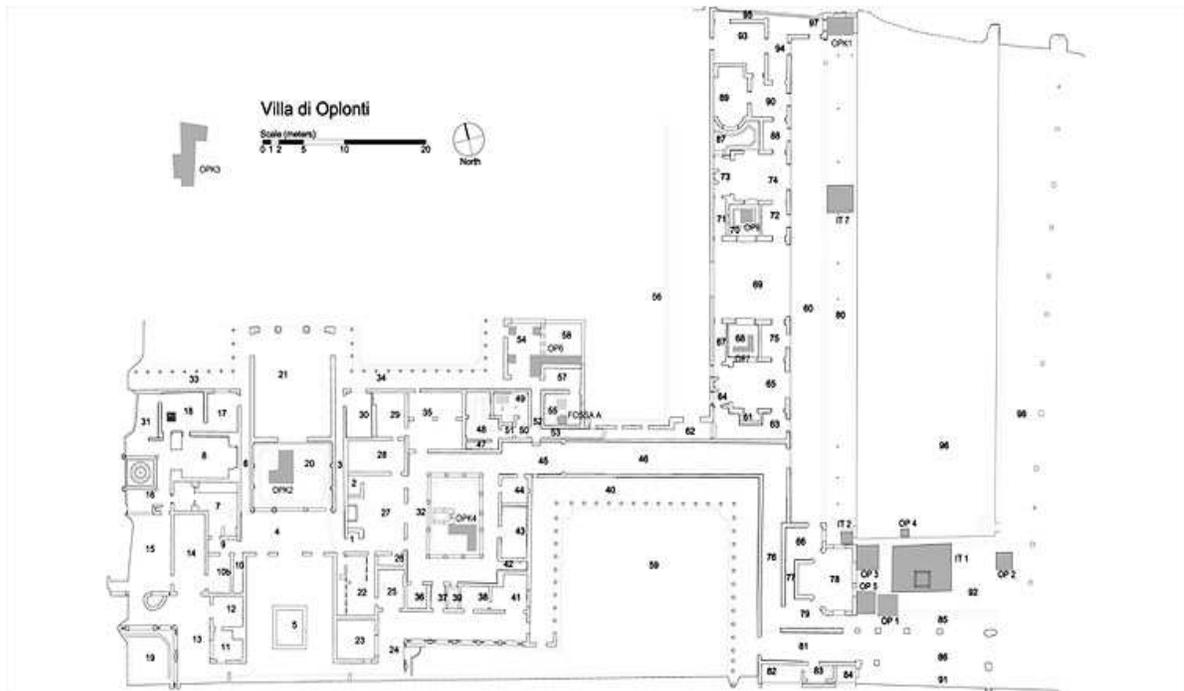


Figura 61. Planimetría general de la Villa de Poppea, excavada parcialmente ya que hay una carretera que pasa por la mitad. Sovrintendenza archeologica Pompei.

El Kings College de Londres está ultimando la reconstrucción virtual de esta villa.

Palacio de Domiziano (Roma). En este palacio se distinguen tres sectores que se estudian por separado: la Domus Flavia, la Domus Augustana y el Estadio.

Se trata además de un edificio que apenas sufrió transformaciones a excepción de algunas obras de restauración y ampliación, y que durante todo el Imperio fue el palacio de los emperadores por antonomasia, es decir, se trata de una tipología arquitectónica: el palacio dinástico. Se sabe que las obras las dirigió el arquitecto Rabirio, e iniciaron bajo Domiziano, terminando en el 92 d.C. Gracias a la información recogida por las marcas de los ladrillos, se presume que

en primer lugar se construyera la Domus Flavia, es decir, el palacio oficial de representación, siguiendo con la Domus Augustana o residencia privada del emperador, y en último lugar el Estadio.

Villa Adriana (Tivoli). Villa Adriana es un conjunto de edificios independientes y de ejes divergentes, situados en una pendiente llana, con un desnivel de algo más de 50 metros de un extremo a otro. Entre ellos se intercalan pórticos, palestras, palacetes, teatros, bibliotecas, piscinas, jardines, etc. El emperador Adriano construyó su villa en Tíbur (Tivoli) entre los años 118 y 134, según indican los sellos latericios.

El emperador hizo entrar en juego todas las posibilidades de la arquitectura de su tiempo, recogiendo las experiencias previas de palacios y villas, y sobre todo en termas, donde las bóvedas tenían su gran terreno de aplicación, como la bóveda de lunetos rampantes del Serapeum –que es en realidad un inmenso triclinio en gruta, animado por juegos de agua. Pero donde estaba la mayor originalidad de esta residencia era en las plantas de algunos edificios, llenas de cuerpos radiales, de exedras, de nichos, que a la hora de cubrirlos imponían soluciones audaces, como ocurre en el llamado Teatro Marítimo; la Piazza d'Oro, o la *coenatio*, una sala que parece inspirada en la *coenatio* lovis de la Domus Flavia. En todos estos edificios predominan las plantas centradas que habrán de alcanzar tanto desarrollo en la arquitectura del siglo IV.



Figura 62. Planimetría de Villa Adriana. Sovrintendenza Archeologica Lazio. 1. Teatro griego. 2. Palestra. 3. Ninfeo y templo de Venus. 4. Terraza de Tempe. 5. Terraza inferior de la biblioteca. 6. Terraza del teatro marítimo. 7. Biblioteca griega. 8. Terraza superior de la biblioteca. 9. Biblioteca latina. 10. Triclinio imperial. 11. Pabellón de Tempe. 12. Hospitalia. 13. Patio de la biblioteca. 14. Teatro marítimo. 15. Sala de los filósofos. 16. Criptopórtico con bóveda decorada con mosaico. 17. Termas con heliocaminus. 18. Pecile. 19. Palacio imperial. 20. Peristilio externo. 21. Jardines de palacio. 22. Caserma. 23. Edificio con pilastras dóricas. 24. Casa colonica. 25. Plaza de oro. 26. Arena de los gladiadores. 27. Estadio. 28. Casa al sur de la plaza de oro. 29. Edificio con peschiera. 30. Ninfeo estadio. 31. Edificio con tres esedras. 32. Cento camerelle. 33. Quadripórtico. 34. Termas pequeñas. 35. Criptopórtico de las termas grandes. 36. Zona entre las termas grandes y pequeñas. 37. Vestíbulo. 38. Termas grandes. 39. Pabellón del praetorio. 40. Canopo muro de contención oeste. 41. Roccabruna. 42. Explanada de Roccabruna. 43. Canopo con *coenatio*. 44. Explanada de la Academia. 45. Academia. 46. Canopo, muro de contención este. 47. Odeon.

La villa Adriana ofrece un repertorio muy amplio de soluciones constructivas, que han resultado muy útiles de cara al estudio de las técnicas constructivas de la Villa de Livia.

Villa dei Quintili (Roma), de época tardo-adrianea, los primeros propietarios fueron dos hermanos cónsules en el 151 d.C. Tras el asesinato de los dueños por parte de Cómodo, la villa pasó a formar parte del patrimonio imperial hasta la época de Tácito, es decir, finales del siglo III.

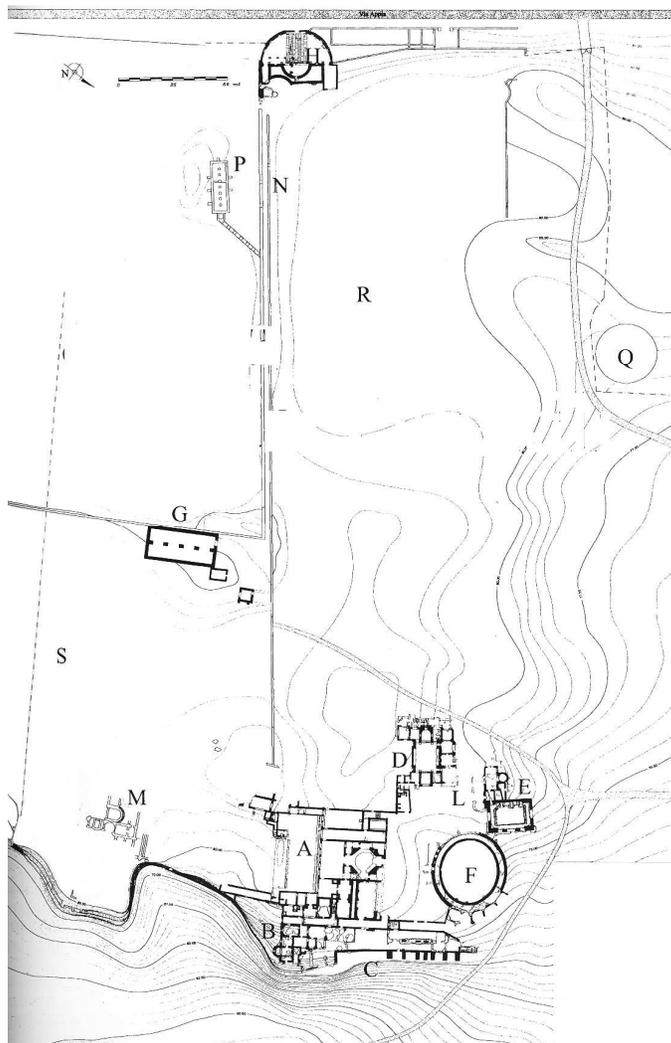


Figura 63. Planimetría general de la Villa de Quintili en la via Appia. Quintili 2000.

Las zonas A y B corresponden a la *basis villae*, una estructura que se suele datar alrededor del siglo II d.C., es decir, en la primera fase del edificio. En esta zona además la villa se desarrolla en dos alturas, lo que no era muy frecuente en este tipo de residencias. De esta villa además es interesante la instalación termal y el abastecimiento de agua, con algunos puntos en común a la villa de Livia. La villa de Quintili tenía también una cisterna de aprovisionamiento de agua parecido al de la Villa.

Existe una reconstrucción virtual realizada por ACS studio sobre el *frigidarium* y un dibujo publicado por Francesco Corni.

Villa di Tor di Schiavi o villa dei Gordiani (Roma), también es una villa imperial (la familia Gordiani tuvo tres emperadores en el siglo III, Gordiano I, Gordiano II, y Gordiano III), aunque se trata de un conjunto de edificios mucho más tardíos, del que solo quedan visibles el mausoleo, y el Aula Octogonal que probablemente era un ninfeo. De este caso lo más interesante desde el punto de vista constructivo es la cúpula de este último edificio, se trata de un espacio de planta octogonal cubierto con una cúpula realizada con ánforas para aligerar el peso.

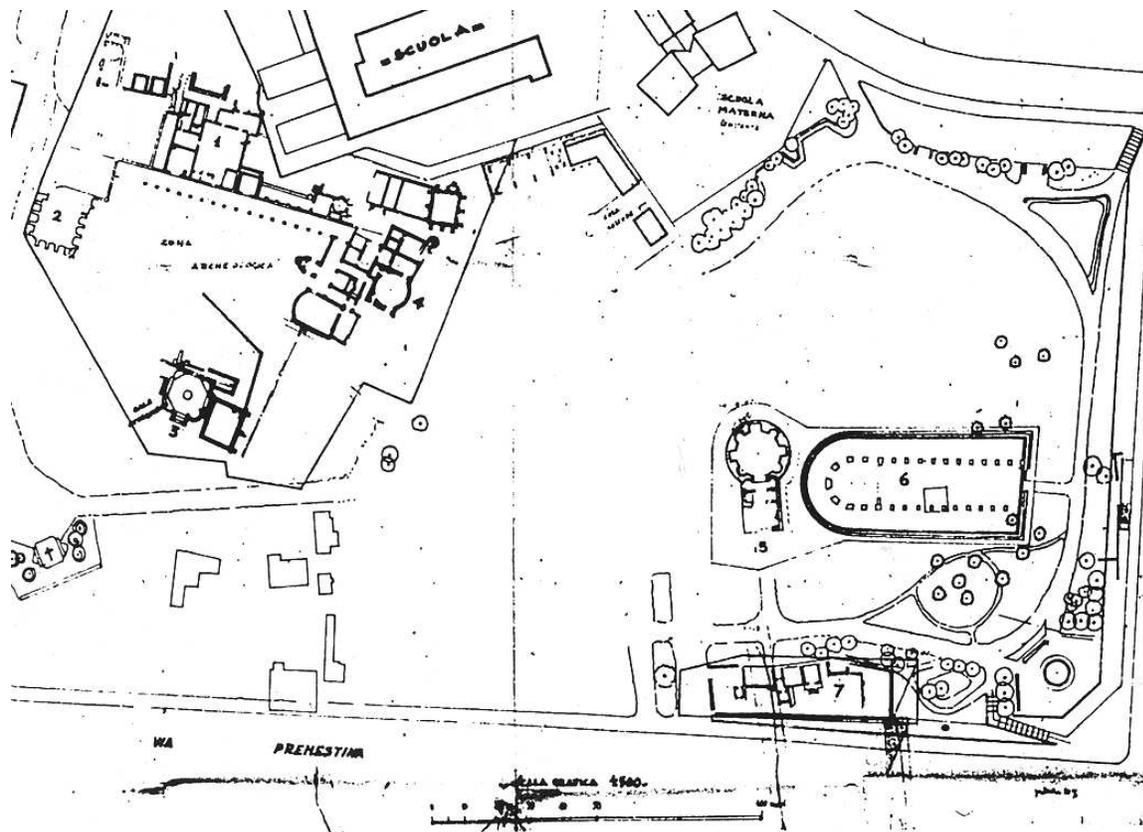


Figura 64. Planimetría del parque de Villa Gordiani. Archivo fotografico X Rip. AA.BB.AA. Comune di Roma.

Villa de Masenzio, (Roma). Se trata de una villa monumental situada en la via Appia, construida durante el reinado de Masenzio (306-312). Era un complejo edilicio cerrado con unas construcciones interdependientes, donde palacio, circo y mausoleo contribuían con sus respectivos significados simbólicos a la afirmación de la idea de la sacralidad imperial.

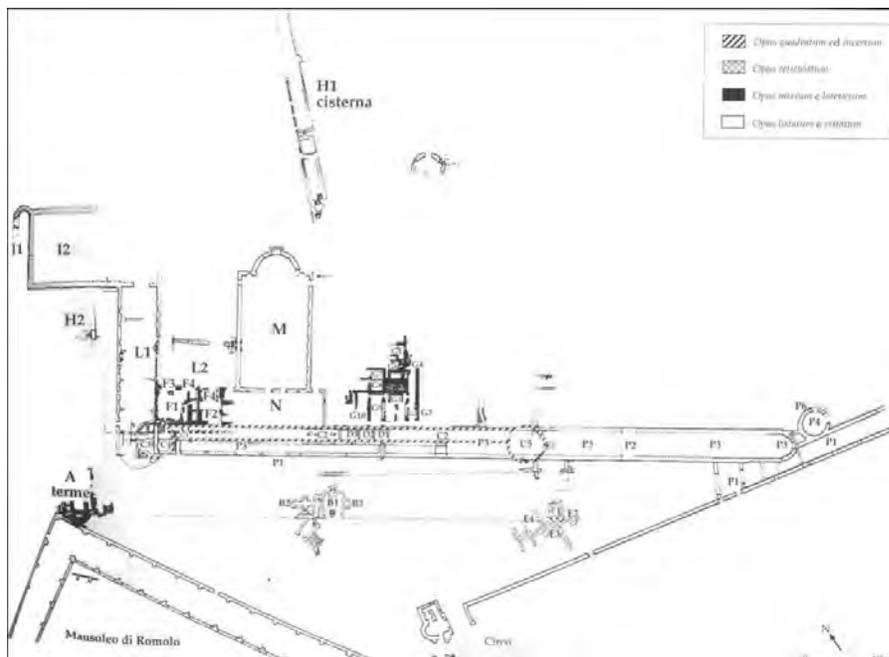


Figura 65. Planimetría de la villa de Masenzio. Sovrintendenza Comunale Roma.

Durante el siglo I a.C., en una serie de villas cercanas a Roma ⁴⁵aparecieron las primeras cisternas descubiertas; poco después, en época augustea, aparecieron las primeras instalaciones hidráulicas con carácter decorativo: ninfeos, fuentes, *natationes e piscinae*. No se trata de algo casual, ya que las cisternas descubiertas supusieron un gran cambio en la gestión del agua de las Villas romanas. Además de volver obsoletos los *impluvia*, la presencia de estos grandes depósitos de agua exteriores supuso un aumento de la disponibilidad de agua que podía emplearse con fines decorativos. Sin embargo el empleo del agua con fines decorativos se limitó sobre todo a las grandes Villas del Imperio, siendo poco frecuente la presencia de ninfeos, fuentes y otros elementos decorativos en construcciones más modestas.

De la villa de Masenzio resulta interesante el estudio de la zona termal A y los ninfeos B y E como referencia para la Villa de Livia.

⁴⁵ Ville dell'agro romano, Marina De Franceschini. En este libro se catalogan 100 villas próximas a Roma, y de su estudio se pueden extraer una serie de conclusiones, como la observación sobre la relación entre la aparición de cisternas desenterradas y las primeras estructuras hídricas con carácter decorativo.

7.2.1. Otros edificios

Villa dei Volusii (Lucus Feroniae, Roma)

La Villa de Volusii perteneció a una familia de Senadores, los Volusii Saturnini, del siglo I a.C. La villa se desarrolla en dos niveles separados por un criptopórtico, era una villa de otium, con ciertos elementos de la domus urbana. Tenía un gran peristilio, un larario, cubicula, y una serie de habitaciones cuya destinación no está clara, que conservan mosaicos policromos de buena factura, que sirven como paralelismos respecto a la Villa de Livia.

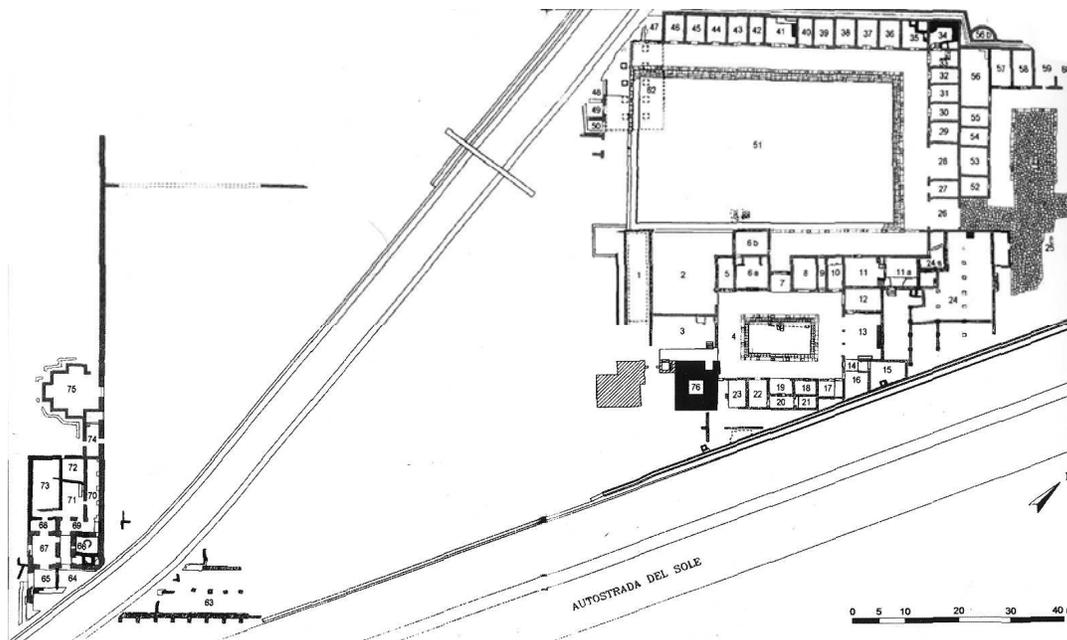


Figura 66. Planimetría general de la Villa de Volusii. Sgubini 1998.

Las villae maritimae que enumero a continuación no se tratarán en detalle, pero se citan por ser residencias imperiales, aunque con una tipología muy concreta.

Villa Jovis (Capri), residencia del emperador Tiberio y sede de la corte imperial, entró a formar parte del patrimonio imperial por voluntad de Augusto. La Villa de Júpiter es un palacio romano situado en la isla de Capri, construido por el emperador Tiberio, que gobernó desde allí entre los años 27 d. C y 37 d.C. Es la más grande de las doce villas tiberinas de Capri indicadas por Tácito, el complejo entero se desarrolla en varias terrazas con un desnivel entre ellas de hasta de 40 m., Existen ocho niveles de muros y los restos visibles de las escaleras permiten entender la importancia que la construcción tuvo en su tiempo; recientes trabajos de excavación revelan que la villa es un testamento extraordinario de la arquitectura romana del siglo primero.

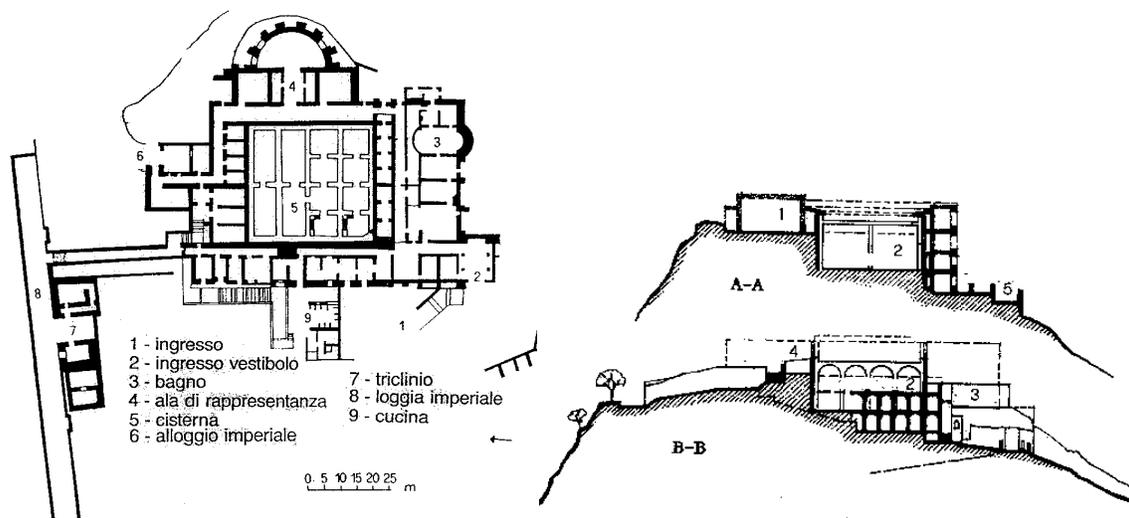


Figura 67. Planta y secciones de Villa Jovis, Capri.

Palazzo a Mare (Capri), La villa de Palazzo a Mare toma su nombre del área en la que se construyó; y es otra de las villas imperiales de la isla de Capri. La villa se organizaba en varios núcleos entre el mar y el promontorio tal y como suele ocurrir en las villas romanas marítimas, caracterizadas por elementos arquitectónicos dispersos, situados en puntos panorámicos en el contexto natural.

La primera fase de villa se atribuye a Augusto, y se sabe que posteriormente Tiberio realizó importantes reformas; y con el tiempo sufrió numerosas excavaciones y expolios. Aún no se han realizado los estudios necesarios para poder comprender el funcionamiento de la villa, pero a priori parece que el importante sistema de abastecimiento de aguas y los grandes muros de contención del complejo fueron concebidos de manera unitaria.

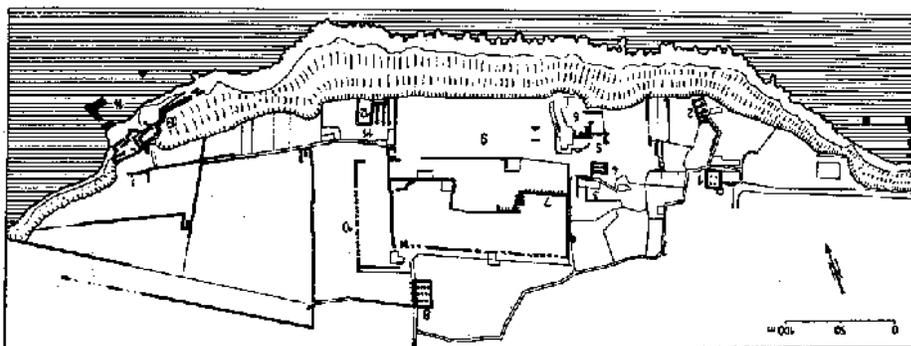


Figura 68. Planta del Palazzo a Mare, Capri.

Villa de Damecuta (Capri). En el sector occidental de la isla de Capri se sitúa la villa imperial de Damecuta, que junto con villa Jovis, y la villa de Palazzo a Mare, todas colocadas a diferente altura, crean una especie de cordón que ocupa las dos extremidades y la parte central de la isla, con un control visual completo del golfo de Nápoles, desde

Aun no se han realizado estudios suficientes para poder conocer la extensión completa de esta villa romana, aunque los restos visibles, como los muros de contención con arcos que recorren la ladera escarpada, hacen pensar que debía de tener una superficie importante.

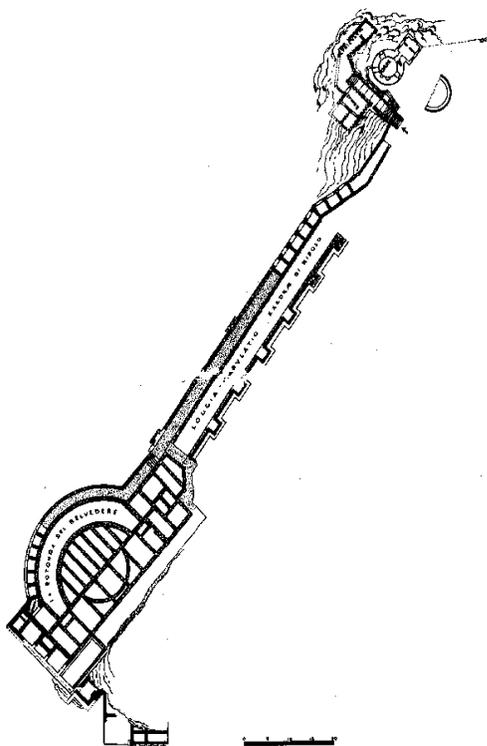


Figura 69. Planta general de la Villa de Damecuta, Capri.

Villa de Vedio Pollione (Posillipo, Nápoles). Se trata de una villa que cubría un terreno de casi 9 hectáreas en Posillipo, en el que se encontraban edificios, pórticos, jardines y viñedos. Como suele ocurrir en las villas romanas, se aprecian diferentes fases que van del periodo tardo republicano hasta la época tardo imperial. Actualmente se pueden identificar una serie de estructuras que formaban parte de la villa, como el teatro, el puerto y las termas.

La villa pasó a formar parte del legado imperial de Augusto con la muerte de Vedio Pollione en el 15 a.C., y parece que fue usada como residencia imperial al menos hasta época adrianea.

PARTE II.

1. LA VILLA DE LIVIA.

1.1. Introducción, a purtes históricos de la Villa de Livia

La villa de Livia, esposa de Augusto, se menciona en las fuentes literarias (Plinio, Suetonio y Dión Casio) en relación con un hecho extraordinario del que toma el nombre de *Gallinas Albas*: «[...] a Livia Drusilla [...] un águila] le dejó caer en el regazo una extraordinaria gallina que ésta llevaba en sus garras y que sujetaba en el pico una rama de laurel con bayas. Los arúspices ordenaron que se cuidara del ave y de su descendencia, y que se plantara y cuidase la rama de laurel religiosamente. Esto se sucedió en la Villa de los Cesares con vistas al río Tiber, cerca de la IX milla de la Via Flaminia, que recibe así el nombre *Ad Gallinas*, donde nació milagrosamente un bosque. Tras sus triunfos, César sujetaba en la mano una rama y llevaba una corona sobre la cabeza del laurel que cogía del bosque, y lo mismo hicieron todos los otros emperadores. Se tomó como costumbre plantar las ramas que éstos habían llevado en la mano, y todavía existen los bosques con sus nombres... "(Plinio, *Naturalis Historia*, XV); «[...] y vieron que tras la muerte de cada uno de ellos, el árbol que éstos habían plantado se secaba. Así que último año de Nerón, todo el bosque se quemó hasta las raíces y murieron todas las gallinas. Y, de repente cayó un rayo en la sede de los cesares, y en ese mismo instante cayeron al mismo tiempo, las cabezas de todas las estatuas e incluso el cetro de Augusto le fue arrebatado de las manos [...] "(Suetonio, *Galba*, I). El relato de Dión Casio es similar en la exposición de los hechos del año 38 (XLVIII, 52 y LXIII, 29), pero sólo Suetonio atribuye la propiedad de la Villa a la propia Livia (*Veientanum suum*), sin especificar si provenía de su familia paterna, la *gens* Livia, o de la *gens* Claudia, a la que pertenecía su primer marido, Tiberio Claudio Nerón. El texto de Plinio por otro lado, es más explícito en las indicaciones topográficas que da sobre la Villa, es decir, sobre su ubicación en la IX milla de la Via Flaminia, y la posición dominante sobre el valle del Tiber: precisamente a partir de estas indicaciones, en el ámbito de los estudios de los eruditos del siglo XVII, se pudo localizar la Villa en la zona de Prima Porta, en la Via Flaminia, que aún conservaba, con ligeras variaciones, su trazado antiguo, alejándose del Tiber para subir por la montaña y llegar a la ladera del Monte Soratte cruzando el Tiber hacia Umbría.

1.2. Descripción general

La Villa de Livia fue construida según las prescripciones de Vitruvio, en una terraza (*basis villae*) que prolongaba la superficie delantera de la colina hasta el Tiber mediante imponentes muros de contención.

La planimetría muestra una clara división en tres zonas distintas, una que comprende la zona residencial alrededor del peristilo y otros espacios abiertos, con un complejo termal; la segunda zona con un jardín que ocupa un área cuadrada de grandes dimensiones, y un tercer núcleo, junto a la primera zona y destinado al servicio de ésta, pero con diferente orientación, en la que se encuentra la gran cisterna, con sus anejos. La entrada a la residencia se realizaba a través de un camino pavimentado con grandes losas de piedra (*basoli*) y traquita, material que se solía utilizar en los caminos con fuertes pendientes por su superficie rugosa. Esta entrada a la casa no tenía más de dos metros de ancho al inicio, pero se agrandó más tarde. El acceso privado se separaba de la antigua Via Flaminia justo después del cruce con la vía Tiberina, subía la colina (su trazado original fue destruido por las canteras modernas) y llegaba a una especie de plaza, donde una pequeña caseta recuerda un moderno puesto de guardia, delimitada irregularmente por unos muros de *opus reticulatum* que hacían al mismo tiempo de recinto de la Villa y contención de la terraza sobre la que se

había construido parte de la Villa, con tejas colocadas formando canalizaciones para el drenaje. En la tapia de *reticulatum* se abre un portal, con pilares de ladrillo rematados con bloques de travertino que atraviesa la calzada; una vez pasado el umbral, el camino sube hasta lo alto de la colina. La Villa está delimitada por muros paralelos realizados con una técnica diferente: del muro septentrional en *opus mixtum* se conservan restos superpuestos de revestimiento con *cocciopesto* pintado de rojo; el otro muro daba acceso a las habitaciones de servicio.

El camino bordea la cisterna bajando hasta encontrarse con otra explanada de forma irregular, cerrada en la zona superior mediante el muro de contención que además constituye también el perímetro del jardín grande, y al que se adosan algunas zonas de servicio (la parte terminal con un mosaico que representa la muralla de la ciudad, y una letrina). En el lado de la explanada que da hacia el jardín hay un pórtico bastante profundo con pilastras, que tal vez se usara para dejar caballos y carros; en la pared del lado opuesto el muro en *reticulatum* que delimita el camino se une a otro de trazado irregular, construido en *reticulatum* y ladrillo, que rodea la zona residencial de la Villa hasta llegar a la gran cisterna. La entrada al complejo residencial de la Villa está marcada por imponente portal con grandes bloques de travertino en los que aun pueden verse los goznes y los huecos que alojaban las jambas de la doble puerta.

La villa engloba una estructura anterior, seguramente de origen republicano, aunque también aparecen restos que hacen pensar en un posible origen etrusco (como los vestigios que se observan en la escala que lleva a la habitación subterránea bajo la sala N° 16) (figura 2). El aspecto de la Villa debía de ser algo fragmentario, con distintos edificios unidos entre sí mediante pasillos, y espacios al aire libre que conectaban las diferentes partes de la Villa. La necesidad de separar la parte privada de los espacios públicos era también un requisito fundamental para el buen funcionamiento del edificio.

También era práctica común disponer de corredores para que los criados pudieran desplazarse por las habitaciones de la villa de forma discreta. Por lo general se utilizaba una red de galerías internas dentro y fuera de los edificios, a veces subterráneas. La tipología de espacios abiertos presentes en esta Villa es la misma que aparece en otras casas: peristilos, atrios y jardines que servían como elementos de bisagra y también como filtros de los diferentes espacios.

La entrada principal de la Villa estaba situada al norte, y se accedía a través de un camino secundario que partía de la vía Flaminia. Se conservan restos de un pórtico con pilastras como ya he mencionado antes, que podría tener la función de *stabulum* para caballos.

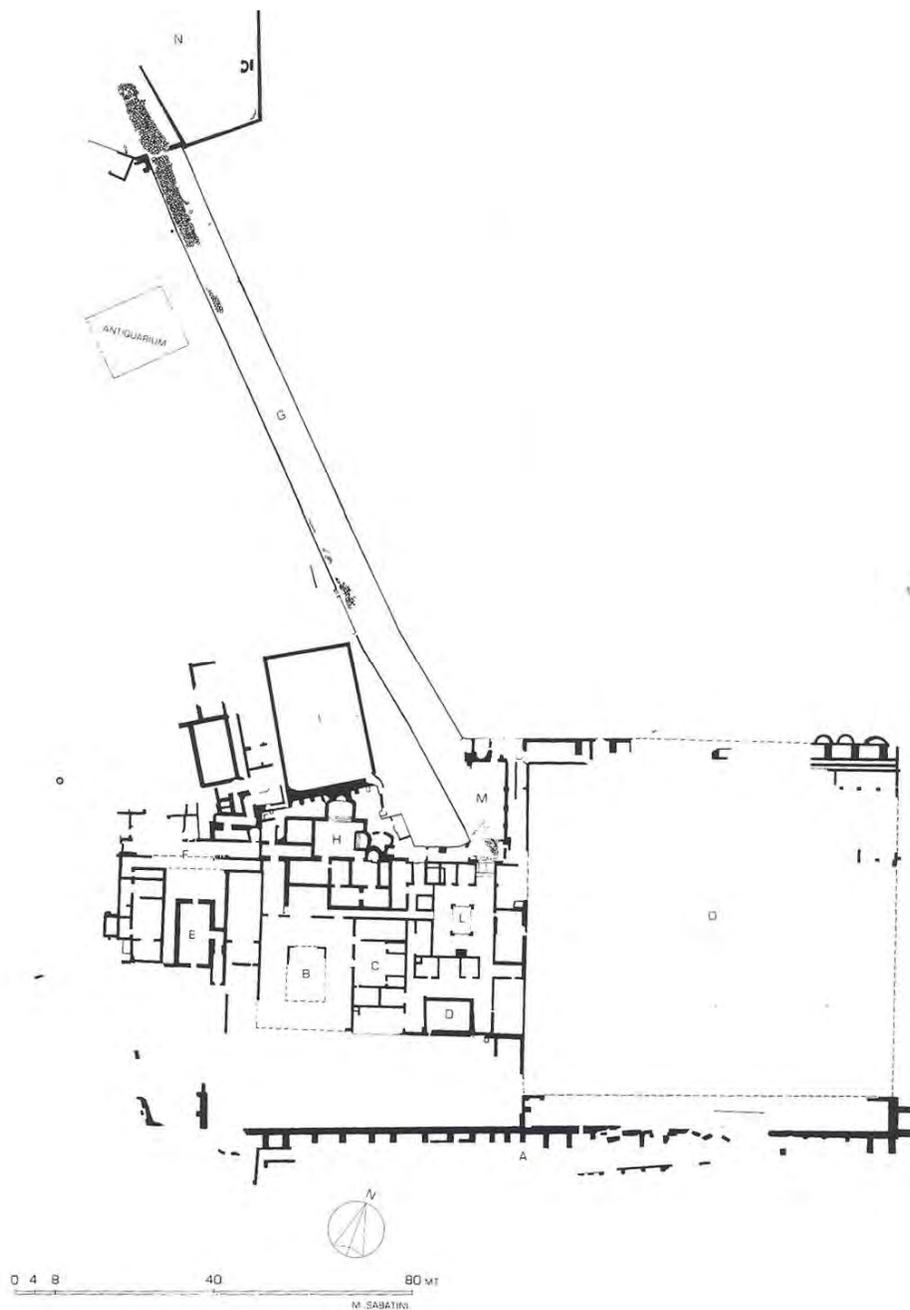


Figura 1. Villa di Livia. Planta (planimetría de Sabatini). A: basis villae; B: peristilo; C: triclinio; D: jardín menor; E: sala hipogea; F: pasillo de acceso a las termas; G: camino privado; H: zona termal; I: cisterna; L: atrio; M: patio de entrada; N: plazuela; O: jardín grande.

Los recorridos se organizaban a través de una secuencia de espacios llenos y vacíos, con zonas abiertas para conectar cada una de las partes visualmente a través de corredores, huecos, etc. Vitruvio sugería, respetando siempre los principios de la distribución en relación con los puntos cardinales, que se tuvieran en cuenta las necesidades específicas de propietarios y huéspedes a la hora de construir las habitaciones privadas, considerando los elementos específicos necesarios para el correcto funcionamiento de cada zona. De hecho, las habitaciones, triclinios, baños y

otras salas, se estimaban de uso privado, mientras que los pasillos, patios, peristilos, etc. se consideraban espacios comunes.



Figura 2 Escalera de acceso a las habitaciones subterráneas bajo la sala 16. (Derecha foto R. Sigismondi)

Analizando la villa resulta clara la interacción continua entre los espacios cerrados y abiertos. Cada área de la villa fue construida usando módulos equipados con su propio espacio abierto: el atrio con su patio central, el peristilo con una piscina al aire libre, el área de los dormitorios con un pequeño jardín, las termas en la época Flavia con el ninfeo en la parte delantera del aljibe; y finalmente, el jardín imperial. La relación con el paisaje circundante parece desempeñar un papel destacado en la residencia de Augusto y Livia.

La villa de Livia debía de tener además de la *pars urbana*, de la que se ha excavado una buena parte, una *pars rustica*, de la que no se tienen noticias, sin embargo, a pesar de que no se hayan encontrado indicios sobre ésta, es lógico pensar que una villa imperial debiese tener una zona destinada a atender las necesidades técnicas y logísticas, como el cuidado de los jardines, la manutención de la zona termal en particular y de la Villa en general, o el aprovisionamiento de toda una serie de recursos de diversa índole, y que el servicio debía de vivir en esta *pars rustica*.

De las distintas hipótesis que se han planteado durante este trabajo, la más interesante era la que mantenía el profesor Messineo, que indicaba como una zona probable, la situada al norte del jardín imperial. Se han experimentado métodos de teledetección sin resultado, entre otras cosas porque la gestión actual de este sitio arqueológico dificulta el trabajo, de manera que la única forma de saberlo será con la excavación de la zona, que permitirá de confirmar o refutar esta hipótesis.



El análisis de la parte sur de la villa es muy complejo, ya que a pesar de su apariencia austera, la fachada debía de tener un fuerte impacto visual sobre el territorio. El borde sur se apoya sobre unos grandes muros de contención¹ que han permitido definir extensión lógica de la *basis villae*, funcionando como telón de fondo del valle. El límite de la *frons villae* que se propone en esta reconstrucción se basa en estos datos, y une el pórtico del jardín Imperial o jardín grande, con el límite occidental del peristilo, como se deduce de los últimos datos de las excavaciones realizadas en ese sector en 2004 (Carrara, 2004).

Figura 3. Villa de Livia. Camino que conecta la via Flaminia con la Villa, con adoquines o “*basolite*” de traquita leucítica, material idóneo por su rugosidad para las zonas con fuertes pendientes (foto Sigismordi).

Hay vestigios de una entrada secundaria en el lado sur del pórtico. Aquí se han encontrado los restos de una escalera con dos rampas y peldaños de travertino. La escalera ya no es visible; la densa vegetación y la falta de datos de medidas no han permitido la reconstrucción. No se realizó ningún levantamiento en su momento y se procedió solo a la documentación fotográfica. La rampa permitía llegar a la villa desde el cruce entre la Flaminia y la Tiberina.



Figura 4. Rampa de acceso desde la via Flaminia (Messineo 1991). Derecha: el muro de contención con contrafuertes (C. Ponti)

¹ Citadas por Lugli como “due bracci di muro ad angolo retto, sostenuti da poderosi contrafforti, almeno quattro nel lato sud e due in quello est che però non è interamente conservato...E’ costruito a fasce di reticolato, posto in risega di 5-6 cm. l’una sull’altra in modo da diminuire lo spessore a mano a mano che si sale” (Lugli 1923, pp. 26-42).

13. El arte en época de agosto

En cuanto al arte en la época de Augusto, y todo lo relacionado con él, (es decir, arquitectura, escultura y pintura), presenta en la decoración, escultura, arquitectura y artesanía de lujo, una impronta de refinamiento y elegancia. Se trata en realidad de una elegancia un poco fría, conectada a un gusto de la corte y a una sobriedad y mesura que el emperador se impuso a sí mismo como persona, y a su entorno. De este modo se determinará una inversión de la tendencia respecto a la vehemente imposición del poder, cuando aún era simplemente el elegido César, y luchaba por la afirmación de su poder y supremacía política. Este tipo de concepción del arte augusteo, resulta un verdadero estilo que se mantiene, con ligeras inflexiones, a lo largo del período de la dinastía Giulio-Claudia, y presenta un gusto refinado, aristocrático, elegante, y en definitiva muy impersonal.

Los programas de conservadurismo² de un poder político centralizado y centralizador, se enmascaran en la búsqueda y afirmación de las líneas rigurosas de la cultura y el arte clásicos, símbolo de la pureza de las formas del Estado y de la democracia en el mundo griego.

Precisamente en ese orden de ideas hay que interpretar el arte augusteo y la voluntad del Emperador de transformar la "Roma de barro" en "Roma de mármol": la esencialidad de las formas y la delicadeza que de ellas deriva, tenía que devolverle a la Urbe la grandeza de las ciudades helenísticas más importantes.³ Tanto los edificios públicos como privados (en especial los de propiedad imperial) tenían que emplazar al rigor de la arquitectura griega y abandonar el gusto por los excesos, considerados inconsistentes, de la cultura oriental que se había afianzado en la sociedad, empezando por la introducción de los cultos orientales, que fueron limitados por el Emperador.

La arquitectura mediante su escenografía tiene que mostrar solemnidad, pero al mismo tiempo debe de ser símbolo de sobriedad, simetría y rigor. Precisamente el emperador se muestra a su pueblo de esta forma como alusión al *mos maiorum* de la antigüedad, es decir, las virtudes de simplicidad, pureza, firmeza, sobre los que se había fundado la grandeza de Roma. Testimonio de esta búsqueda íntimamente ligada al simbolismo del poder Augusteo, es el tratado De Arquitectura de Vitruvio: un concepto clave de la disciplina debe ser la búsqueda de la armonía basada en la relación entre el equilibrio y compenetración de las partes que conforman una estructura.

En la arquitectura y en el arte augusteo todo tiene que estar finalizado a ofrecer un mensaje de propaganda que exalte el ideal político. Y lo mismo ocurre en la escultura, donde se tiene que transmitir una imagen concreta del *princeps*. Quizás el ejemplo más significativo es la estatua de Augusto que se encontró en la villa de Livia⁴. El

² El conservadurismo augusteo es en definitiva la búsqueda de la innovación en la recuperación de la tradición antigua. R. Lane Fox, 2007, El mundo clásico, la epopeya de Grecia y Roma.

³ Kaiser Augustus und die vorerene Republik (ca. ex pos. Berlin 1988. M. Hoffercoord., Maguncia 1988; J.C. FANT, "Augustus and the city of marble", *Archeo-Materiaux. Marbres et autres roches*, ASMOSIA IV (Burdeos-Talence 1999), Burdeos 1999. M. Schwoerer ed. 277-280.

⁴ Respecto a las esculturas encontradas en la Villa, Neudecker cita las siguientes: 1. estatua de Augusto de Prima Porta (museos vaticanos); 2. busto de Séptimo Severo (museo Torlonia); 3. busto de Giulia Domma (perdido); 4. busto retrato de joven (museo Torlonia); 5. cabeza-retrato femenina (perdida); 6. cabeza-retrato de joven (Museo Barracco); 7. cratera con volutas (museos vaticanos); 8. torso de Eracles; 9. estatuilla acéfala de Apolo; 10. estatuilla acéfala de Asclepio; 11. estatua acéfala de Priapo; 12. doble herma con fauno; 13. cabeza de Apolo; 14. cabeza de Giano; 15. cabeza de sátiro; 16. relieve con máscara de sacerdote; 17. fragmentos varios de candelabras, quizás dos estatuas retrato femeninas (cabezas), un pie de un "cónsul", una mano con cetro, tres bustos indefinidos, una cabeza idealizada de una estatua femenina, cabeza de figura dionisiaca, dos cabezas de pequeñas hermas, y un gran número de fragmentos incluso de estatuas colosales. También se han encontrado *fistulae plumbeae* con el nombre de Tiberio César, fragmentos de epígrafes, columnas, morteros, mármol, estucos, vidrios y cerámicas. En el archivo de la SAR existen cientos de fichas con los materiales encontrados en la villa, que no se han publicado nunca.

emperador aparece de pie con vestiduras militares, el brazo derecho levantado en actitud autoritaria y austera del imperator que se dirige a las tropas tras la victoria se trata de un gesto con el que transmite serenidad, seguridad y majestad.

La villa romana representa el poder individual, pero en su contexto histórico tiene un significado aun más complejo, y contiene toda una serie de reminiscencias de la cultura y el mundo griego (Wallace Hadrill, 1988). Sin entrar ahora en este tipo de consideraciones, se presume que el resto de la Villa de Livia se conformara al concepto de austeridad que evidencia la escultura, mostrando al pueblo la búsqueda de una refinada simplicidad.

14. La arquitectura en época augustea.

Tal y como se ha dicho al principio de este capítulo, la arquitectura augustea tiene un fuerte uso propagandístico. Augusto promueve una imagen cívica que es al mismo tiempo nueva pero tiene fuertes reminiscencias del pasado griego, sugiriendo normas de comportamiento que favorezcan la cohesión política y moral.

En el año 78 a.C., año del consulado de Marco Lepido y de Quinto Catulo, en Roma, si hacemos caso de una noticia de Plinio el Viejo, no existía vivienda más hermosa que la del mismo Lepido, pero treinta y cinco años más tarde, esta casa ni siquiera se encontraba entre las cien casas más suntuosas. En este periodo de tiempo se difundieron los *impendia regalia* y el uso de los materiales de construcción más nobles buscando siempre la ostentación por encima de cualquier otra cosa. En realidad la difusión del lujo en la construcción privada se remonta a algunos años antes respecto al periodo indicado por Plinio; conviene recordar dos ejemplos citados por Velleio Patercolo que se pueden fechar en el siglo II a.C.: la casa de Emilio Lepido Porcina, excesivamente lujosa y poco adecuada a su cargo de senador, y la de Metello Macedónico, inventor del uso del mármol y representante de un gusto por la magnificencia cercano a la luxuria. Catón en la primera mitad del siglo II a.C. habla del lujo de las viviendas, usando el término *aedificatio* con una connotación negativa que se mantendrá en el tiempo de manera cada vez más neta. A finales del siglo II a.C., el discurso de Rutilio Rufo sobre *aedificiorum*, que como sabemos por Svetonio, recogerá Augusto para argumentar su programa de austeridad, testimonia la existencia de un debate entre los teóricos del lujo y los defensores del *modus*⁵, mientras las fuentes recuerdan el lujo de la casa de Mario, que siguiendo sus propias exigencias, había transformado su propia villa en un campamento⁶. En *De Officiis*, compuesto precisamente en el periodo que Plinio indica como un momento de máxima explosión del lujo en las viviendas privadas, Cicerón toma una postura intermedia, porque justifica la necesidad de tener una casa que represente de manera digna a aquel que ocupa un papel social y político importante, pero al mismo tiempo insiste en que hay que evitar los peligros del degrado que puede suponer una excesiva búsqueda del lujo, y que a la larga puede suponer un fuerte desequilibrio social. La *domus* de un *homo honoratus et princeps*, no responderá solo a criterios de funcionalidad, tendrá que estar acorde con el prestigio del propietario, no hay que olvidar que la casa puede ser un ornamento para la dignitas, aunque es evidente que ésta no la confiere un edificio. La casa será lo suficientemente grande como para poder alojar a los huéspedes y los clientes, pero tendrá que tener unas medidas adecuadas que no podrán ser superadas. Habrá pues que evitar los excesos que

⁵Cfr. Suet. Aug. 89,5: *etiam libros totos et senatui recitavit et populo notos per edictum saepe fecit, ut orationes Q. Metelli "de prole augenda" et Rutilii "de modo aedificiorum", quo magis persuaderet utramque rem non a se primo animadversam, sed antiquis iam tunc curae fuisse.*

⁶ Cfr. Plut. Mar. 3, 42; SEN. Epist. 51, 11.

además son costosos (*caevdum est ne extra modum sumptu et magnificentia prodeas*), evitando caer en la tentación de imitar el mal ejemplo que suponen tantas villas.

La *magnificentia* no se le concede a nadie, ni siquiera a los *principes civitatis*: este principio también se afirma en el quinto de los *Paradoxa Stoicorum*, donde a los propietarios de aedificia magna, que reivindican la legitimidad de estas posesiones por su condición de principes civitatis, Cicerone les replica que en realidad ellos ni siquiera son principes entre sus esclavos. ¿Pero cuál era el modus que la magnificentia no debía de superar? Según la visión de Cicerone la medida viene dada por la separación entre la esfera pública y la privada, y el límite que no se debe de superar coincide con el confín entre estas dos esferas. La utilización con fines de aedificatio privata, de medios que se suelen emplear para obras públicas será un comportamiento socialmente condenable. Con estas reflexiones se consagraba definitivamente en de officiis un modelo de ética social que justificaba el lujo público salvaguardando al mismo tiempo las razones, aparentemente contradictorias, de una moral de austeridad⁷. Este modelo, encarnado de forma paradigmática en la descripción que hace Cornelio Nepote de Attico, el cual aun siendo rico no se dedica a la aedificatio y es elegans, non magnificus, splendidus non sumptuosus, se adapta perfectamente a la ideología augustea, dentro de un programa de promoción de la edificación pública, en relación a la maiestas imperii junto con la recuperación de los valores antiguos.

Hay un texto interesante sobre esta cuestión, donde se documenta la asimilación por parte del *princeps* del modelo de contraposición entre lo público y lo privado, y es la oda 2,15 de Orazio, que compuso presumiblemente en los primeros tiempos del principado. La oda consiste en la descripción del desarrollo brutal de los edificios privados lujosos, de muchas construcciones de palacios y villas con parques y lagos artificiales. Como contraposición, en la segunda parte del texto, se evoca el pasado, la frugalidad arcaica de los tiempos de Romulo y de Catone, cuando no existían las villas privadas con sus grandes pórticos, y las leyes de terminaban las construcciones realizadas con dinero público (*publico sumptu*) de opida e di templa. El caso del *Porticus Liviae*, del que Ovidio habla en su obra dos veces, ayuda a comprender el uso que Augusto hace de la arquitectura, y es un referente para la villa de Livia de Prima Porta.. Ovidio lo cita en primer lugar porque forma parte de la lista de lugares de moda que el poeta aconseja visitar ya que era un sitio al que iba la gente para pasear y relacionarse, y en segundo lugar en los Fastos, donde se alaban las proezas de Augusto:

Fast., VI, 637-648:

Te quoque magna Concordia, dedicat aede

Livia, quam caro praestitit illa viro.

Disce tamen, veniens aetas, ubi Livia nunc est

Porticus, immensae tecta fuisse domus.

⁷ Acerca de la formación de este modelo de contraposición entre esfera pública y privada, y también en relación a los griegos, Cf. A. La Penna, *La legittimazione del lusso privato da Ennio a Vitruvio*, en *Maia*, 41, 1989, p. 3-34.

Vbi sdo mus una fuit; spatiumque tenebrat

Quo brevius muris oppida multa tenent.

Haec aequata solo est, nullo sub crimine regni,

sed quia lux uria visa nocere sua.

Sustituit tantas operum subvertere mole s,

totque sua shaere s perdere Cae sar ope s.

Sic agitur aensura, et sic exempla parantur,

cum vinde x, alios quod monet, ipse facit.

“a ti también *Concordia*, Livia te dedicó un templo magnífico en honor de su amado esposo. Sabed siglos venideros que allí donde se levanta ahora el pórtico de Livia hubo antes un inmenso edificio. Un solo edificio que representaba la obra de una ciudad y ocupaba más espacio que ciudades enteras. Fue demolido no porque pareciese que quisiera ser el rey de los templos sino porque su lujo excesivo parecía peligroso. Cesar tuvo el valor de demoler esta obra tan importante perdiendo una enorme riqueza que había heredado. Así se ejerce la censura, de esta manera dio ejemplo, aquel que castiga sigue las mismas reglas que impone a los demás”.

Las implicaciones ideológicas que tiene este pasaje son evidentes, por un lado la oposición entre la *luxuria* de un particular y la *magnificentia* pública que restaura Augusto ofreciendo a la Concordia un lugar para el pueblo. Cl. Panella remarca el simbolismo que este hecho tiene: “*da quest’altro punto di vista sembra chiara la volontà di intervenire direttamente sull’organizzazione dello spazio arcostante. Anche se poche evidenze archeologiche restano oggi della Suburra augustea, le fonti letterarie di età tardo-repubblicana e della stessa età di Augusto riescono a dare di essa un’immagine di confusione e di disordine, che per quanto eccessivamente pittorica, sembra corrispondere abbastanza puntualmente all’irregolare tessuto urbano documentato nella ben più tarda Forma Urbis. All’interno di questo sistema, che dobbiamo immaginare discontinuo e poco caratterizzato, la piazza finisce con il rappresentare un polo monumentale e un riferimento spaziale qualificanti*”.

Lo que escandaliza a Ovidio es el gesto que está detrás de la realización de la domus de Vedius Pollio, que tiene el tamaño de una entera ciudad, cuando generalmente la sacralización tradicional del espacio urbano funciona exactamente al contrario. Si el gesto de Augusto suscita tantos elogios por parte de Ovidio no es solo porque rechace la *luxuria* sino sobre todo porque consagra, según el mismo imaginario, la vuelta del pueblo a su espacio natural, y los *delubra* de los que habla Cicerón. Sin embargo, bajo la apariencia popular del gesto del Emperador, subyace un autoritarismo que no es menos inmoral; en este sentido Augusto hace algo similar a lo que unas décadas antes hiciera Pompeyo en los campos de Marte, aunque el lugar elegido por Augusto no tiene ninguna connotación triunfal las motivaciones son muy similares. Dionisius Cassius ofrece unas razones que parecen más cercanas a la realidad que las que nos daba Ovidio: “*Augusto derribó la casa de Pollio con el pretexto de querer edificar otro edificio pero en realidad*

era para evitar que Pollio tuviera un lugar en la memoria de la ciudad". La casa debía de ser para Pollio, al igual que para su adversario, un monumento en todo el sentido de la palabra, es decir, la expresión tangible de la permanencia, o por lo menos de la duración. Como dice M. Auge (M. Auge, 2000), son necesarios "altares para los dioses, palacios y tronos para los soberanos para protegerlos de las contingencias temporales". Es decir, que el *Porticus Liviae* se presenta bajo esta forma religiosa y monárquica para enfrentarse a esta temporalidad. A través del culto a la Concordia se desarrolla una imagen de la pareja imperial que escapa a las contingencias. Se sabe, por ejemplo, que de entre las esculturas situadas en las hornadinas del pórtico, destacaba una de Marte y Venus juntos, colocada sin duda alguna en el edículo situado al centro del pórtico⁸. La representación de estas divinidades fundadoras y protectoras coloca a la pareja imperial en posición privilegiada, legitimando un poder de aspiraciones monárquicas, con la pareja que asume un papel de modelo social. Finalmente no parece imposible pensar que entre las obras que decoraban el *Porticus Liviae* estuvieran las *Danaides*, estableciendo de este modo un vínculo claro con el programa iconográfico del Palatino, como se desprende de la lectura de *ars aematoria*⁹. La imagen de la pareja divina hace que este lugar revista un aura de poder comparable en sí mismo al Palatino. La arquitectura y la decoración del complejo, así como el contexto topográfico recuerdan al imaginario de los príncipes helenísticos. La proximidad a los jardines de Mecenate no es casual, y conviene recordar que estos jardines no son el resultado de unas obras de saneamiento de la zona del Esquilino como pretendía hacer creer Horacio: el vencedor de las guerras civiles se había apropiado de manera indirecta, de uno de los elementos más simbólicos de la Roma antigua: la muralla, que se había incluido en las obras de nivelación topográfica del jardín. Horacio además cuenta que Mecenate podía pasear por las murallas y que estas constituían un elemento integrante de la arquitectura del jardín, concebido siguiendo la tradición tardo-republicana. Parece que estos dos grandes espacios, *Horti Mecenatei* y *Porticus Liviae*, estaban separados solamente por una calle en la zona noroeste; se comprende pues la voluntad de Augusto de demoler la casa de Vedius Pollio para poder asociar estos dos espacios tan diferentes en su origen: es la contraposición de un espacio público y otro privado que recuerda a la organización de la casa romana a otra escala, y que se repite en su casa del Palatino. Además, el pasaje forzoso de propiedad de los jardines de Mecenate a la muerte de este, que en el 2 a.C. pasaron a ser propiedad imperial, razón de más para vincular los dos espacios desde la construcción del pórtico. El resultado final es un conjunto monumental que se alimenta de la imagen del palacio incluso antes de que la forma arquitectónica este completamente definida¹⁰. Además esta operación recuerda la llevada a cabo por Pompeyo donde teatro, jardines y casa estaban muy próximos¹¹.

Sin embargo la elección de Augusto supone una gran diferencia con su predecesor; el mensaje imperial se va a encontrar en el tejido urbano y no en las afueras, como ocurría en el caso de Pompeyo. Desde esta óptica, el complejo augusteo se puede considerar una copia popular del Palatino; el conjunto del Palatino tiene una carga simbólica nacional, religiosa y dinástica: si la imagen de Rómulo domina el Palatino, la figura de Servius Tullius se intuye tras la empresa augustea del Esquilino. Sabemos que fue este el principal responsable de la reorganización de esta parte de

⁸ P. Zanker, *Augusto e il potere delle immagini*, p. 149.

⁹ "...Porticus auctoris Livia nomen habet/ quaque parere necem miseris patruelibus ausae/ Belides..."

¹⁰ El jardín de Mecenate tiene un auditorium con una función poco clara (ninfeo, cenatio, etc) que completa la imagen monumental del conjunto.

¹¹ V. Jolivet, *les jardins de Pompee, nouvelles hypotheses*, en MEFRA, 95, 1983, p. 115-138. Jolivet situaba la domus de Pompeyo en el actual Monte Giordano que dista del teatro 350 m., sin embargo F. Coarelli en el campo Mazio op. Cit., p. 556, la sitúa más cerca del teatro, proponiendo su colocación donde se construyó bajo Domiziano el odeón.

la ciudad, y que “*decidió construir una demora cómoda en el sitio más hermoso*¹²ⁿ”. Es probable que hubiera una referencia implícita a la aristocracia romana y la plebe a quienes estaba destinado el monumento, y que éstos fueran receptivos. Conviene recordar que fue un descendiente de los Valerii (M. Valerius Messala Corvinus) quien proclamó como *princeps senatus* en nombre de todos sus compañeros, a Augusto, padre de la Patria. Además el modelo arquitectónico y cultural en el imaginario romano, estaba claramente vinculado a obras helenísticas. Hay que tener en cuenta un pequeño matiz: esta zona, que más tarde fue elegida como lugar de construcción de la Domus Aurea (en Colle Oppio, en los límites del Esquilino), ya presentaba desde tiempos de Augusto un fuerte valor simbólico en contraposición con el Palatino, aunque nunca fue la residencia de éste, que prefería retirarse al mar, en la Campania o en las villas del Latium. Pero la elección de sus sucesores muestra la evidencia de una bipolaridad entre Palatino y Oppio/Esquilino que tiene su origen en la época de Augusto.

La casa de Augusto es otra de las casas republicanas que se conservaron en el Palatino; el *princeps* mandó construir el templo de Apolo en una zona privada de su demora que luego donó al Estado, de manera que su figura se asociaba con la de Apolo, cuyo templo era visible desde la ciudad. En su vivienda se distinguen dos partes, una zona privada y otra pública, ésta última tenía pavimento de mármol, mientras que la zona privada, coherente mente con lo que afirmaba Suetonio¹³, tenía por pavimento un sencillo mosaico blanco y negro.

Volviendo a las características generales de la arquitectura en época augustea, se trata de un momento histórico en la arquitectura empieza a estandarizarse tanto en el lenguaje arquitectónico como en el tipológico. Esta secuencia lleva lógicamente a la elección de un orden arquitectónico apropiado para la representación de estos cambios. El orden corintio se presta bien a estas necesidades: era suficiente mente griego para los propósitos de Augusto, y de este modo se convirtió en el orden que representaba los monumentos oficiales adaptándose al mármol, que se convirtió en un material muy difuso, ya fuera blanco que de color.

¹²Liv., I, 44, 2; Dion. Hal. 4, 13; F. Coarelli, *Il foro romano*, I, p.56.

¹³ “Los Doce Césares”, Salustio, LXXII...” Habito primero cerca del Foro antiguo, sobre la escalera anular, en una mansión que perteneció al orador Calvo. Ocupó después en el monte Palatino la casa, no menos modesta, de Hortensio, que ni era espaciosa ni estaba adornada, pues sus galerías eran estrechas y de piedra común, no habiendo mármol ni mosaicos en las habitaciones. Acostase durante más de cuarenta años, en invierno y verano, en la misma estancia, y pasó siempre el invierno en Roma, a pesar de tener experimentado que el aire de la ciudad era contrario a la salud en esta estación. Cuando tenía que tratar algún asunto secreto o que ría trabajar sin que le interrumpiesen, se encerraba en la parte superior de su casa, en un gabinete que llamaba Siracusa o su museo, o bien se retiraba a una quinta inmediata, o a casa de cualquiera de sus libertos. Cuando se sentía enfermo iba a acostarse a casa de Mecenas. Los retiros que más le gustaban eran los inmediatos al mar, como las islas de la Campania, o bien los pueblecillos situados alrededor de Roma, como Lanuvio, Prenesto, Tibur, donde frecuentemente administró justicia bajo el pórtico del templo de Hércules. No le gustaban las casas de campo demasiado grandes y costosas, e hizo arasar hasta los cimientos una quinta de su nieta Julia, cuya construcción había costado enormes cantidades. En las suyas, que eran muy sencillas, secudaba menos de las estatuas y pinturas que de las galerías, bosquecillos y cosas cuyo valor dependiese de su rareza o antigüedad, como los huesos de animales gigantes que se ven en Capri, y a los que se da el nombre de huesos de gigantes o armas de los héroes.

Los Doce Césares”, Salustio, LXXIII...” Puede juzgarse su economía en el menaje por los lechos y mesas que existen aún, y que apenas son dignos de un particular acomodado. Acostábase en un lecho muy bajo y vestido con la mayor sencillez. No usó nunca otras ropas que las que le confeccionaban en su casa su hermana, su esposa, su hija o sus nietas. Su toga no era estrecha ni ancha, y tampoco su lactiavla era ancha ni estrecha. Usaba calzado un poco alto para aparentar mayor estatura; tenía siempre en su alcoba el traje y el calzado que llevaba en el Foro, para estar dispuesto a presentarse en caso de súbito acontecimiento”.

La nueva decoración con hojas de acanto era en realidad una recreación sintética de modelos que ya no estaban de moda, pero que se integraban en el gusto decorativo del imperio. Además el orden corintio tenía una simbología particularmente feliz desde una óptica propagandística: era suficientemente griego como para evocar el pasado clásico pero sin serlo en exceso¹⁴.

El acanto, al no estar asociado a ninguna divinidad en particular, podía ser utilizado por Augusto con toda una serie de connotaciones a su favor. En realidad esta planta, sin ser uno de los atributos específicos de Apolo, sí estaba asociada a su poder curativo. Augusto, apropiándose de este símbolo, lo utilizó para su propio mensaje de propaganda, asumiendo de esta manera la función de portador de la unidad y la paz en el mundo y de sanador de las viejas heridas del estado.

De hecho, el haber alcanzado una paz estable y duradera es un elemento programático de la política de Augusto, y la actividad militar con la que Roma extendió su dominio viene reinterpretada por Octaviano como obra de pacificación de los pueblos en un grandioso proyecto unificador y civilizador. Se hace eco del ansia de paz que recorre el mundo romano después de decenios de luchas y violencia, escondiendo en realidad bajo ésta una política expansiva y de sistemática expoliación. La elección del orden corintio contiene toda esta simbología que el Emperador utiliza como vehículo de propaganda política, asociado al triunfo y la vitalidad.

La decoración mármorea es uno de los puntos cardinales de la arquitectura augustea. La fuerte demanda de este material lleva a abrir nuevas canteras, como la de Carrara, que se data en este periodo. Todo el sistema de distribución y producción quedará bajo el control del Estado, asegurando de este modo una comercialización variada y abundante. (Ward-Perkins, 1974).

La arquitectura, tal y como sucede con la pintura, es un lenguaje mediante imágenes que revela toda una serie de aspectos sociales relacionados con las elecciones de los interesados. El orden corintio se había desarrollado durante el helenismo y estaba lo suficientemente evolucionado para las necesidades de Augusto, que contribuyó a afirmar éste como el orden romano por excelencia.

Examinando los principios estéticos de Vitruvio, según los cuales la *symmetria* es la conveniente correspondencia entre los miembros de la obra, y la armonía de cada una de sus partes con el todo (Vitruvio, I, II), se observa que el orden corintio y sus proporciones determinan racionalidad y coherencia en el proyecto y su realización, simplificando todo el proceso de ejecución de las obras. Si todas las partes se relacionan entre sí mediante números sencillos, resulta evidente la facilidad para quien ejecuta los trabajos en el memorizar estos valores¹⁵.

La arquitectura romana a través del desarrollo del orden corintio alcanza una armonía visiva, que Vitruvio llama "*eurythmia*" y que representa "*la belleza y armonía del aspecto exterior que las varias partes en su conjunto nos ofrecen*". (Vitruvio, I, II).

¹⁴Wilson Jones, M. 2000, p. 139

¹⁵ Determinando i limiti dello spazio fisico, i Romani hanno sviluppato una naturale inclinazione verso la semplicità numerica: così come dimostra la suddivisione del paesaggio attraverso la centuriazione, un sistema basato su moduli geometrici semplici ed utilizzato per distribuire fra i coloni le terre conquistate.

Ade más el orden corintio sigue el concepto de decoro que Vitruvio define el libro Primero¹⁶ como “*el correcto ornato de la obra, hecho de cosas aprobadas con auidad*”, o lo que es igual, “*el aspecto correcto de una obra sin defectos, cuyas partes responde a un cálculo preciso*”. En Vitruvio se pueden deducir ciertas similitudes entre la *symmetria* del cuerpo y del orden corintio: de hecho la altura de las columnas a menudo resulta múltiplo de 6 pies que es la altura ideal del cuerpo humano. Vitruvio atribuye a éste la perfecta armonía (Vitruvio, III, 1), estudiando las proporciones entre las partes, entendiendo por proporción “*la posibilidad de adecuar, siguiendo un módulo, fijo cada una de las partes de una obra y el total en su conjunto*”.

El orden corintio se propone como un orden fundado sobre la base de unos principios matemáticos, adaptable a la repetición en serie ya los distintos programas y gustos.

¹⁶ Vitruvio, I, 2

1.5. El estudio de las proporciones y la unidad de medida en la arquitectura romana.

Aunque ya ha sido mencionado en esta tesis, conviene recordar que el único tratado histórico de época romana que ha llegado hasta nosotros es “De architectura Libri Decem” de Vitruvio, pero lamentablemente no es suficiente para el objetivo de interpretar la arquitectura. A menudo las reflexiones de Vitruvio son equívocas y tienen lagunas, estando fuertemente ancladas al pasado griego. Por ejemplo, el autor no escribe casi nada a propósito de los anfiteatros (la única tipología inventada por los romanos), apenas habla de las termas monumentales (tan importantes en las ciudades imperiales), trata de forma lagunosa el orden corintio (el más usado por los romanos), del hormigón o los mármoles de colores importados. La cuidadosa observación de la arquitectura y del diseño de la estructura son los únicos puntos seguros sobre los que apoyarnos.

En la arquitectura clásica la interdependencia de la planta y el alzado es fundamental: la planta es la sección horizontal imaginaria de una construcción, un instrumento abstracto que sirve para organizar el espacio. El alzado es una representación del edificio según un plano vertical y equivale a la fachada vista desde una distancia determinada sin efectos prospectivos. La planta corresponde al trazado, que es la primera operación constructiva, constituyendo una especie de diafragma que se vuelve menos evidente cuando se levantan los muros en una construcción, y vuelve a aparecer de manera clara cuando la construcción desaparece y quedan solo las ruinas. La lectura de la planta resulta fundamental para poder comprender un edificio: la planta aporta información sobre el sistema estructural usado, el tipo de cubierta que puede tener, la altura máxima que puede alcanzar el edificio y naturalmente sobre la distribución del espacio. Esta transparencia de la planta, que se manifiesta con claridad en la arquitectura clásica aunque depende evidentemente del edificio, pierde claridad en arquitectura contemporánea, donde a menudo se pierde la correspondencia entre la planta y la estructura.

De la villa de Livia faltaba una planimetría exacta del edificio (la planta existente se había realizado durante distintas excavaciones interrumpidas y retomadas después de años) y no existían alzados del estado actual; el levantamiento nuevo se hizo con escáner láser, estación total y GPS diferencial, y produjo una planta completa del conjunto arqueológico, con secciones y alzados de éste, que han sido muy útiles para realizar las hipótesis reconstructivas. Partiendo de estos datos se han realizado las distintas hipótesis, usando la maqueta generada en tres dimensiones como banco de pruebas de las distintas opciones que se han estudiado. La primera operación que se ha llevado a cabo ha sido el estudio del sistema de cubiertas con que se podía cubrir el edificio, para ello hay que determinar las alturas de los distintos elementos y las relaciones de jerarquía entre éstos; la geometría y el cálculo determinan las posibles soluciones que nunca son resultado del azar.

Como ya se ha visto en la parte I, en arquitectura romana existe una fuerte codificación del lenguaje y de los elementos arquitectónicos, con unos módulos y proporciones estables en las diferentes épocas, que determinan una estandarización en las formas, y precisamente por este motivo se puede plantear la reconstrucción virtual de la arquitectura siguiendo criterios científicos.

La arquitectura romana deriva en última instancia de formas elementales geométricas como el círculo, los polígonos regulares, los rectángulos y sus partes. La aritmética determina las formas y dimensiones del espacio y de los elementos arquitectónicos con proporciones determinadas, como por ejemplo 1:1, 2:1 (ambas aritméticas y geométricas), 2:3, 5:4, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, etc. Esto es válido no solo para las estructuras arquitectónicas sino para todo el

programa decorativo. Los constructores romanos trabajaban con módulos y proporciones, y éstos, una vez determinados, permiten llegar al proyecto original de un edificio. Los errores en el replanteo y construcción de un edificio y los efectos del paso del tiempo determinan una pérdida de exactitud en las medidas originales. Las formas arquitectónicas derivan de formas geométricas elementales, y las dimensiones, cuando se pueden comprobar, son siempre muy precisas (Wilson Jones, 2000).

Para realizar una hipótesis reconstructiva sobre el aspecto original del edificio en época de Augusto he comenzado trabajando con la unidad de medida romana, es decir, con el pie (29,6 cm), tratando de establecer el módulo de la Villa. El problema es que, al no conocerse los límites de ésta he tenido que dividirla en sectores y estudiarlos de forma separada. Para cada zona he calculado el módulo con el que se realizó superponiendo la planimetría con una malla en pies romanos sobre la que he ido dibujando las diferentes hipótesis de trabajo del conjunto arquitectónico y de la decoración. Todos los elementos dibujados *ex novo* han sido realizados basándome en el módulo determinado previamente para cada sector de la Villa. Para realizar hipótesis correctas es fundamental partir de medidas en pies romanos, porque todos los elementos se relacionan entre sí mediante módulos expresados con estos valores. (Wilson Jones, 2000; De Franceschini, 1991).

1.6. De las proporciones e n la arquitectura romana a una propuesta de reconstrucción de la villa de Iivia.

Vitruvio en el libro sexto afirma que la mayor preocupación para un arquitecto tiene que ser la de respetar en la construcción de un edificio la exacta aplicación del módulo y de las proporciones. Según este autor, el punto de partida en la construcción de un edificio tiene que ser el cálculo de simetrías y de las principales medidas y proporciones: *“establecemos en primer lugar el sistema de simetrías a partir del cual se podrán realizar de forma sucesiva todas las modificaciones que sean necesarias(...). La Simetría surge a partir de una apropiada armonía de las partes que componen una obra; surge también a partir de la conveniencia de cada una de las partes por separado, respecto al conjunto de toda la estructura.”* Después se realizaron las distintas comprobaciones para obtener una construcción con un aspecto y función adecuada a la naturaleza y necesidades del lugar. Vitruvio dedica el capítulo II del Libro Primero a los principios estéticos de la arquitectura, distinguiendo seis categorías: *“La arquitectura se compone de la Ordenación, la Disposición, la Eúritmia, la Simetría, del Ornamento y de la Distribución. La Ordenación consiste en la justa proporción de los elementos de una obra, tomado s aislada mente y en conjunto, así como su conformidad respecto a un resultado simétrico”*. La armonía matemática es inseparable de los otros aspectos del dibujo y de la arquitectura. Estos principios, y en particular modo los de simetría y ornamento, están siempre presentes en la arquitectura y en la decoración.

En arquitectura las dimensiones de cada elemento están en relación directa condicionándose entre sí, una vez se establecen las prioridades de la obra se adaptan las proporciones a éstas; es decir, según el concepto de Vitruvio de Ordenación, se regula la cantidad, que no es más que la toma de unos módulos a partir de la misma obra, para cada uno de sus elementos y lograr así un resultado apropiado armónico de la obra en su conjunto. Para la reconstrucción virtual he seguido estas directrices, estableciendo como prioridad la prevalencia de los datos existentes y buscando, mediante cálculos precisos, relaciones de equilibrio entre cada una de las partes de manera aislada y en el conjunto de

la obra.¹⁷ siguiendo en cierto modo los conceptos de geometría y aritmética de los romanos, para quienes debían de ser distintos de cómo los entendemos hoy, compenetrándose y relacionándose recíprocamente. Encontramos a menudo relaciones de tipo 1:1, 2:1 que son al mismo tiempo geométricas y aritméticas. Proyectar usando estos módulos prueba la flexibilidad de estas relaciones.

Para reconstruir la geometría de la Villa se han seguido una serie de indicaciones que proponía Vitruvio (libros III, IV, VII), junto con consideraciones de tipo arquitectónico, estructural y constructivo (luces entre apoyos, relación entre largo y ancho, características de los materiales, etc). Además de las indicaciones de Vitruvio, a menudo insuficientes, he realizado estudios comparativos con otros casos de edificios romanos que se han conservado en buen estado, para comprobar las hipótesis de trabajo. En el caso de los sectores más complejos, como la parte termal, o el triclinio subterráneo, ha sido necesario utilizar la estática gráfica para convalidar la hipótesis reconstructiva.

1.6.1. Los márgenes de la variabilidad del orden corintio.

En la arquitectura romana el orden corintio supera la disyunción entre forma y proporción que creaba no pocos problemas con los otros órdenes. Prueba de esto son los órdenes del templo de Antonino y Faustina y del Panteón, que son idénticos en términos de proporciones y dimensiones, pero parecen muy distintos gracias a los diferentes materiales, estibos, perfiles, etc. La regla fija de 6:5 permite que los fustes sean más delgados o más gruesos, y a los capiteles y basas ser más o menos esbeltos.

Los arquitectos romanos prestan la máxima atención a las normas en el diseño de columnas solo si estas reglas no sofocan en exceso las columnas y los capiteles, y si además hay otras proporciones que tengan un impacto más inmediato en el aspecto formal de la arquitectura. Por el contrario se rechazaban las reglas que implicaban una homogeneidad visual excesiva. Una vez que se fija la altura del entablamento en relación con la altura de las columnas se suele dejar un margen de 1:4 a 1:5, para conseguir un espacio menos opresivo. Hay otra cuestión, y es que además de estos razonamientos estilísticos hay que tener en cuenta las consideraciones constructivas: por ejemplo, las columnas de 50 pies se solían hacer en dos o tres piezas unidad con unas grapas metálicas, y no era frecuente encontrar soluciones constructivas que se salieran de la norma.

En este sentido el orden corintio es perfecto porque es el más adaptable y se presta a una cierta variabilidad en programas y gustos, y por supuesto es un orden majestuoso, basado en principios matemáticos que además consienten la repetición de elementos en serie.

En la Villa de Livia se han encontrado restos de capiteles y basas corintios en el Jardín Imperial¹⁸, aunque como se verá más adelante, la excavación del Jardín de momento es muy parcial y controvertida, pero el hallazgo de fragmentos de hojas de acanto hace pensar que el orden de las columnas que conforman el pórtico debió de ser corintio. Además se adapta muy bien a las exigencias de este espacio y responde a la perfección al gusto del *Princeps*.

¹⁷ En este orden de ideas se establece una jerarquía de cara a la validación de la reconstrucción virtual

¹⁸ Liljenstolpe & Klynne 1997-1998, 14 1, figs. 19-21; Klynne & Liljenstolpe 2000, 232. "The existence of a portico had been confirmed already during the second season. Thanks to the collapse of the Ewing's back wall into a rift in the tufa bedrock, architectural members had been preserved from later re-use or demolition. This material comprised pieces of brick-built columns, stucco flutes, a torus of an Attic column base, a lime stone achantus leaf from a Corinthian capital, and parts of a terracotta sima. However, it was only during the last season's penultimate week that foundations for columns turned up, together with a second wall of the eastern wing. It suddenly became apparent that we were dealing with a two aisled portico, and it is only to be regretted that there was no time or resources left to continue and expand the excavation at that point".

1.7. Descripción detallada de la Villa.

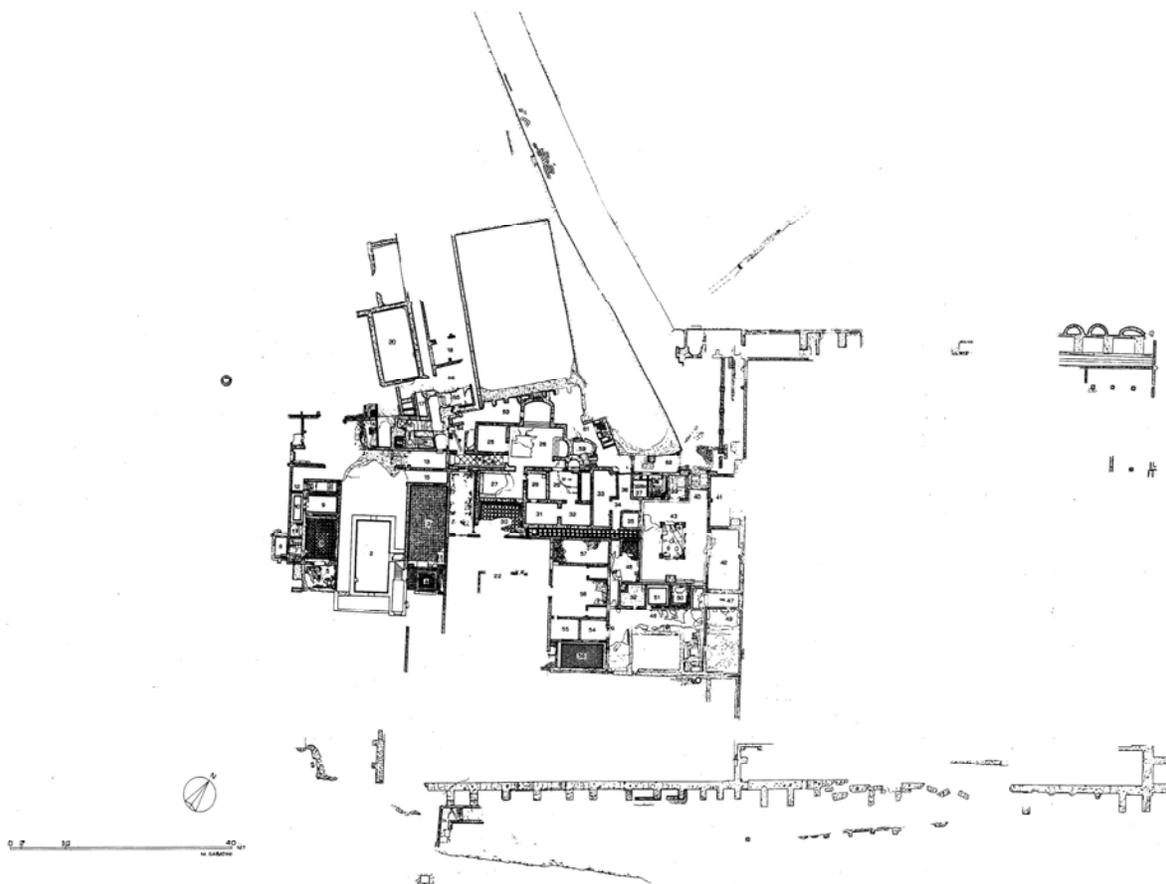


Figura 5. Villa de Livia Planta (levantamiento de Sabatini).

AMBIENTES SUBTERRÁNEOS 1-2:

La escalera 1, construida en opus reticulatum y cubierta por una bóveda de cañón, descendía hasta al descansillo (o vestibulo), pavimentado con un mosaico con borde blanco, en marcado mediante tres filas de teselas negras, y campo negro oblicuo con teselas blancas más grandes (92 teselas/100 cm²). El mosaico es similar al de la casa republicana de la Domus Flavia del Palatino, de época sillano-cesariana, y también a uno de la casa de Livia, de época augustea. Además hay un mosaico similar en una casa de la Via Tiberina (km0,85) de época tardo-republicana.

En las paredes se conservan restos de pintura al fresco que imita al mármol gris con líneas negras en los bordes, y un marco de estuco en el arranque de la bóveda. En el lado este se abrían dos habitaciones, 1c-1b, excavadas en la toba, cubiertas por una sola bóveda de cañón y dividida en un segundo momento por un tabique; ambas conservan restos de mortero blanco con una franja roja. La habitación 1b tiene un mosaico con bordes negros, marco con tres filas de color blanco, y campo oblicuo blanco (96 teselas / 100 cm²). El ambiente 1c tiene un mosaico con borde blanco

oblicuo, marco blanco recto de unas doce filas y campo blanco oblicuo (102 piezas / 100 cm²). Las habitaciones se iluminaban mediante un lucernario que llegaba hasta el pavimento de las salas 3 y 4, que se encuentran en un nivel superior; precisamente basándose en estos datos, Sülze reconstruyó la altura original del terreno, que fijó en 3,70 m por encima del suelo de la habitación 1a.

Sala subterránea 2:

Descubierta en 1863, mide 11,70 m. x 5,90 (39 3 ½ x 20 pr, aproximadamente doble de largo que de ancho). Después de quitar los frescos de las paredes quedaron visibles los muros en *opus caementicium* con grandes bloques de toba, sobre los que se aplicó como aislamiento una capa de *tegulae mammae* sujetas mediante grapas en T, sobre las que había sido colocado el mortero.

Nada se sabe nada sobre el suelo, aunque parece que debió de ser en *opus sectile*, puesto que en el momento del descubrimiento de esta sala quedaban huellas; aunque no hay dibujos, y los restos que se encontraron fueron cubiertos por una capa de homigón. Nispi Landi en 1891 y luego Sülze en 1932 vieron los restos de un zócalo de mármol en las paredes. En los años 20-30 Sülze hizo una pequeña cata que le permitió afirmar que en los muros de la habitación existían algunas losas de mármol colocadas a "cola de milano", con grosor decreciente, que podían haber servido para regularizar el contorno del pavimento, pero no encontraron rastro, puesto que las losas eran de mármol de *bardiglio*, un mármol que comenzó a ser utilizado en el período claudio, Sülze pensaba que el pavimento en *opus sectile* debió de colocarse después de esa fecha, es decir al inicio de la época imperial. La sala 2 estaba cubierta con una bóveda de cañón, conservada parcialmente antes de las restauraciones del siglo XIX: hay algunas fotografías que mostraban los andamios de madera montados probablemente para apuntalarla.

Sülze realizó parcialmente un levantamiento de la bóveda, y determinó que el punto más alto quedaba a 3:58 m sobre el nivel del suelo. En el momento del descubrimiento, en 1863, por encima de la bóveda se encontró un pavimento en *opus sectile* (del que quedaban solo las huellas, perteneciente a una gran sala de época imperial). En la actualidad, cerca de la daraboya, se puede ver un pequeño fragmento de un *opus sectile* más antiguo, con baldosas hexagonales, pero Messineo sostenía que la demolición de la antigua cubierta en 1970, hace imposible comprender la relación estratigráfica entre este pavimento, el umbral de la puerta y la propia daraboya. Además según Messineo, la bóveda original que cubría la sala subterránea se derrumbó con el terremoto de 17.C., quedando abandonada y llena de escombros; y sobre estos restos fue construida otra sala cuyos restos del pavimento *opus sectile* son aun visibles



Figura 6 Tegulae marmatae. Villa de Poppea.



Figura 7. Tegulae marmatae. Termas del foro, Pompeya.

Las espléndidas pinturas que constituyen junto con las del auditorio de Mecenate en Roma el más antiguo testimonio de la "pintura en el jardín", representan con gran realismo y minuciosidad un jardín con plantas ornamentales y árboles frutales, flores y pájaros; en el primer plano se ve un enrejado de madera, una valla al fondo hecha de cañas entrecruzadas. La zona del arranque de la bóveda está decorada con estalactitas falsas que dan la idea de una gruta. La bóveda de cañón estaba decorada con estuco en relieve: el arranque está realizado con unas molduras de estuco blanco y una serie de paneles (*lacunari*) donde se alternan los colores: recuadro azul e interior blanco, o marco rojo y fondo azul. Los primeros contenían relieves que representan diferentes temas: figuras de mujeres de pie con *peplum* y *pallinum* a ambos lados de un altar, o la venta de aves, con una mujer cubierta con un manto sentada con la barbilla apoyada en su mano izquierda, u otra figura de mujer con el manto hacia atrás, e incluso una mujer con una capa apoyada en un taburete, de la que tira un pequeño eros.



Figura 8. Interior de la sala semi-subterránea en una fotografía del 1951, desmontado de las pinturas, y vista desde fuera.

El segundo tipo tenían Victorias aladas en los candelabros. Los frescos datan del 20- 10 a.C. La habitación probablemente estaba iluminada por lucernarios situados en los arcos de la bóveda en su lado corto. Según estudios realizados por Pollini, la famosa estatua del Augusto de Prima Porta, se encontró en el jardín frente a la sala subterránea.

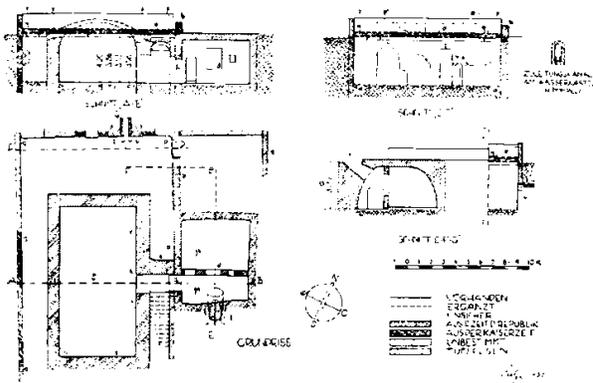


Figura 9. Levantamiento de las salas hipogeas, Sulze.

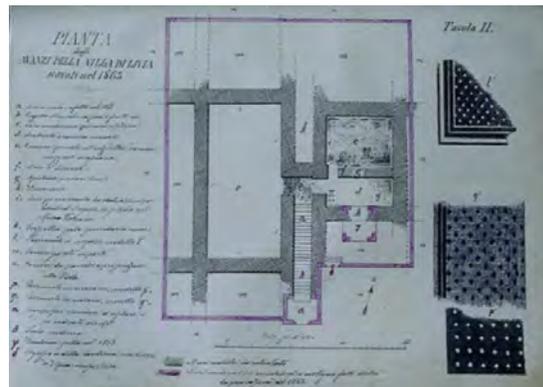


Figura 10 Planta de las salas hipogeas, 1863 (SAR).

AMBIENTES EN TORNO A LA SALA SUBTERRÁNEA:

Sala 3:

Se trata de una gran sala rectangular pavimentada en *opus sectile* del que quedan las huellas (Figura 11); el dibujo era muy sencillo, con unos cuadrados de 41x41 cm., decorados con un cuadrado oblicuo que genera cuatro triángulos.

En el lado noreste se han conservado algunas losas de mármol que permiten reconstruir el esquema de color: los cuadrados oblicuos eran de mármol *pavonazzetto* o africano, los triángulos de *giallo antico*. El suelo se ha fechado en época julio-claudia. Cerca de la pared que separaba las habitaciones 3 y 4, se ve el lucernario de las salas subterráneas que están debajo (1b y 1c), junto al que queda un fragmento de *opus sectile*, cubierto sucesivamente, con hexágonos y triángulos que forman un patrón de estrellas de seis puntas, de época de Augusto, considerado contemporáneo al suelo de la habitación 3.

En la pared del fondo del ambiente n°2, que originalmente tenía dos puertas laterales que posteriormente fueron cerradas, pueden verse los restos de los frescos con zócalos de color rojo y fondo blanco dividido en paneles blancos con recuadros rojos, y decoraciones diferentes.

Vestíbulo 4:

El umbral es de mármol blanco, y el suelo de *opus sectile* con un panel decorado en el centro. Siguiendo la geometría de las paredes, tenía una franja perimetral de mármol blanco de 22 cm (3/4 p.r.), el pavimento tenía un módulo cuadrado y reticulado: los cuadrados centrales son blancos con un cuadrado oblicuo mármol africano; los rectángulos laterales son de mármol africano con un rombo de *pavonazzetto*, las esquinas cuadradas son de mármol amarillo antiguo. Una segunda franja de mármol blanco de 22 cm separa el marco del panel central. Este último tenía un diseño diferente, un módulo sencillo con cuadrados decorados con dos cuadrados concéntricos superpuestos, uno oblicuo y otro ortogonal. Se alternan los diferentes tipos de mármol, amarillo antiguo, africano, *pavonazzetto* y *portasanta*. El pavimento presenta un diseño de época de Augusto, empleado hasta el final del siglo. d. C. Las paredes de esta sala conservan buena parte de los frescos. (Figura 12).



Figura 11. Villa de Livia, ambiente 3.

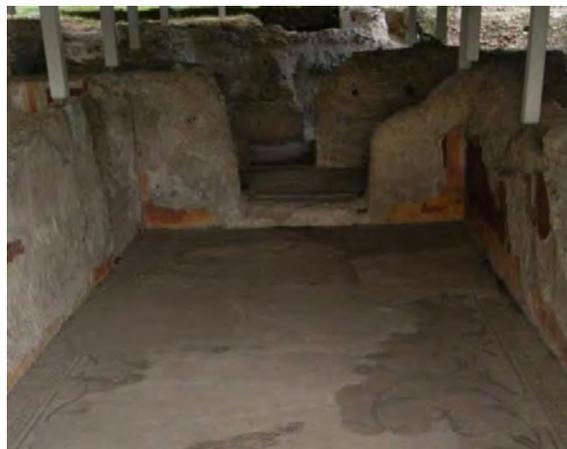


Figura 12 Villa de Livia, vano 4.

Ambiente 5:

Apenas queda nada de los muros, a excepción del muro este que era de *opus latericium*, pero se pueden identificar dos fases gracias al pavimento.

A la fase más antigua pertenece un fragmento de mosaico, blanco carente de decoración, colocado en oblicuo (155 teselas/100cm²). Encima de él colocaron una capa de mortero con fragmentos de ladrillo, sobre la que se puso un mosaico con unas figuras. El perímetro de este segundo mosaico es blanco y mide 30 cm, el marco 8.5 cm. tiene dos filas negras, mientras que el resto presenta una decoración vegetal con una figura masculina sentada en el medio (Figura 13) (quizás Saturno o Plutón) y en una esquina un Genio de las estaciones (110 teselas por 100 cm²).



Figura 13. Villa de Livia, entrada al vano 5.

Ambiente 6:

Se trata de gran una sala rectangular que estaba calefactada, con el muro situado al este de ladrillo y la pared del fondo (norte) en *opus reticulatum*. El suelo es de *opus sectile*, con diferentes diseños, todos de módulo cuadrado, pero dispuestos sin orden ni simetría. A lo largo de las paredes sur y oeste hay una fila de cuadrados más pequeños, decorado con dos cuadrados concéntricos superpuestos, el mismo diseño, con grandes cuadrados se repite en el resto de la habitación excepto en el panel central, descentralizado hacia el lado sur, en la que aparece un dibujo con patrón reticular y ángulo de 45 grados. Según Messineo, la poca precisión del trabajo, con errores en la disposición de los mármoles, debe indicar una fecha posterior respecto a las habitaciones adyacentes 3-4, probablemente vinculada a los trabajos de reconstrucción de la villa de la segunda mitad del siglo II d. C. En la pared noroccidental de la sala 6 se conservan partes del zócalo de pavonazzetto, por encima del cual había un marco de mármol *rosso antico*, más arriba se pueden ver los agujeros de las grapas, de modo que los muros de la habitación estaban cubiertos por completo de mármol. En este espacio se han encontrado tres tumbas por debajo de las cuales se puede ver un pavimento de mosaico blanco, similar al del ambiente 5.

Ambiente 7:

Era un pequeña habitación calefactada, de la que se conserva el pavimento de ladrillo colocado en la base, algunas *pilae de suspensurae* cuadradas, y un fragmento del pavimento superior con huellas de *opus sectile* ilegibles. En los lados cortos se pueden ver los túbulo para la calefacción de las paredes.

Ambiente 8:

Esta habitación se añadió en una etapa posterior, según se puede observar por sus paredes de ladrillo, que se apoyan sobre una base perimetral de *opus reticulatum*, dato confirmado gracias a los sellos de los ladrillos verbianos. Debía de estar comunicado con el *prae-furniu* que calentaba esta zona.

Ambiente 9:

El pavimento está situado a un nivel inferior al de la sala 6, el mosaico debe ser original, contemporáneo de los otros antiguos que están tapados en las salas 5 y 6. El mosaico tiene el borde oblicuo de 18 cm, marco recto de 16,5 cm con tres filas de teselas blancas, tres negras, cuatro blancas, tres negras, cuatro blancas, tres negras y tres blancas, el interior es blanco y sin decoración, con las teselas colocadas de forma oblicua (99 /100 cm²). A lo largo de la pared noreste, se observa la restauración de una zona marginal del mosaico hecho con piezas más grandes, que debe ser contemporáneo a la construcción del muro perimetral este de ladrillo, y a la restauración de los frescos de IV estilo y fechados en la segunda mitad del siglo II d.C. Los frescos tienen un zócalo color rojo con recuadros de color blanco decorados con motivos vegetales, y encima paneles blancos enmarcados en color amarillo.

Ambiente 9a:

Originalmente debía de ser un pasillo en el que, más tarde se construyó una escalera que conducía a un nivel superior, probablemente la zona por encima de la sala subterránea. Las paredes son de *opus reticulatum* y conservan los restos de pinturas al fresco similares a las encontradas en otras habitaciones.

Pasillo 10:

Este corredor tiene el suelo de mosaico con margen blanco oblicuo de 27,7 cm, y marco de 13 cm que sigue el perímetro de los muros, con tres filas blancas, cinco negras y cinco blancas, la zona central es de color blanco sin decoración (96 teselas/100cm²).

Originalmente una puerta comunicaba este pasillo con el corredor 12, pero se cerró con una partición, y se ocultó con la pintura al fresco recuperando el diseño del resto de la pared aunque de manera muy tosca (en el siglo II d.C. En los paneles blancos se representan animales imaginarios que recuerdan a algunos frescos de la Villa Adriana en Tívoli.



Figura 14 Villa de Livia, ambiente 10

Ambiente 11:

Se trata de una letrina, cuyo desagüe rodeaba por fuera el muro perimetral de la Villa.

Pasillos 12 y 15:

El suelo de esta zona está cubierto por una capa de hormigón. En esta área durante la Segunda Guerra Mundial cayó una bomba que ocasionó grandes daños. Originalmente las habitaciones 12 y 15 formaban un único pasillo que pasaba por detrás de la sala 2, uniendo desde el ambiente 9 al 23. La puerta entre las habitaciones 15 y 23 se cerró en un momento sucesivo con un muro de *opus vitatum*.

Entrada 12a y pasillo 13:

En la zona denominada 12a se encuentra una entrada secundaria con muros que sobrepasan el metro de altura. Recubiertos de *cocciopesto*, estos muros que conforman la entrada daban acceso al pasillo 13, las habitaciones secundarias 12b-c (subterránea), las habitaciones 14-20 y 25, y también a la zona termal. Se trataba de un pasillo de servicio paralelo a los de los pasillos 12/15, y también en este caso, la puerta que comunicaba con el pasillo 24 se cerró en el último período de la Villa.

Habitaciones subterráneas y de servicio 14-20:

En las habitaciones 14 y 14b y se han encontrado fragmentos de mosaico, mientras que 14c era una pequeña letrina pavimentada con *opus spicatum* con paredes revestidas de *cocciopesto*. Desde el ambiente 14 se bajaba por una escalera a un grupo de habitaciones subterráneas excavadas en la tumba: la rampa de escaleras tenía las paredes de *opus reticulatum*. Hay un descansillo con dos pequeños hornos domésticos y un más abajo pozo, luego se accede a una primera sala iluminada por un lucernario cuadrado y a una red de túneles subterráneos y de habitaciones que llegaban hasta debajo del ambiente 26, y que debía de servir como *prae-furnia* para la zona termal.

Ambientes 18-19:

Se trata de dos habitaciones paralelas al ambiente 20, que se vislumbraron durante las excavaciones de los años 70, pero no salieron a la luz hasta 1983, aunque no se facilitaron detalles de su decoración.

Ambiente 20:

Fue excavado en los años 70, pero no hay datos sobre la excavación y no existen evidencias suficientes para poderlo reconstruir.

ATRIO 22 Y SALA 23

Atrio 22:

Las recientes excavaciones han revelado que se trataba de un área abierta (*Figura 15*) que medía 18 x 22 m., en el centro había un impluvium de 10,6 x 6 m rodeado por un mosaico de baldosas blancas con teselas de color negro. Las columnas del pórtico eran de ladrillo y recubierto por estuco a canalado de las que se han encontrado numerosos fragmentos. Por la posición y características podría tratarse del antiguo atrio de la villa republicana.



Figura 15 Villa de Livia, ambiente 22 con *natatio*

Ambiente 23:

Se trata de una sala rectangular que originalmente estuvo pavimentada con un mosaico blanco de teselas pequeñas, algunas de los cuales son aun visibles en la zona de la entrada bajo el mortero. En el siglo II se puso un nuevo mosaico decorado similar al del ambiente 5. Las paredes son de opus reticulatum, con zócalo de mármol y restos de pintura mural con recuadros de color rojo oscuro sobre un zócalo que imita el color *amarillo antiguo*. Entre el ambiente 23 y el pasillo 24 había una puerta con umbral de mosaico negro decorado con pequeños cuadrados formados por cuatro fichas blancas colocadas de forma oblicua.

EL SECTOR TERMAL

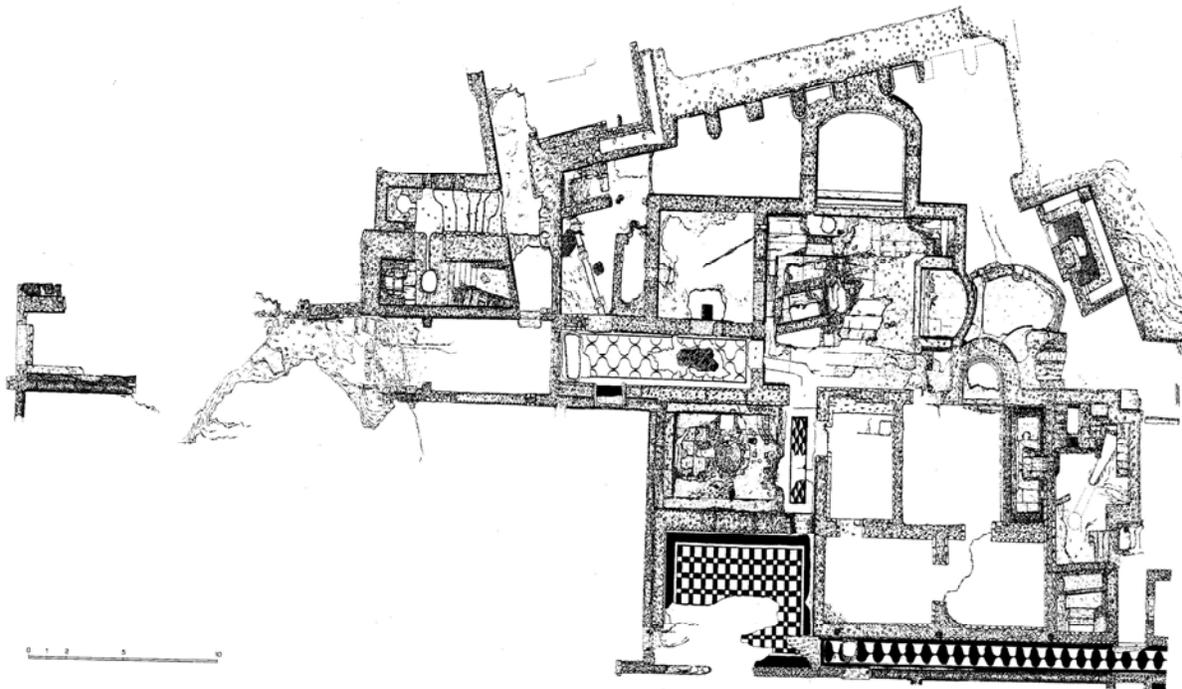


Figura 16. Villa de Livia, planta de la zona termal (plani metría: Sabatini)

La zona termal forma parte del complejo sistema de instalaciones hidráulicas que caracteriza la Villa. El abastecimiento de agua se hacía través de un acueducto que llegaba desde el NO, del que se encontraron algunos restos en una campaña de excavaciones en la zona norte del jardín imperial. También había una gran cisterna de agua que ocupaba buena parte de la colina detrás de la zona termal.

Una de las piscinas del *frigidarium* de época severiana apoyaba directamente sobre el lado sur de la cisterna y ocultaba por completo el que debió de ser el único lado visible. La cisterna según los datos que constan en los diarios de las excavaciones debía de tener una sala rectangular en *opus caementicium* dividida en naves mediante pilares de base rectangular, uno de los cuales es visible en la esquina noreste, y tiene una base de 0,80 m. x 0,72m. El espacio debía de estar cubierto por bóvedas de crucería, con una altura de 2,85 m. en la línea de arranque. La base de los pilares estaba revestida a lo largo del perímetro y las esquinas, con *signinum*¹⁹

El sistema de distribución del agua muestra el avanzado nivel técnico que se había conseguido ya en este período, disponiendo de un complejo sistema de tuberías para la aducción del agua. Estas canalizaciones se hacían con láminas de plomo que se enrollan alrededor de una especie de calibre, plegado y soldado de los bordes con plomo, o bien simplemente yuxtaponiéndolos y colocando dos cordones de barro para verter plomo dentro (Adam, 1989, pp. 275 - 276). La maleabilidad extrema y la baja temperatura de fusión del metal permiten una gran facilidad y adaptabilidad a

¹⁹ Con il termine *opus signinum* gli antichi individuavano quel particolare tipo di conglomerato che veniva impiegato nella costruzione di cisterne, piscine e lacus. Questo materiale si distingueva dal normale calcestruzzo per tenacia e solidità; differiva, inoltre, dal tradizionale coacciopesto per mancanza di frammenti laterizi, sostituiti da pietrame calcareo dello spessore di 0,60 m. (C.F. Giuliani 1999, pp. 89-94).

cualquier superficie. De hecho, como se puede ver incluso en el caso de la Villa de Livia, las tuberías llegan fácilmente a cualquier parte de la residencia imperial.

Los tamaños de las tuberías en la época de Augusto habían sido normalizados, a partir de la anchura y el peso de la lámina de plomo²⁰ según Vitruvio (VIII, 6). Sucesivamente Frontino reguló los diámetros mediante la subdivisión en cuadrantes (cuarto de dedo) y tipo (dedo) (Adam, 1989, p. 276). El inconveniente del plomo eran su elevado coste y con frecuencia los conductos de este material eran reemplazados por las tuberías de cerámica, que tenían un diámetro amplio y una longitud que no superaba la del brazo humano. La unión de las tuberías cerámicas se realizaba mediante machihembrado, es decir, cada tubería tenía un lado con mayor diámetro que el otro para encajar en ella otra tubería; la unión se sellaba mediante un mortero de cal para evitar fugas, y Vitruvio recomendaba mezclar con el aceite para aumentar la resistencia al agua. Además, insistía en la mejor calidad del agua que salía de estas tuberías de arcilla respecto a las de plomo por su toxicidad y señalaba la facilidad para su reparación en caso de fallo de las canalizaciones (VIII, 6).

La presencia en la villa en Prima Porta de un gran número de tuberías de plomo y la aparente complejidad del suministro de agua, subrayan la disponibilidad por parte del emperador de trabajadores cualificados que se ocuparon de la realización de las obras.

En la parte sur de la villa, en el extremo de la explanada, todavía hay restos de un canal. No es fácil comprender su función, aunque podría ser una conducción para el desagüe. La villa debía de tener un sistema para la evacuación de aguas, por un lado de las aguas de lluvia de tejados y pórticos y las aguas de baños²¹ y termas. La existencia de diversos fragmentos de gárgolas probablemente de la zona del peristilo, atestiguan el sistema de evacuación de las aguas de las zonas porticadas.

Pero la mayor parte de las conducciones hidráulicas que se han encontrado proceden de la zona termal, de la que se distinguen al menos dos fases atendiendo a los datos arqueológicos: la primera de época claudio-neroniana y de Domiziano, la segunda de edad Severiana.

Estas termas tienen un *caldarium* (núm. 29) con dos piscinas, una semi-circular con un *praefurnium*, y la otra rectangular, también con *praefurnium*²². En las habitaciones contiguas (núm. 33) debería de encontrarse la sala de calderas, puesto que se conservan unas estructuras que podrían hacer las veces de soportes. El agua de la cisterna llegaba hasta aquí a través del sofisticado sistema de tuberías. Es plausible creer que incluso en la Villa de Livia, como solía ocurrir en otras construcciones de este período, hubiese un sistema de válvulas que regulasen el paso del agua de las calderas, tanto de entrada como en salida. El sistema debía de ser parecido al de las *piscinae limariae* (Adam 1989, pp. 272-274). Un sistema similar con válvulas y compuertas debía de regular el flujo de agua en las dos piscinas del *frigidarium*, una cerca de la pared sur de la cisterna, y la otra colocada aprovechando un ábside preexistente en el lado

20 Vitruvio trata el problema de la anchura de las tuberías de plomo, y afirma que... "La suddivisione dei tubi in base alle misure è determinata dalla larghezza della lamina di piombo prima che sia piegata in tondo e così verrà definito tubo da cinquanta pollici quello ricavato da una lamina di cinquanta pollici di larghezza e così via." (Vitruvio VIII, 6)

21 No se ha podido demostrar la existencia de unos hipotéticos baños en la villa, aunque hay restos de unas grandes tuberías de plomo bajo el suelo de *opus spicatum* que hacen pensar que podían haber pertenecido a éstos; si se ha confirmado la presencia de una letrina de época más tardía en *spicatum* en el ambiente 61.

22 Nel *praefurnium* della vasca rettangolare sembra possa riconoscersi l'incasso nel quale era inserita la vitruviana *testudo alvei*

este de la habitación. Muchas las habitaciones con figuras tenían calefacción: dos habitaciones (N. 31 y 32) con *prefurnia* instalados probablemente bajo el pasillo 44; el probable *apodyterium* (n. 25) por un *praefurnio* cubierto, los demás (números 28 y 29) debían de calentarse mediante la distribución de calor indirecto. El acceso a la zona termal se realizaba desde el exterior de la Villa, a través de las habitaciones n.13 y 24, que originalmente formaban un único corredor, que luego se separó mediante una pared de *opus vittatum*.

El antiguo complejo termal, que data de la época claudio-neroniana y domiciana, debía de presentar una estructura totalmente diferente, caracterizada por la presencia de dos *piscinae calidae*. La primera estaba en la habitación n. 27, donde tras el colapso de la planta quedó al descubierto una escalera de cuarto de círculo con cinco escalones que debían apoyar en el suelo de la piscina. Este espacio se calentaba mediante un horno situado en el centro de una zona con pavimento de ladrillo *bipedale* a la que se accedía por un pasillo subterráneo. La segunda estaba en el mismo espacio en el que se realizó más tarde el *frigidarium* severiano (n. 26).

El ambiente estaba ocupado casi en su totalidad por una piscina colocada en sentido longitudinal. En la pared norte se abrían una serie de grandes ventanales, probablemente con función escenográfica, una especie de telón de fondo formado por la pared de la cisterna transformada en ninfeo. Este se caracterizaba por la alternancia de pilastras simples y otros adornos de semicolumnas de ladrillo, todo estaba adomado con molduras en la base y decorado con follaje verde sobre fondo rojo.

La zona termal se calentaba mediante hornos subterráneos, de modo que era importante resolver el problema del tiro y de la eliminación de humos. La combustión para calentar las *piscinae calidae*, no era, como generalmente ocurría, al lado de los ambientes que se tenían que calentar, sino que se realizaba desde abajo, donde no era fácil tener rejillas de ventilación. Particularmente en el caso de la habitación n.26, en el que el muro exterior de la piscina no se adosaba a las paredes de la habitación, si no que dejaba un espacio en el que se hallaban, en la parte superior un túnel, y arriba un deambulatorio, que podía recorrerse, y donde asomaban los respiraderos o tubo de ventilación que salían del hipocausto. No se han encontrado restos de las termas de la fase augustea.

Es probable que la cisterna, antes de la construcción del ninfeo y de las termas de época flavia, ocupara un área más grande, puesto que el muro NE continúa más allá del muro que delimita las termas, y los pilares del ninfeo que aparecen revestidos en todas sus caras, indican que podrían ser anteriores al muro perimetral de la cisterna.

En el momento de la construcción de las termas no existía la sala 25, en esta zona había un patio, como lo demuestra la presencia de canalizaciones para recoger el agua en el patio 64. En la representación gráfica de esta fase, se ha optado por dejar todo el espacio abierto (n.25, 63, 64) (Messineo 2001, pp. 63-64). El área en cuestión probablemente era una zona de servicio y por lo tanto no se podía acceder libremente.

Las termas no son la única zona donde quedan restos de tuberías de plomo. De hecho, algunos fragmentos han sido encontrados en la habitación n. 34 en la dirección del atrio, donde la parte descubierta del pórtico pudo ser utilizada como un jardín. Las instalaciones de agua pasan desde el atrio al jardín pequeño.

Recientes excavaciones parciales en la zona del peristilo han descubierto una gran piscina o *nataio* de 10,6 x 6m.) realizada con mortero hidráulico y recubierta de mármol policromado, la piscina tiene tres escalones en su lado corto (norte). Debajo de la *nataio* hay restos de una serie de depósitos de agua que conforman una red de pequeños túneles que ya existían en época republicana. De hecho Nispi Landi ya describía la existencia de estos túneles subterráneos (Calci Novati 1984, p. 8 nota 7, p. 10) al norte del tridinio subterráneo.

Estos depósitos subterráneos podrían haber abastecido a algunos de los pozos que se encuentran en la villa, como el que se encuentra en el SO de la casa, u otro que aún no se ha estudiado en el NE (Carrara 2004, pp 4-5). Hay otro pozo de sección circular, que ya existía en el período republicano, y que quedó en el exterior del muro de cierre del jardín pequeño augusteo. Este podría estar relacionado con el patio porticado. Esta red de canales subterráneos parece haber permanecido en uso hasta al menos la fase severiana de la Villa.

Los datos a disposición muestran con claridad la importancia que tenía el agua en esta Villa, por ello es importante comprender el funcionamiento de las instalaciones de agua para poder comprender la estructura y qué papel desempeñaban en la Villa (termas, nataio, fuentes, pozos, baños, etc). Hay un caso muy parecido al que ocupa este estudio, y es el de la villa que se encuentra en Casale Sordi, en Cavamonfè (Galliano), en la zona prenestina; ésta también dispone de un depósito excavado en la toba, con una red de túneles subterráneos construidos directamente por debajo de la villa, cada uno con sus propios pozos para sacar el agua. Hay otros ejemplos de este tipo de depósitos de agua, por ejemplo en la zona del *ager Praenestinus* hay varios casos (Mari 1993, pp. 53-55). Parece ser que este sistema debía de ser empleado con frecuencia en construcciones sobre terrenos de toba, por la facilidad de manejo que tiene este material.

Pasillo 24:

El suelo era de mosaico con borde blanco y disposición ortogonal de las teselas, de 19 cm., marco con dos bandas negras de 3 cm., y fondo blanco con dos sinusoides negras que formaban dos corazones con dos puntas (52 teselas /100 cm²). El diseño es muy parecido al encontrado en el Palatino en Roma, en los pasadizos bajo los muros de contención de Septimio Severo, y en Ostia existen unos mosaicos muy parecidos que datan de la segunda mitad del siglo II. En la parte este, en una zona donde hay un pequeño agujero, se puede ver el suelo del anterior pavimento en *opus spicatum* (ladrillos de 11,2 x 2cm), con diferente orientación, que pertenece a un edificio preexistente.



Figura 17 Villa de Livia, pasillo 24

Ambiente 25:

Se trata de una habitación de pequeñas dimensiones dotada de calefacción y situada en proximidad de la entrada a las termas, por lo que se ha querido identificar como *apodyterium*. Está construida con muros de fabrica de ladrillo y conserva restos de mortero y dos grandes trozos de la bóveda que cubría esta habitación y que se derrumbó; el recubrimiento exterior era de *opus spicatum*, que serviría para impermeabilizarla²³; y también había tragaluces que iluminaban a las habitaciones subterráneas de servicio a las que se accedía desde la escalera que arranca de la sala 14, la habitación está enterrada, y no se pueden ver las huellas del pavimento.

Patio de servicio 63-64²⁴:

Al oeste de la habitación 25 se encuentran una serie de espacios situados entre las termas y la fachada de la cisterna (que se arregló como un ninfeo), con algunos restos de pavimento en *opus spicatum*, en parte que lleva al pasillo 24, se encontró en el suelo una canaleta de desagüe.

Frigidarium 26:

Este ambiente construido en ladrillo, contenía dos piscinas: la primera estaba en la parte norte, tenía forma rectangular con ábside curvo en uno de sus lados cortos, era accesible mediante dos escalones, y tenía dos ventanas a los lados y una hornacina con una fuente en la pared del fondo (

Figura

18). La segunda piscina estaba en la zona este y conserva restos del revestimiento mármoleo y orificios para los chorros de agua. Del suelo en *opus sectile* quedan las huellas y algunas losas rectangulares de mármol *cipollino*, que también fue utilizado en las paredes de las piscinas. En esta zona, dañada por la explosión de una bomba en la II Guerra Mundial, se pueden ver unos restos de estructuras: son una serie de salas subterráneas excavadas en la toba, con acceso por escalera desde la habitación n.14.



Figura 18 Villa de Livia,

cuarto termal 26

Ambiente 27:

Según Messineo, probablemente antes de la existencia de los baños, las habitaciones 30 y 27 eran una única habitación grande con dos niveles separados por un escalón de travertino, y se trataba de una sala con un papel muy importante en la villa imperial, quizás una especie de salón del trono. Teniendo en cuenta el grosor de los muros, esta sala debió de cubrirse mediante armaduras de madera.

²³ Messineo 2001, p. 63.

²⁴ Messineo 1991, p.223-224.

En el lado este se conserva un trozo de la bóveda que se derrumbó, y fragmentos de mosaico blanco, con teselas con forma de paralelepípedo dispuestas en posición vertical. Debajo de éstos se pueden ver *suspensurae* y los *túbulos*. Más abajo aún, han aparecido restos de una piscina revestida con mármol y luego tapiada, perteneciente a una estructura anterior²⁵. El umbral de este cuarto conserva un panel de mosaico decorado con hojas intrincadas en blanco y negro.



Figura 19 Villa de Livia, sala termal 27

Sala 28:

Calefactado, conserva parte del pavimento inferior que era de ladrillo y los tubos para el paso del aire caliente en las paredes este y sur.

Caldarium 29:

Tiene dos piscinas con *túbulos* para la calefacción (figura 20) una semicircular en el lado norte y la otra de forma rectangular en el lado este. Se conservan restos del pavimento inferior, orificios para el paso del aire caliente, y agujeros para las grapas en las paredes. Quedan además las huellas del pavimento superior, con losas cuadradas. El pavimento era de mosaico con bordes de 34,5 cm, negro en el lado norte y este y blanco en el lado oeste. El marco de 13,5 cm. tiene 19 filas blancas y una negra; el fondo está hecho con módulo cuadrado reticular, con cuadrados centrales blancos, rectángulos laterales negros, y cuadrados angulares blancos (68 teselas/100 cm²). El mosaico se puede fechar en época severiana, y se encuentra en un nivel más alto respecto al otro suelo; el diseño tiene módulo cuadrado y es como otros ejemplos de Tivoli en Villa Adriana, en Ospitalia²⁶, y en Ostia²⁷ ambos del II sec. d.C.; el diseño ya se conocía en Pompeya. Los muros de la habitación 30 son de ladrillo, y quedan restos del zócalo de mármol y restos de mortero en los muros.



Figura 20 Villa de Livia, caldarium

²⁵ Messineo 1991, p.224. Messineo 2001, p. 452; Messineo 2001, b, p.55-61 con una descripción detallada del ambiente

²⁶ De Franceschini 1991, Ospitalia amb. HS10 p. 43 e fig. a p. 44, dove il motivo è ruotato di 45°.

²⁷ Ostia I, IV, insula di Bacco Fanciullo, in Becatti 1961, tav. XXXN. 14 128-138 d.C.; Ostia III, IX, in Becatti 1961, n. 257 p. 130-131 tav. XXXIII, datato 130 d.C.

AMBIENTES EN TORNO AL PÓRTICO RUSTICO 43 Y AL PÓRTICO EN U:

Ambientes 31-36:

Se han excavado recientemente. La sala 33 tenía una escalera que bajaba al cuarto subterráneo de servicio n.44, donde estaban los *prae-furnia* que se servían los cuartos 31 y 32. Entre 34 y 36 se ha encontrado un trozo de pavimento en *opus spicatum* muy deteriorado.



Figura 21 Villa de Livia, escaleras de acceso al cuarto 33

Habitación 38:

Presenta dos paramentos superpuestos. El más antiguo es *opus spicatum*, tiene tres agujeros hacia el muro de difícil interpretación²⁸ y ha sido cubierto por un pavimento de mosaico, del que queda solo una parte (hacia el pórtico 43), con la márgenes blancos y teselas más bien bastas, marco formado por 5 filas negras y fondo blanco (45 teselas /100cm²). Este mosaico decorado por fustes negros es similar a un mosaico de la exedra del Estadio de la Domus Augustana²⁹. El motivo ya se conocía en la Villa Adriana de Tivoli³⁰.

Bajo las habitaciones 37 y 38 se han podido observar restos de una estructura preexistente, pavimentada con *cocciopesto*.³¹

Habitación 39:

En el muro que separa este cuarto del n.40 se ven teselas rectangulares blancas y una fosa para un canal que podría ser moderna.

²⁸ Messineo 2001, b, p.84 "tre cavità circolari rivestite da tubi di piombo che scaricano nella sottostante canaletta. Impronte sul piano spicato sembrerebbero indicare strutture costruite sopra di essi ed inglobanti gli scarichi: lo schema sarebbe quello delle latrine...ma non si possono indicare impianti analogamente strutturati".

²⁹ Morricone 1967, p.91 e tav. XVII, n. 85.

³⁰ De Franciscini 1991, Triclinio Imperial, amb. T113 p. 62-63.

³¹ Messineo 2001, b, p.84, fig.100 e 101 p85 y 86, scheda n.16 p. 138.

Área 59-60-61-62

Se extendía hacia el norte y por el exterior de las habitaciones 37, 38 e 39, y tenía un pavimento de *opus spicatum*; comunicaba con el patio 61.

Cuarto n.40:

Vestíbulo de entrada al llamado Atrio rustico 43, tenía su umbral revestido con grandes losas de piedra.³²

Habitaciones n.41-42:

Están enterradas en la actualidad; en el cuarto n.42, al momento de la excavación encontraron una capa de preparación para el pavimento³³. Bajo el cuarto n.41, en una laguna del suelo junto a la pared norte, fue descubierta en los años 80, una pileta de una etapa anterior. Medía 1,09 x 1,59 m.³⁴, tenía 1,10 m. de profundidad, y estaba recubierta con *cocciopesto*, pavimentada en *opus spicatum*, y en el centro tenía un pozo circular para la decantación, en el ángulo sur-oeste había cuatro escalones de acceso. Debía de servir para pisar las uvas con los pies o con palos³⁵.

Portico 43 (llamado también atrio rustico):

De forma cuadrangular, tenía cuatro pilares de ladrillo en esquina, mientras que el área central contenía un pequeño jardín, con una zanja perimetral excavada en la toba. No había ningún receptáculo para el *impluvium*, por lo que no podía tratarse de un atrio sino de un pórtico, que sirvió probablemente como entrada secundaria a la villa rústica; y al que se llegaba por un camino pavimentado que corría a lo largo del gran depósito de agua³⁶. Partiendo del perímetro exterior del pórtico, el mosaico tiene borde blanco ortogonal de 21,5 cm., marco de 14 cm. formado por cinco filas negras y cinco blancas, con fondo negro; en la zona descubierta aparece una banda decorativa, con fondo blanco y un motivo de torres o *cancellum* (61 teselas/100 cm²). El diseño con el motivo de *cancellum* es muy frecuente en el siglo I d.C. en Pompeya, y también se encuentra en Ostia, fechado en el año 120 d.C. También se atestigua su presencia en la villa de Castel di Guido.

La estructura del pórtico 43 está construida de ladrillo, mientras que el muro sur hacia el ambiente 51 está realizado en *opus reticulatum*. En el lado sur del pórtico 43 se ha encontrado una base de ladrillo de 1,20 x 1,75 m. y 45 cm. de altura., que ocultaba unos paneles del revestimiento de mármol original, y los fragmentos de un fresco de la época de Augusto. El mosaico permite fechar el pórtico en el s. II d.C. aunque las paredes son de *opus vittatum* que suele ser más tardío, y podrían pertenecer a una renovación sucesiva.

³² Messineo 2001, p.86 per una descrizione dettagliata dei cardini e degli stipiti.

³³ Calci 1984, p.45

³⁴ Calci 1985, b, p.172; Messineo 1991, p. 241.

³⁵ De Franceschini 2005, repertorio impianti produttivi

³⁶ Calci 1984, p. 54 e 56; Messineo 1991, p. 224 e 230.

Pasillo 44:

El suelo es de mosaico con el fondo blanco, los bordes negros y un dibujo de sinusoides también en color negro (59 teselas/100cm²), el diseño es análogo al del corredor 24.. El pasillo 44 atravesaba en sentido transversal toda la casa, conectando el atrio 22 con el pórtico 43. Según Calci en los huecos se podía ver la capa de preparación para el mosaico, y debajo de ésta un mosaico blanco similar al de la habitación 53.

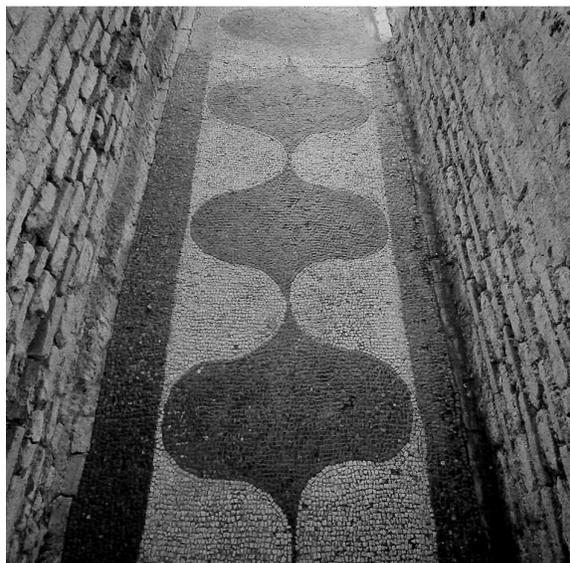


Figura 22. Villa de Livia, mosaico del pasillo 44 y detalle de las teselas.

Habitacion 45:

Según Calci y Messineo en esta habitación se veían hasta tres pavimentos superpuestos: el inferior de *cocciopesto* y los otros dos de mosaico. En el lado norte, hacia el pasillo 44, se conservaba parte del primer mosaico, con borde negro y disposición oblicua de 13,5 cm., marco de 11,5 cm compuesto por tres filas negras, cinco blancas, y dos negras, y fondo con dibujo de módulo cuadrado y color negro, mientras que los rectángulos laterales son blancos y los cuadrados de las esquinas son negros (90 teselas/100cm²). El mismo dibujo aparece en dos mosaicos en Padua y en Este, ambos del último tercio del s.I d.C.; además existen otras variantes en Pompeya en el s. I. d.C. y en Ostia en el s. II sec. d.C. Los fragmentos del segundo mosaico están expuestos en un panel en esta habitación.

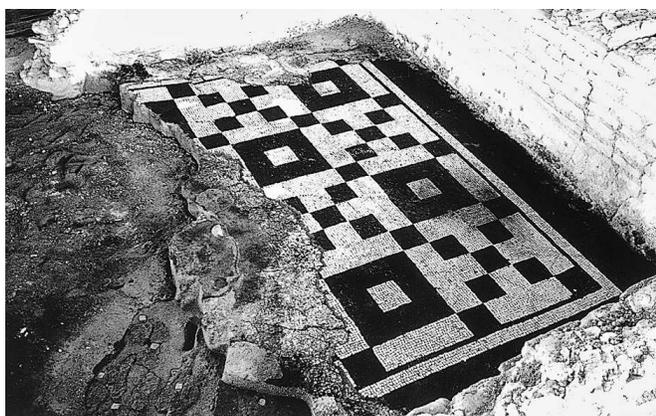


Figura 23 Vano 45

Vestíbulo 46:

Comunicaba los pórticos 43 y 48. Tiene un mosaico con bordes blancos de 19 cm y disposición ortogonal, marco ortogonal de 12,8 cm compuesto por 8 filas negras y tres blancas, y fondo completamente blanco y sin decoración (84 cm² teselas/100cm²). Hay restos de revestimiento con mortero en las paredes.

Entrada 47:

Era una de las entradas a la casa, tal vez en forma de *fauces*, pero se encuentra actualmente enterrada. Al suroeste, cerca del con fin, durante las excavaciones, se encontraron teselas, restos de mortero y de un pavimento de más antiguo³⁷.

Habitación 49:

Destruída en gran parte por trabajos agrícolas, media 5,90 x 10,80 m. Las paredes estaban construidas en *opus reticulatum*. El pavimento de mosaico era de color blanco con perímetro negro, y se conservan algunos fragmentos en las esquinas de la zona norte y oeste. En las paredes se podían ver restos de yeso. A lo largo del perímetro de la pared oriental hay un gran bloque de mármol de travertino, tal vez situado en correspondencia de una puerta.

Cubículo 50:

Esta estancia de dimensiones pequeñas se ha querido identificar como dormitorio de los propietarios de la Villa³⁸. Tiene forma cuadrada y una hornacina en la pared del fondo frente a la entrada, con dos tabiques perimetrales adosados a los muros que sostenían el techo abovedado³⁹. La puerta de la entrada hacia el pórtico 48 conserva las placas de mármol en el umbral con orificios para las bisagras, mientras que en el centro hay un panel de mosaico con círculos negros que enlazados componen hexágonos curvilíneos decorados con un cuadrado oblicuo de teselas negras al centro (99 teselas /100cm²). El diseño es conocido desde el siglo II d.C, y está presente en Tivoli, Villa Adriana (Hospitalia) y Villa del cementerio de Flaminio. El mosaico dentro del cubículo tiene los márgenes blancos, marco con decoración policromada con esvásticas y ha sido restaurado con teselas cuadradas más grandes de color blanco). El fondo es totalmente blanco y carente de decoración, (204 teselas /100/cm²). En el Palatino de Roma y Milán, se conocen bandas decorativas de época sillana con dibujos de este tipo.



Figura 24 Cubículo 50

³⁷ Calci 1984.

³⁸ La habitación se encuentra en la zona residencial y privada de la Villa, frente a un jardín y a espaldas del atrio, lo que hace pensar que en edad augustea pudo tratarse de un dormitorio (cubículo) de los propietarios de la residencia imperial.

³⁹ Calci 1984, p. 48-49 varo F.

Tablino o exedra 51:

Situado en posición central axial, se abría a todo lo ancho hacia el pórtico 48. El umbral de la puerta tiene una banda decorativa de 58 cm de ancho, con un dibujo con esvásticas que determina cuadrados de colores, con parches en blanco y negro (208 teselas/100cm²). Se trata de un dibujo típico de *tablinum*, que aparece por ejemplo, en las villas de San Basilio o de la Marcigliana. En el interior de la habitación, el mosaico tiene margen blanco oblicuo de 19,5 cm, y marco recto de 12 cm. con tres filas blancas, ocho negras y fondo completamente blanco (190 teselas/100cm²). Conserva algunos restos de mortero con zócalo de color rojo y jambas blancas de mármol. En el revestimiento se pueden ver rastros de un incendio.

Cubiculo 52:

El ambiente n. 52 podría identificarse con otro cubiculum de propiedad de la familia imperial. Quedan restos de pintura de color rojo en las paredes, quizás de una intervención posterior a Augusto; y de una estructura en la esquina oeste que podría haber servido para alojar una recámara⁴⁰. También se conservan restos de mosaico blanco (116 teselas/100cm²).

Pasillo 53:

Los muros son opus reticulatum y se conservan restos de pintura. El pavimento es de mosaico blanco, con piezas rectangulares de 2x1 cm (54 teselas/100 cm²). El pasillo fue dañado por una bomba que afectó también a la habitación 45.

HABITACIONES EN TORNO AL ATRIO 22 (NATATIO):

Habitaciones 54-55:

Quedan restos de mosaico con huellas de los márgenes visibles en el punto de unión de las paredes de la sala 55 con el atrio. Hay dos umbrales, el primero entre las salas 48 y 54, con decoración de espirales vegetales y círculos y la segunda entre 54 y 56, con un motivo que recuerda un rosetón. Los muros son de *opus reticulatum*.

Habitación 56:

Unía el atrio 22 con el pórtico 48; El pavimento era de mosaico con tres filas de teselas perpendiculares a las paredes, y un diseño muy antiguo, que ya había aparecido en los pavimentos de *occiopesto*. En la capa de preparación se pueden observar las líneas guía para el dibujo. Este tipo de motivo decorativo lo encontramos en Roma en el Palatino, en dos ejemplos que se pueden datar entre César y Augusto, en la casa de Griffi siempre en el Palatino, y en la casa bajo la iglesia de S. Prudeniana. Del mismo período son los mosaicos de Aquileia (con fondo negro), en la

⁴⁰ Calci 1984, p. 50-52

villa de Barcola cerca Trieste y en Cremona. También se conocen dos casos en Pompeya. La sala tenía las paredes de *opus reticulatum*, y quedan algunos restos de pintura. El espacio entre la habitación 56 y el atrio 22 está ocupado por una especie de pasillo muy estrecho, donde se encontraron restos de pavimentos de *opus caementicium* decorado con teselas con mármol de colores que pertenecen a una etapa anterior (quizás se mantuvo como recuerdo de algún evento sucedido en la Villa, como la caída de un rayo⁴¹) (Messineo, 2001).

Ambiente 57:

Quedan restos de pintura al fresco en los muros y de mosaico con fondo decorado con motivos vegetales que parten de un seto de acanto con pájaros (83 teselas/100cm²).

Triclinio 58 y habitación 58-b:

El *triclinium* se abre a todo lo largo del atrio 22 pero no estaba colocado exactamente en el eje central. En las esquinas opuestas a la entrada hay dos estructuras rectangulares que determinan una habitación pequeña, los muros son de *opus reticulatum*. El mosaico es similar, aunque con arabescos más complejos, a uno de Ostia, que data de finales del siglo II. d.C. Las dos estructuras rectangulares 58a-b ubicadas en las esquinas, fueron probablemente utilizadas como alacenas; tienen un mosaico blanco (33 teselas/ 100cm²); y se conservan restos de pintura en las paredes.

Jardín Imperial

Situado en la zona noreste de la villa, tenía muros de *opus reticulatum* y *opus mixtum*, pero actualmente no es visible. Kähler reconstruyó nueve contrafuertes para sujetar una terraza cuadrada, bajo el cual estaban los criptoporticos.

⁴¹ Se trataría de un espacio consagrado al *fulgor conditum*. Las fuentes históricas revelan que Augusto tenía profundamente estos fenómenos naturales: "Ed ecco ciò che sappiamo a proposito delle sue superstizioni. Provava per i tuoni e per i fulmini un terrore quasi morboso e così, come rimedio, portava con sé, sempre e in ogni luogo, la pelle di una foca e alla più piccola minaccia di temporale si rifugiava in un luogo appartato e fatto a volta, perché già una volta era stato spaventato, durante una marcia notturna, dal passaggio di un fulmine".

2. LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PRESENTES EN LA VILLA DE LIVIA

La información de que dispongo sobre la Villa de Livia proviene del estudio *in situ* del complejo arqueológico y de los datos obtenidos en las diversas excavaciones que se han realizado en la Villa, que han proporcionado una base documental imprescindible para poder comprender un lugar tan complejo como el que nos ocupa.

La Villa es un edificio ya de por sí complicado, ya que a lo largo de la historia ha sufrido muchos cambios y modificaciones debidas a diferentes motivos. El edificio residencial, y más aun por tratarse de una villa de propiedad imperial, ha sufrido una serie de transformaciones por el simple hecho de la continuidad temporal, el cambio de propietarios, las variaciones en el gusto según las épocas, los trabajos debidos a consolidaciones estáticas, catástrofes naturales, etc. que hacen de la Villa un edificio en continua transformación.

El añadido de habitaciones, cambios de uso, apertura de nuevos huecos, y entradas y salidas, la elevación de zonas del edificio, o el abandono de ciertas estancias, todo esto contribuye a darle una vida arquitectónica llena de movimientos y de cambios, pero también dificulta la lectura estratigráfica del complejo arquitectónico en el que muros, pavimentos y decoración parietal se superponen de forma muy compleja a lo largo del tiempo.

Por desgracia el edificio ha sido objeto de excavaciones poco afortunadas desde un punto de vista científico a lo largo de los siglos, que en algunos casos no han proporcionado la necesaria documentación para poder comprender la villa, y en ocasiones no se han conservado ni el material ni los datos acerca de éste, como es el caso de las campañas de excavaciones del 800. En este periodo las excavaciones arqueológicas tenían por objeto la búsqueda del material refinado o la escultura con fines decorativos, en lugar de buscar la interpretación de la arquitectura o de las fases cronológicas, faltando por completo el necesario rigor científico. Aunque también se tiene noticia de algunas excavaciones de los años 70, cuya falta casi total de documentación (se conservan algunas fotografías donde se está desenterrando algo), hace imposible saber qué se excavó y qué encontraron.

Ade más, una serie de catástrofes han golpeado la Villa, no solo en época antigua (incendios y terremotos), sino también en época moderna (como los daños provocados por la caída de una bomba en la Segunda Guerra Mundial), de modo que la situación se ha complicado aun más, faltando datos que pudieran ayudar desde un punto de vista físico, interpretativo y cognoscitivo del área arqueológica.



Figura 25 Villa de Livia. Fragmento de bóveda caída probablemente por la explosión de una bomba en la habitación n.27.

Lo que resulta más complicado desde un punto de vista gráfico a la hora de hacer la reconstrucción virtual es la existencia de distintas fases cronológicas, que dificultan la interpretación del edificio en su totalidad. De manera que en el ámbito de la metodología de investigación y reconstrucción del objeto de este estudio, una vez que se tienen a disposición todos los datos conocidos, la primera elección importante desde un punto de vista operativo, es la subdivisión de la Villa en fases cronológicas.

A menudo en estos contextos arqueológicos resulta difícil datar con certeza y precisión los monumentos, sobre todo como ya he señalado antes, a causa de la extensa duración de algunas obras (las dificultades y los problemas que pueden surgir durante las obras son de diversa índole), y como consecuencia resulta muy difícil y a menudo imposible, determinar los elementos que puedan ayudar a fechar la construcción, desde el proyecto hasta la última fase visible.

Todo esto comporta la necesidad de un estudio morfológico y estructural de la arquitectura, desde las técnicas de ejecución hasta la decoración, intentando especificar los modelos utilizados y la presencia de elementos reconocibles que puedan ayudar a identificar un período cronológico.

Naturalmente este tipo de metodología y de interpretación se puede emplear para una mayor comprensión del edificio, y poderlo así encuadrar en un contexto que lo identifique y caracterice desde un punto de vista general. De hecho, la arquitectura romana, si bien presenta una serie de características comunes ligadas a unos esquemas predeterminados de las funciones y técnicas, en realidad presenta una serie de particularidades, de nuevos esquemas decorativos, y técnicas concretas, debidos no solo a la evolución, sino también a la variedad de las diferentes capacidades técnicas, de las uniones cognitivas y experimentales, y por supuesto, de la compenetración y los gustos específicos.

Estos elementos presentes en el edificio, y todavía visibles e identificables mediante estratigrafías murarias y pavimentales, han permitido una subdivisión de la estructura en función de las diferentes fases cronológicas, y han facilitado el estudio en detalle del complejo arqueológico.

Desde una óptica general, la arquitectura de la Villa corresponde a unos esquemas constructivos reconocibles e interpretables según un estudio basado en los paralelismos tipológicos, constructivos y decorativos, mientras desde un punto de vista específico, los problemas derivados de la reconstrucción virtual del edificio se basan en la dificultad de mostrar las superposiciones de etapas y usos que se acumulan en la Villa a lo largo del tiempo.

El estudio de las técnicas murarias, pavimentales y decorativas empleadas en época romana, y en el caso específico de este edificio de propiedad imperial, han aportado una serie de referencias para la subdivisión cronológica y la sucesiva reconstrucción arquitectónica.

Las técnicas de construcción romanas variaron con el tiempo, y dependían del lugar y la disponibilidad de los materiales presentes y la habilidad de los constructores, pero quizás la innovación más importante fue la introducción *del opus caementicium*.

2.1. TÉCNICAS MURARIAS

- Opus caementicium

Vitrucio nos da la composición de lo que en términos modernos se ha definido como el hormigón romano “*structura ex caementis calce et arena*”, es decir, un compuesto de piedras, cal y arena (o puzolana). Las informaciones más detalladas las encontramos en el capítulo que trata del opus reticulatum y del opus incertum. El autor romano mantiene que ambas estructuras *deben que construirse con piedras de pequeño tamaño, de tal manera que los muros saturados de la mezcla hecha de cal y arena (o puzolana), puedan durar el mayor tiempo posible. De hecho, si las piedras son porosas o con presentan un valor bajo de cohesión, se secan con rapidez absorbiendo el humor de la mezcla: por el contrario, si el mortero es abundante, el muro que tiene un nivel alto de humedad, no se secará de masiado rápido y mantendrá la cohesión. Cuando la porosidad de la piedra absorba rápidamente la capacidad cohesiva del mortero, la cal se separará de la arena y se disolverá, y por consecuencia, las piedras no tendrán coherencia, y los muros, con el paso del tiempo, se arruinarán.*

Para el *opus caementicium*, los romanos empleaban la cal grasa con puzolanas, formando una especie de mortero hidráulico⁴² que podía fraguar en ambientes húmedos o en agua de forma rápida. El proceso de fraguado en general era muy lento, y se adaptaba muy bien a las técnicas de construcción romanas. El tipo de elaboración adoptado sigue un iter perfectamente vinculado a las estaciones del año, es decir, se construía con ritmo lento tal y como imponían la tecnología a disposición, los materiales, y el periodo del año, y el aspecto climático era fundamental para la estabilidad de las estructuras hechas en *caementicium*.

Vitrucio aconseja que se prepare con cuidado la cal, ya sea la proveniente de piedras blancas (calcárea), que la de piedras duras (existía la creencia de que las piedras oscuras eran más duras que las blancas), y añade que aquella que provenga de un material compacto y más duro, será útil para los muros, mientras que la que procede de la piedra porosa será más adecuada para los revestimientos. Indica también una especie de análisis cuantitativo de la época: las piedras de un peso determinado, introducidas en el horno, una vez se sacan de éste ya no tienen el mismo peso; sin embargo si se pesan, incluso si el volumen es el mismo, el peso original se habrá reducido de 1/3 por la humedad evaporada. De este modo, a causa del fuego, se habrán abierto los huecos y cavidades, y éstos se compactarán al recibir la mezcla de arena, convirtiéndose en un cuerpo único con el cemento, y determinarán la solidez de la estructura (Vitrucio, 2,5,3).

Catón⁴³ sin embargo desaconsejaba el uso de cal obtenidas de piedras distintas entre sí, y también las procedentes de piedras particularmente duras. Plinio⁴⁴ señalaba que las piedras de color verde eran inadecuadas porque resistían mucho a altas temperaturas.

⁴² La cal hidráulica propiamente dicha es aquella que deriva de piedra calcárea impuras por presencia de arcilla.

⁴³ Catón, De agricultura, 38, 2 y Plinio, Naturalis historia, 36, 174.

⁴⁴ Plinio, Naturalis historia, 36, 169.

La cal que no era de buena calidad se usaba en las cimentaciones y no en fachadas, o en el núcleo del muro en vez de en las hojas exteriores, en muros de división en lugar que en los muros portantes. Todavía a finales del siglo XVIII la cal procedente de piedras porosas se usaba solo para los revestimientos.

Es posible que la cal usada en Roma viniera del sistema subapenino, donde se encontraban excelentes vetas a calizas blancas y frágiles, en versión porosa y también compacta, adecuada para muros y para revestimientos, pero también se podrían haber utilizado recortes de piedras de las canteras de travertino, como se hacía en el cinco centos.

Se sabe que en época tardía el suministro de la cal constituía una especie de impuesto que cada ciudad debía de procurar para las obras públicas⁴⁵.

Vitruvio recomendaba evitar el uso de arena de playa cuando se tenían que hacer grandes construcciones porque *neque conca meratione s recipit*, es decir, el hormigón realizado con un aglomerante hecho con arena de playa no podía soportar el peso de las bóvedas. En el mismo pasaje, Vitruvio demuestra conocer bien la necesidad de utilizar una estructura portante que resista bien a los esfuerzos de compresión cuando se construye una vivienda.

Respecto a la cronología hay distintas teorías, aunque la más aceptada es la de Lugli, según la cual el uso del *opus caementicium* se difundió en Roma y Campania a partir del siglo III a.C. bajo influencia oriental y helenística. Sin embargo, otros autores como Orlandos⁴⁶, señalando restos arqueológicos detallados en Delos, Thera y Priene, constata que en Grecia la argamasa usada como conglomerante (la puzolana se sustituía por ladrillo machacado), no se remonta más allá de finales del siglo II o principios de I a.C., y debe ser considerado como una aportación romana. Por otra parte, las fuentes literarias y epigráficas apenas aportan información, las encontramos enumeradas detalladamente por Lugli y posteriormente por Adam, y en cualquier caso no se remontan más allá de la mitad del siglo II a. C.



Figura 26. Roma. Resto de uno de los muros del Porticus Aemilia. (Foto de M. Funari)

⁴⁵ El 6 de agosto del 365, Valentino y Valente emanaron de Milán un edicto dirigido a Volusiano, prefecto del Pretorio de Roma, por el cual los dos emperadores, deseosos de restaurar los monumentos urbanos y edificios públicos, ordenan pagar un *solidus* (moneda de oro), a los carreteros y caleros por cada carga de cal. Las tres cuartas partes de la cantidad debían de pagarlas los propietarios, y la otra cuarta parte venía del *arca viraria*. Además no se podían suministrar más de tres mil carros pequeños cada año, de los cuales, 1500 se destinaban a la manutención de acueductos y otros edificios. Se excluía del cálculo el abastecimiento de Terracina, que se reservaba por enterro para cubrir las necesidades del puerto y del faro. La misma ley eximia del pago de 900 carros a los curiales de Tuscia, excepto si hubiese habido necesidad para alguna obra pública, en cuyo caso se había restablecido el acuerdo previo concierto de la cantidad necesaria.

⁴⁶ A. Orlandos, *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens grecs*. I De Boccard, Paris, 1966, p. 135, n.2.

Sin embargo los restos arqueológicos aportan otra información; el caso más importante es del *Porticus Aemilia*⁴⁷, que se fecha con certeza en el 192 a.C. y donde el uso del conglomerado ya ha alcanzado un importante nivel de elaboración, es decir, que para llegar a este grado de realización, tuvieron que llevar un tiempo empleando esta técnica. Además hay otros casos, menos documentados que el anterior, donde también se observa el uso del *opus caementicium*, como son las colonias de Alba Fucens (303 a.C.) o Cosa (273 a.C.), o ciertas casas pompeyanas.

La introducción de esta técnica consiente el desarrollo de la arquitectura y la evolución hasta llegar a las cotas de desarrollo que alcanzó en el mundo romano al principio se usaba por cuestiones económicas, sobre todo en las construcciones privadas y para rellenos, pero se difundió rápidamente en todo el Imperio gracias a sus características técnicas.

Naturalmente la introducción del hormigón romano impone nuevas técnicas constructivas, ya que su empleo responde a unas determinadas exigencias, que al principio apoyan pero enseguida sustituyen las técnicas más antiguas. A partir del s.III a.C. se transformará la estructura de los muros y en consecuencia el modo de construirlos. Se pasarán a construir por capas: los dos paramentos externos tienen la función de contenedores, mientras que el espacio que queda en medio se rellena mediante el vertido de hormigón mas o menos denso, pero antes de colocar una capa nueva se espera a que haya fraguado el estrato inferior y pueda resistir la presión de la masa semifluida de la nueva capa.

La puesta en obra de esta técnica prevé el uso de andamios, que cumplen además la función de contener los dos muros externos y evitar la deformación de las paredes. El uso de los andamios sigue siendo visible en algunos casos en los que la pared, al perder el revestimiento, muestran los agujeros que quedan en el mortero: de hecho, una vez que se acababa el trabajo y se desmontaban los andamios, las vigas se cortaban y la madera que quedaba in situ se descomponía con el paso del tiempo dejando libre el espacio ocupado precedentemente.

La excelente calidad del hormigón es la clave de la supervivencia de tantos monumentos antiguos, y entre sus características mecánicas hay que destacar la resistencia a tracción. La creencia de que los muros de *opus caementicium* solo resisten a la compresión, con valores de entre 20 a 30 veces superiores a la resistencia a tracción, no es de todo cierta cuando se habla de muros romanos. Hay un caso que ilustra muy bien este hecho: en el muro del Pecile de Villa Adriana se abrió un hueco de 3,60 m sin ningún tipo de elemento adintelado, en un espesor de 0,75 m., con una reducción de sección en ambos lados de 0,35 m.

Rara vez el *opus caementicium* aparece desnudo, aunque en algunos casos, cuando el núcleo carece de pared, si se dispone a mano con esmero, se puede llegar a confundir. En el caso de la Villa de Livia, el *opus caementicium* aparece recubriendo la gran cisterna enterrada, en los fragmentos de bóvedas que se encuentran en la zona termal, cubriendo mediante bóvedas las habitaciones de servicio subterráneas, y en los muros de contención de la zona norte y del criptopórtico.

⁴⁷ El *porticus aemilia* era un almacén situado a orillas de Tiber en Roma, construido por los censores L. Lépidio y L. Emilio Paulo en el 192 a.C. Se trata de una estructura de unos 490 metros de largo por 55 de ancho, dividida en 50 naves de unos 8 metros, por 295 columnas, con una superficie útil de 25000m².



Figura 27 Villa de Livia. Fragmento de bóveda en opus caementitium en las habitaciones 27-30

Es difícil poder datar una estructura basándonos en el opus caementitium presente, porque en realidad las diferencias son pocas, aunque los conglomerados de principios del Imperio tienen una consistencia más terrosa mientras que los hormigones de época adriana son más finos y compactos. Además es difícil poder fechar una estructura en opus caementitium porque se trata del núcleo interno del muro, que sí varía en función del periodo histórico y a evolución del gusto.

En la cisterna de la Villa, realizada con *opus reticulatum*, se ha podido observar que 2/3 de su espesor los ocupaban las hojas del muro, y el tercio restante el núcleo. La profundidad del paramento, la forma cuneiforme de las piedras de las hojas del muro, la disposición siempre desalineada respecto a las filas horizontales, son algunas de las recomendaciones destinadas a evitar el fenómeno de las tres hojas descrito por Vitruvio como un fenómeno que provocaba grandes daños en las estructuras.

En los muros del criptoportico esta regla no se cumple por tratarse de muros de gran sección. Al no respetarse el espesor del muro de un pie y medio (que también era la del ladrillo sesquipedal), la relación del núcleo del muro con las dos hojas de éste se perdía, y no tenía ninguna validez para los muros de gran sección, Pero es evidente que las grandes estructuras se construían con mucha atención, como atestiguan las palabras de Plinio el Joven, cuando a propósito de la reconstrucción del gimnasio de Nica, cuyas obras presentaban no pocos problemas, dice que el arquitecto, en desacuerdo con el que había empezado la reconstrucción, sostiene que los muros de carga, aunque tienen 22 pies de grosor (unos 6 metros y medio), no pueden soportar el esfuerzo al que están sometidos porque están hechos con piedras heterogéneas y fragmentos cerámicos, sin las hojas realizadas con fábrica de ladrillo.

- Opus incertum

Se trata de un tipo de paramento formado por piedras de forma irregular pero con la cara vista más o menos plana, utilizado principalmente desde principios del s. II a.C hasta poco después de mediados del siglo I a.C, aunque se sigue utilizando posteriormente, sobre todo en estructuras pequeñas o edificios privados. Con esta técnica el acabado de la pared es muy regular y homogéneo; de hecho el *opus incertum* se anticipa a la técnica del *opus reticulatum*, hasta el punto de que en el momento de máximo apogeo de su empleo, cuando la superficie resulta muy irregular se llega a hablar de *opus quasi reticulatum*.

- Opus reticulatum

El nombre de este tipo de muro viene del aspecto de la fachada vista: al principio consistía en una variante del *opus incertum* más evolucionado, (*opus quasi reticulatum*). El nombre hace referencia al aspecto de este aparejo, realizado con ladrillos de forma piramidal con base cuadrada, colocados alrededor de un núcleo de *opus caementicium* con un ángulo de unos 45°, de manera que las bases forman un patrón diagonal y el aspecto del muro es el de una retícula.

Este aparejo es en realidad la parte exterior del muro, que luego se revestía con mortero, y se decoraba en muchos casos con pinturas al fresco o molduras, mientras que el interior del muro estaba realizado con *opus caementicium* con función resistente.

Los arranques de los muros, las jambas de los huecos y los acabados se hacían con este aparejo o con bloques de paralelepípedos. Esta técnica fue empleada por los romanos a partir de la primera mitad del siglo I a.C. (*opus quasi quadratum*), y posteriormente se asoció al empleo del ladrillo determinando la técnica llamada "mixta."



Figura 28 Villa de Livia Muro de reticulatum

En el caso de la Villa de Livia, hay muchos muros construidos en *opus reticulatum* que incluso se mantuvieron en los periodos posteriores, trabajando como estructura original o en asociación con nuevos muros, debido a los cambios en el tiempo (nuevos cerramientos, demoliciones parciales, etc.).

La villa cuenta con numerosas estructuras realizadas con esta técnica, que demuestra la existencia de la villa desde la antigüedad. En particular, el edificio está limitada SO por un largo muro de *reticulatum* realizado con bloques de toba de color gris y amarillo, de forma irregular y longitud variable (determinan también la irregularidad en el acabado de la pared). Las cadenas son de bloques de toba gris y amarillo y son más regulares. Este tipo de muros se han encontrado en particular en el área destinada para los huéspedes de la Villa, donde se realizaron una serie de reformas (que aún son visibles) que permiten ver las distintas fases cronológicas de la Villa; en concreto esta zona tiene una estructura de finales de la etapa republicana y comienzos de la época de Augusto.⁴⁸

Todos los tipos de *reticulatum* presentes en la villa se caracteriza por las irregularidades del corte de los elementos constitutivos: la estandarización de los elementos en la producción, de hecho, se establecerá a partir de la primera

⁴⁸ Se presume que las habitaciones 6, 9 e 12 pertenezcan a la misma fase constructiva.

época augustea, perfeccionándose más tarde. Esto nos permite realizar una datación de este tipo de aparejo al inicio de la época de augustea (Messineo, 2001).

En resumen, el muro de reticulatum está presente en diferentes elementos de la Villa. En la *basis villae*, concretamente en el lado SE que se suma al valle del Tíber, y toda la zona sur, que pertenece a la fase inicial de la Villa, es decir, las habitaciones actualmente enterradas y no visibles entre el atrio y el jardín imperial, que se han querido interpretar como cuartos de servicio y estancias de recibimiento. También el atrio y las estructuras que están en torno a la entrada principal están contruidos con muros de reticulatum.

Otras habitaciones construidas con aparejos de *opus reticulatum* son: las estancias privadas con función de *cubiculo* y de *exedra*. Las habitaciones que se encuentran en el lado NE del peristilo, que induyen los espacios rectangulares situados a ambos lados de una gran habitación cuadrada, que es el triclinio. Algunas estructuras realizadas con reticulatum son aun visibles entre el atrio y las salas que se utilizaron en una fecha posterior como zona termal. Las habitaciones que se encuentran justo después de la entrada, identificadas como las letrinas. Muros de *reticulatum* son los de la zona del triclinium subterráneo de los cuartos vecinos, que debieron de servir en algun momento como sótanos. Elementos de *reticulatum* también son visibles en las salas 3 y 4, que sufieron una serie de transformaciones en un según momento, y la habitación 23 en la zona sur. El peristilo tiene restos de zonas contruidas con aparejo *reticulatum* (Messineo, 2001).

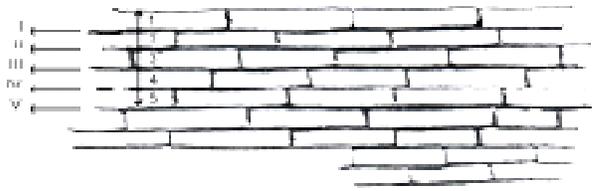
- Opus latericium

El termino exacto para definir esta técnica en realidad seria *opus testaceum*, más adecuado para indicar las estructuras de ladrillo de barro cocido, ya que en la antigüedad el nombre *lateris* indicaba exclusivamente los ladrillos crudos o cocidos al sol.

Inicialmente para este tipo de técnica se utilizaban materiales que se empleaban generalmente para las cubiertas, como tejas pero a partir de la época de Augusto, se introdujeron los ladrillos, rotos, o con bordes cortados, incluso en las obras de fábrica.

Vitrubio describe el tipo de material utilizado en esta técnica, es decir, los ladrillos de forma rectangular con unas dimensiones de un pie por un pie y medio (45x30 aproximadamente), colocados alternando las juntas.

Durante la época de Cesar y de Augusto, se usaban fundamentalmente fragmentos de tejas rotas tomados con capas de mortero de poco espesor como revestimiento de los muros. En la época que transcurrió entre Augusto y Claudio, se emplearon tejas con los bordes rotos de manera que se obtenían piezas de forma triangular: éstas se colocaban en fila con la punta hacia el interior y se unían con mortero. Entonces se empezaron a construir ladrillos (*lateridium*), realizados *ex-profe*so de manera que se cortaban con forma triangular: el lado largo quedaba visto y tenía mejor acabado. La técnica se empleó durante toda la época imperial. Sí había variaciones en el espesor de las juntas entre ladrillos y el grosor de éstos. El módulo del aparejo (cinco filas de juntas y de ladrillos) constituye un indicador que permite ver la cronología del aparejo.



También el color y la calidad del mortero y los ladrillos son un factor importante para fechar las fábricas. Otros indicadores son la presencia de ladrillos bipedales (ladrillos cuadrados de 60 cm. de lado) con hiladas que atraviesan todo el espesor de la pared nivelándola y trabándola.

Figura 29 Dibujo con la reconstrucción de un módulo

A veces el exceso de mortero entre hiladas de ladrillos se eliminaba para asegurar un mejor agarre de la capa de revestimiento. Desde la época de Adriano, las fábricas de ladrillo se utilizan para las cadenas y para trabar las fábricas en general usando las técnicas de *opus mixtum* y *opus reticulatum* juntas. También los diferentes colores de ladrillo y cortes se utilizan con fines decorativos.

Solo a partir de Tiberio, pero sobre todo con Claudio, se comienzan a fabricar verdaderos ladrillos de construcción. Los momentos de máxima actividad constructiva en Roma se produjeron durante la época de Nerón (finales del s. I.) y de Antonino Pio (finales del s. II), y estas etapas coincidieron con las de mayor actividad en las fábricas de ladrillo.

Desde finales de la etapa republicana se había convertido en práctica habitual reforzar los muros de *reticulatum* mediante verdugadas de ladrillo o de fragmentos de tejas rotas. En época imperial se perfecciona esta técnica y a estos refuerzos horizontales se añaden los refuerzos verticales o cadenas, que juntos marcan la fábrica de *reticulatum*.

Hacia la segunda mitad del s. II, es decir, en época antonina, se introduce el ladrillo policromo (coloreado de amarillo y de rojo), para obtener paramentos de valor decorativo, indicando así el virtuosismo alcanzado en el empleo del ladrillo.

Como ya hemos visto, un modo para poder fechar este tipo de aparejos de manera bastante fiable es la determinación del módulo: se entiende por módulo de un muro la medida media de la altura de cinco ladrillos con sus correspondientes llagas; dependiendo de las medidas del módulo se puede determinar la cronología basándonos en las medidas más comunes de cada período histórico.

La fabricación de ladrillo de construcción era un proceso bastante largo que podía durar varios años. Se trataba de una actividad industrial real, a menudo ligada a la familia imperial, con lugares de producción (*figline*) cercanos a canteras de arcilla o a los ríos para asegurar, no solo el consumo de agua fundamental para la producción, sino también la facilidad de transporte de los materiales.

Los ladrillos estaban hechos de arcilla, de cantada o depurada en agua, que luego se desgrasaba con la adición de arena (un método también utilizado para la producción de cerámica y ánforas). El material producido se introducía en moldes de madera para obtener la forma requerida, se sellaban y se dejaban secar al aire, posteriormente se cocían en hornos los ladrillos endurecidos para hacerlos más resistentes.

Los ladrillos producidos con este procedimiento podían tener diferentes formas y tamaños, pero la forma original era cuadrada, lo que permitía un rápido apilamiento y aseguraba la facilidad de transporte. La forma triangular, utilizada principalmente en la arquitectura, se obtenía cortando directamente en la obra.

En la época romana, se usaban los siguientes tipos de ladrillos:

- El *bessale*, un ladrillo de consistencia bastante tosca y forma cuadrada de aproximadamente 20 cm. de lado (2/3 de pie romano), usado normalmente en muros, que se podía dividir en dos triángulos mediante su corte en diagonal. En la Villa se han encontrado enteros en las suspensura de algunas habitaciones termales y también como revestimiento de las bóvedas.

- El *sesquipedale* era algo más grande que el anterior, también cuadrado, medía unos 44 cm de lado (un pie y medio); también se hacía de forma rectangular (44x29 cm.). También se podía usar entero (en pavimentos) o dividido en cuatro u ocho triángulos (muros).

- El *bipedale*, el ladrillo más costoso y refinado, medía 59 cm. de lado (dos pies), y podía dividirse en ocho o dieciséis triángulos. Puesto que su realización era alta, se usaba en determinadas ocasiones, sobre todo en arcos o en hiladas para marcar las plantas en los muros.

En las fábricas de ladrillos se producían también otros tipos de materiales hechos de arcilla, como canales (planas) y cobijas. También se seguían haciendo las llamadas *tegulae mammae*, es decir, una especie de ladrillos con cuatro salientes, cada uno por un lado, y se usaba como revestimiento de paredes, para crear una cámara de aire, especialmente útil en ambientes húmedos. En el tridinio semi-subterráneo de la villa de Livia se encontró en los muros un revestimiento realizado con este tipo de ladrillos, que serviría presumiblemente para proteger las paredes con las pinturas murales de la humedad del terreno.

También se hacían ladrillos de forma circular, generalmente se usaban para construir columnas en las paredes, o, de menor tamaño, para crear los pilares para las *suspensurae* en las habitaciones calefactadas. También se hacían los tubos de sección cuadrada que se utilizaban para dejar pasar el aire caliente de la calefacción, sobre todo en ambientes termales, y otros tubos de sección circular que se utilizaban como tuberías de agua. Ambos tipos de tubos se encuentran en distintas zonas de la Villa.

También destaca la producción de ladrillos pequeños, como los utilizados en el *opus spicatum* marcos y decoración.

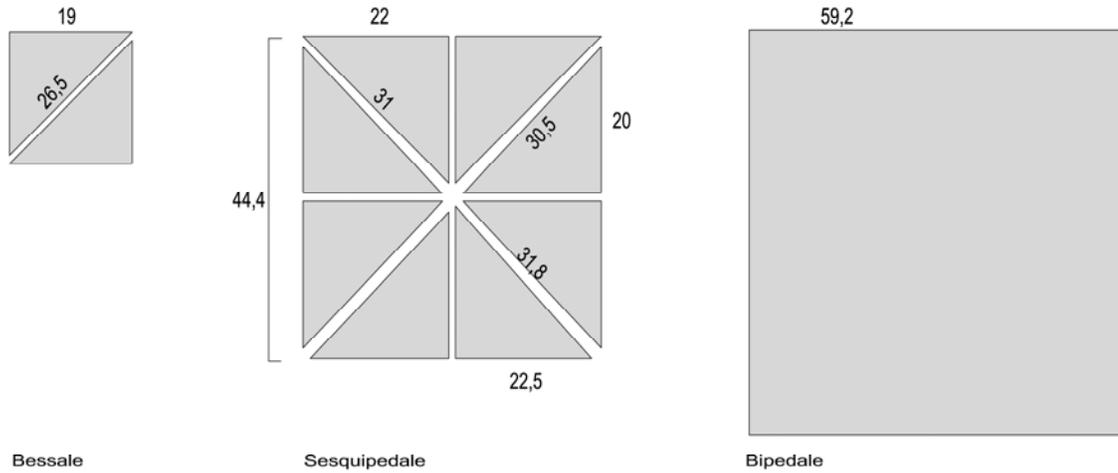


Figura 30 Tipos d ladrillos producidos enépoca romana y presentes en la Villa de Livia.

También hay que tener en cuenta la información que los sellos de los ladrillos pueden aportar sobre la construcción y el periodo en que se realiza. La importancia de estos sellos radica en la gran cantidad de información que pueden proporcionar, como la cantera de arcilla, la fábrica, el nombre del propietario (asociado a un emperador), y sobre todo la fecha de fabricación. Gracias a estas indicaciones se pueden fechar con bastante exactitud las construcciones en las que están presentes, aunque conviene recordar que los sellos se podían usar mucho tiempo después de su producción, de manera que hay que usar esta información con cautela.

Los tipos de sellos podían ser circulares, con letras grabadas, rectangulares, con relieve, etc. No todos los ladrillos tenían esta información, probablemente marcaban solo el primero de cada pila de ladrillos o una cantidad determinada de cada lote.

Los sellos de ladrillos sufrieron cambios durante el transcurso del tiempo, dependiendo de los diferentes periodos de uso. En un principio, eran de forma rectangular, y el texto aparecía en una línea, pero a partir de Claudio adoptaron una forma semicircular y con Domitiano pasaron a tener forma de media luna, y después de nuevo redondos a partir de principios del siglo III d.C; con la presencia de inscripciones de una o dos líneas semicirculares a las que se les podían añadir otras líneas si era necesario.

En la última etapa del Imperio la forma de sellos ya no tiene una forma específica; pueden ser de forma rectangular o circular indiferentemente. Por esto la información proporcionada por estas inscripciones es muy importante porque, además de proporcionar información sobre la historia de la producción y de la construcción (canteras, lugar de fabricación, responsables, propietarios, etc.) proporciona un conocimiento importante sobre la periodización de los edificios.



Figura 31 Diferentes tipos de sellos de ladrillos presentes en la villa de Livia



Figura 32 Villa de Livia, sello de ladrillo presente en la habitación 26

Este también es el caso de la villa de Livia, en el que se han identificado una serie de ladrillo con sellos (Figura 31) que hacen referencia al s.I d.C. y al periodo severiano, lo que ha permitido la identificación de dos fases en la zona termal: una de época neroniana que actualmente solo está visible de forma puntual bajo una serie de estructuras, y una segunda fase de la época severiana, que sí es visible.

También en relación con el caso de la Villa Imperial objeto de nuestro estudio, hay mucho material esporádico, es decir, que no se ha encontrado exactamente in situ, pero proviene del entorno del edificio. En particular, nos referimos a otros ladrillos sellados que nos han permitido fechar el tiempo que estuvo en uso la residencia. Por ejemplo, el descubrimiento de los ladrillos con sellos de la época de Majencio, prueban la continuidad en la vida de la Villa, aportando información sobre las fases arquitectónicas. Parece evidente que una vez que la Villa pasó a formar parte de los bienes de propiedad imperial, que se transmitían de emperador en emperador, su continuidad fue asegurada. Esta durabilidad y pervivencia en el tiempo implica la existencia de una serie de transformaciones y reconstrucciones que modifican la estructura originaria de la Villa, y aportan información sobre la subdivisión del edificio por sectores y fases cronológicas y funcionales.

En nuestro caso de estudio se han encontrado, dentro de la excavación, una pequeña cantidad (en comparación con el tamaño de la Villa) de ladrillos con sellos.

Estos, a pesar de que son pocos y dispersos, ofrecen datos interesantes acerca de las fases cronológicas sobre la construcción de la residencia imperial. Por supuesto, podemos disponer de datos fiables sólo en los casos en que los sellos de los ladrillos fueron encontrados *in situ*, mientras que para el material esporádico la datación sólo se puede hacer de forma absoluta y no relativa.

En concreto se han encontrado: sellos que hacen referencia a los siglos I a.C.-I d.C. (uno de los cuales se reutilizó en el interior de la habitación 11, otro en el pavimento del *prae-furnium* de la habitación n.27, otro en la zona del jardín republicano, dos en la habitación n.26, y otros dos en el *prae-furnium* del cuarto 27); sellos del periodo de Trajano (uno de ellos se ha encontrado en la habitación n.26 bajo una zona de un relleno antiguo y sucesivamente cubierto con pavimento mármoleo, mientras que de los otros dos ejemplares no se conoce su proveniencia). De los sellos de época severiana que se han encontrado no se conoce su proveniencia, excepto para los seis ejemplares del vano n.59, que se encontraron en la ventana de la bóveda del *prae-furnium*, en una *suspensurae* del vano 27, otro en un canal entre los cuartos 28 y el hipocausto del 27, y otro en una arqueta en el vano n.26 (Figura 32). También se han encontrado sellos en las *suspensurae* de la habitación 29 y en la 33, y otros dos ejemplares en el cuarto n.33, junto con otros ladrillos con sellos reutilizados en distintas habitaciones. Un grupo conspicuo de ladrillos sellados de procedencia diversa se han encontrado en otros contextos, como tumbas.

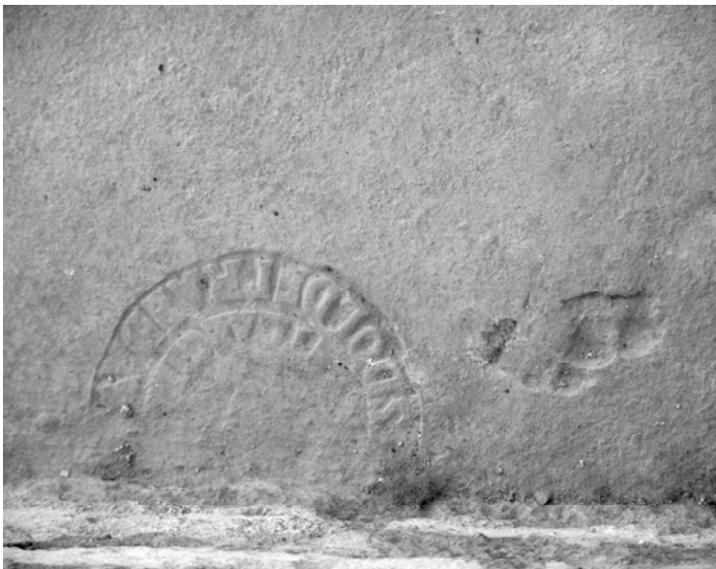


Figura 33 Villa e Livia, sello de un ladrillo presente en el vano 8

Podemos afirmar que a partir del hallazgo de estos sellos, la Villa presenta una primera fase constructiva que se puede fechar en época julio-claudia (en particular augustea); sucesivamente en la segunda mitad del siglo I, probablemente con Claudio o Nerón, podemos definir una segunda fase constructiva. Una fase intermedia de época trajana o adrianea, una actividad constructiva en época severiana, quizás con Caracalla; y una última fase de reestructuración que se fecha en el periodo de Maximiano, o quizás de comienzos del s. IV d.C.

. El espesor del mortero en las llagas también es irregular y poco homogéneo, de color muy oscuro con fragmentos de puzolanas, que indican una preparación poco cuidada. El módulo estructural, es decir, la secuencia del material empleado, en este caso resulta muy alto y difícilmente comparable con ejemplos de época imperial. Volviendo a nuestro estudio de caso, la presencia de estructuras de *opus latericium* en la zona termal, permite que se pueda fechar de una manera diferente que el resto de la villa. En particular, algunos estudios anteriores han permitido identificar dos tipos de muros de *opus latericium*. En el primer caso se trata de una técnica que emplea tejas rotas y corte irregular, realizadas con una masa con pocas impurezas y bastante compacta, de color rojo-rosado.

De cualquier modo, las características técnicas ofrecen noticias bastante fiables para poder fechar los aparejos: por ejemplo, el empleo de tejas rotas es típico del principio de la época imperial. Sobre todo del periodo que va de Tiberio hasta Vespasiano (del 14 al 41 d.C.), la tendencia general es la del empleo de $\frac{3}{4}$ de teja y $\frac{1}{4}$ de ladrillo *bessale* cortado (Lugli, 1957). Solo sucesivamente, es decir, a partir del impero de Claudio y de Tito, en este tipo de aparejos se emplea un porcentaje mayor de ladrillo cortado. Sólo entre el periodo que va desde Augusto al de los Flavios, este tipo de aparejos, en particular, el *opus testaceum* y el *opus mixtum*, presentan el uso sistemático de tejas rotas. Además, hay otras características adicionales que pueden ayudar a confirmar la construcción de este tipo de aparejos entre la época de Nerón y de Domiciano.

En el caso de las Termas de la villa de Livia, la estructura de la fase cronológica que abarca el periodo entre Nerón y de Domiciano, presentan unos aparejos más regulares y ladrillos de color rojo anaranjado y amarillo, mientras que el espesor de las llagas tiene un módulo muy regular. Del mismo modo que ocurría con los aparejos de ladrillo de la fase precedente, se puede pensar que pertenecen cronológicamente a la época severiana, es decir, entre finales del s. II y principios del s. III. Este tipo de aparejo se encuentra en concreto en la zona de las Termas, donde viene usado como soporte del hipocausto de la sala 27, que antes de formar parte de la zona termal debía de tener una función diversa.

- Opus mixtum

Esta categoría incluye los muros construidos con ladrillos asociados a diferentes técnicas. El *opus mixtum*, por definición es aquel aparejo que une *reticulatum* con *testaceum*, y se trata de una técnica muy extendida desde el periodo de Adriano en adelante (desde el siglo II d.C.).

Al final de la República se había empezado a reforzar el *opus reticulatum* con hiladas horizontales de ladrillo o tejas partidas. Durante el periodo imperial esta práctica perfeccionó con la incorporación de refuerzos verticales o cadenas, técnica particularmente extendida en época flavia y la época de Antonino Pío.

- Opus vittatum

El *opus mixtum* forma parte de esta categoría de fábricas mixtas, comienza a definirse en época de Adriano, aunque es más frecuente en las fábricas más tardías; alterna hiladas de ladrillos con otras de toba, y refuerzos de uno u otro tipo de material que se alternan indistintamente.

El *opus vittatum* se usó a partir de época adrianea, asociada siempre al ladrillo, y se convirtió a principios del s. IV d.C. en la técnica de construcción más común: la pared estaba formada por hiladas de ladrillos que se alternaba con paralelepípedos de tufo.

Respecto a la presencia de este tipo de muros en el interior de la villa de Livia, hay ejemplos visibles en la zona del atrio y las habitaciones adyacentes. Los muros son de *opus vittatum* de mala factura, probablemente construido con material reutilizado. En particular, encontramos este aparejo en la habitación 14, en la pared SO del pórtico del peristilo, en la habitación 33 y en la zona de la entrada a la casa, y a lo largo del camino de acceso a la villa. Esta técnica también aparece en la pared de la habitación 45, tras los cambios y variaciones sufridos en la zona, que datan del imperio di Majencio o de Costantino. Se observa que en la mayor parte de los casos *el vittatum* aparece sobre estructura precedente. Las características de esta técnica se mantienen invariables hasta la mitad del s IV d.C.



Figura 34 Villa de Livia, muro de *opus vittatum*



Figura 35 Superposición de muros de técnicas diferentes

Naturalmente, la consideración de los elementos por separado no puede proporcionar indicaciones absolutas sobre la cronología de la villa de Livia. De hecho ni siquiera los muros que pertenecen a la misma época pueden proporcionar datos ciertos. Sin lugar a dudas, pueden aportar información general, pero siempre es necesario llevar a cabo un estudio transversal de todos los elementos; además de la consideración de la estratigrafía, que es importante para la interpretación de la sucesión histórica entre cada capa y entre una pared y otras. En este estudio cruzado se deben analizar todo aquello que pueda dar más información histórica, tales como acabados, pavimentos, decoración, etc.

22. pavimentos

- Opus signinum y cocciopesto

Con el término de *cocciopesto* nos referimos a un tipo de elaboración que generalmente se emplea en pavimentos y se obtiene mediante la mezcla de mortero con fragmentos de cerámica o ladrillos para impermeabilizar la superficie. Si bien es cierto que se usa mucho como pavimento, también se puede encontrar como revestimiento de piscinas o depósitos de agua (Figura 36), precisamente por sus cualidades impermeabilizantes. El *cocciopesto* (Figura 37) se confunde a menudo con el *opus signinum*, con quien comparte muchas características, pero éste segundo tenía buenas características mecánicas y se usaba para obras estructurales.

El *signinum* que encontramos en el interior de la Villa de Livia, sobre todo en los ambientes vinculados al agua (cisterna y *natio*), se empleó como revestimiento impermeabilizante en la cisterna grande, las piscinas e instalaciones termales, *impluvium*, y pavimentos exteriores, pero también aparece como pavimento con función ornamental en espacios cubiertos. Además, la posibilidad de utilizar un repertorio decorativo muy sencillo y a la vez refinado, con una ejecución fácil y rápida, que proporciona una superficie resistente, permitía una duración en el tiempo no indiferente.

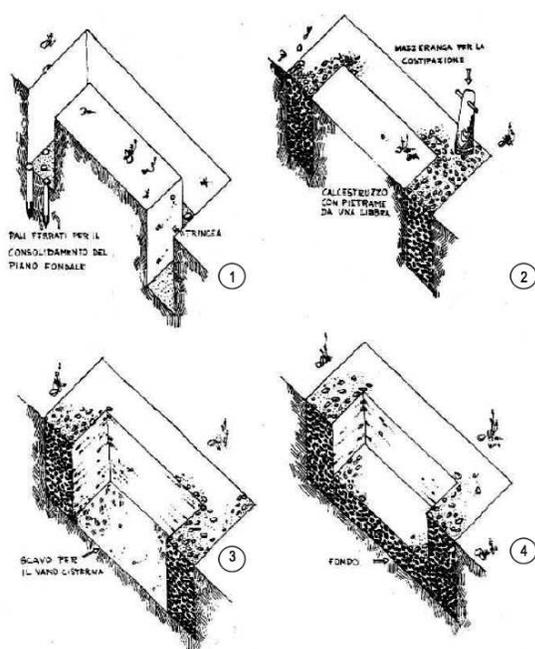


Figura 36 Técnica de construcción de una cisterna en opus signinum (dibujo de CF. Giuliani)

La técnica que se basa en el cocciopesto, material más pobre, mediante la introducción del concepto decorativo, permite su empleo en zonas cubiertas, y se usa con frecuencia en la época a caballo entre la fase tardo-republicana y el principio del Imperio. Evidentemente a lo largo del tiempo se irán introduciendo elementos como bordes, divisiones, o recuadros que otorgan un carácter decorativo y ornamental a estos tipos de pavimentos.

Plinio, en su *Naturalis Historia*, cuando habla del arte de los pavimentos y describe las tipologías más elegantes de mosaicos, señala la tradición del *opus signinum*, del que dice que se trata de un pavimento muy y compacto, resistente e

Esta técnica toma su nombre del centro de producción más importante de la época, Signia, actualmente Segni. Con el tiempo se van introduciendo modificaciones de tipo decorativo, como la introducción de pequeños elementos pétreos dentro de la masa, enriqueciendo el diseño decorativo del pavimento: piedras irregulares de colores o teselas cuadradas blancas, negras y policromas. Aunque se trata de una técnica muy sencilla y esencial, la introducción de estos elementos hace que el acabado sea más elaborado y refinado.

Vitruvio escribe que para su fabricación era necesaria una cal muy fuerte, arena gruesa y grava, que no debía de pesar más de una libra; su preparación preveía doble cantidad de cal que de arena.

de fácil limpieza.⁴⁹ Además, menciona el hecho de que con el tiempo, a partir del s. I a.C., cuando se difunde el empleo del mosaico, y después de los *sectilia pavimenti*, el opus signinum pasa de moda, y abandona las salas de recepciones instalándose en los barrios residenciales. En realidad, en el caso de la Villa de Livia, y de otras residencias periurbanas, este tipo de pavimentos continúa desempeñar una función importante en la arquitectura de interiores (Figura 37).

El hecho de que estos pavimentos se encuentren con tan poca frecuencia indica más bien que, tratándose de un pavimento eminentemente republicano, con el paso del tiempo las viviendas sufren reconstrucciones, y en época imperial, estos suelos se cubrirán con otros más a la moda, que ocultarán los estratos precedentes.

Plinio se refiere solo a los pavimentos realizados con cal y fragmentos cerámicos (cocciopesto), caracterizados por su color rojo, pero en la categoría de *signinum* entran todos los pavimentos realizados apisonados, es decir, todos aquellos con base cementicia blanca o de color.

Esta técnica, cuyas primeras noticias aparecen en el s. III a.C., se empezó a usar por motivos higiénicos y para conferir más resistencia a los suelos, pero es el s. II a.C. cuando su uso alcanza su mejor momento. Mediante el empleo de fragmentos pétreos y teselas cada vez más consistente con el paso de los años, y su colocación de forma casual al principio, y después siguiendo dibujos preestablecidos, se consigue un nivel de acabado muy alto de los interiores, sobre todo a partir del periodo republicano, entre los siglos II y I a.C.



Figura 37 Villa de Livia, detalle del cocciopesto de la natatio



Figura 38 Fragmento de opus signinum a la entrada del vano 56

Probablemente el aumento en el uso de esta técnica será determinante en la formación del repertorio geométrico de la nueva tradición de pavimentos, es decir, el mosaico bicromático al principio y más tarde policromo. Esta técnica constituye esa sobriedad del principio caracterizada por el monocromatismo y la ligereza de la decoración, que pronto será sustituida por la hiperdecoración de los mosaicos de épocas posteriores, algo similar a lo que sucede en la

⁴⁹ En el libro XXXV, donde trata del uso de las tierras afirma: " *Che cosa non escogita la vita usando anche cocci rotti in maniera che i cosiddetti Signini pestati i cocci e aggiuntavi calce siano più solidi e durino più a lungo! Hanno escogitato di fare anche i pavimenti di questo materiale*". Y de nuevo en el libro XXVI, dedicado a piedras y mármoles: " *I primi pavimenti ad essere allessiti credo siano stati quelli noi col nome di "stanieri" (barbarica) e di "coperiti dal tetto" (subtegulanea), che in Italia sono di terra battuta a mazzeranga: il che si potrebbe arguire dal nome stesso. A Roma il primo pavimento a scaglie fu fatto nel Tempio di Giove Capitolino dopo l'inizio della terza guerra punica*".

pintura, que trata de llenar el horror vacui típico de la decoración más tardía. La finalidad de esta técnica es sobre todo crear superficies funcionales, y sucesivamente una decoración y un ornato que se distinguen por su elegancia y esencialidad. Solo más tarde inicia la experimentación figurativa en la que la superficie se convierte en un espacio de creación a través del uso de la geometría, los marcos, bandas decoradas, geometrías y el uso del color. A la decoración mediante esta técnica se llega a través del empleo de fragmentos irregulares o cuadrangulares de pequeñas dimensiones y muy parecidos a las teselas. Al principio serán teselas blancas y negras, que darán paso a las piezas de colores, del mismo modo que las formas geométricas del principio dejarán lugar a motivos figurativos más complejos.

En la villa de Livia aparecen pocos ejemplos de esta técnica. Se trata de restos de pavimentos con teselas de buen tamaño, que se pueden fechar en la época republicana de la villa, fase de la que se conserva muy poco ya que fue cubierta por construcciones y pavimentos sucesivos. En concreto queda aun visible un fragmento de pavimento de color rojo oscuro con fragmentos policromos⁵⁰ que se conserva a la entrada de la habitación 56, en la zona que se abre hacia el peristilio. Se trataba de un resto referible a una fase precedente a la augustea y que probablemente se conservó por una función simbólica o como base para una pequeña dispensa.

⁵⁰La presencia de fragmentos irregulares policromos podría situar cronológicamente este elemento en una fase más tardía, probablemente a finales del periodo republicano.

- Opus spicatum

Esta técnica, utilizada esencialmente para la pavimentación de almacenes, patios, terrazas, y en general zonas descubiertas, se caracteriza por la disposición de ladrillos más pequeños de lo habitual y de forma rectangular, formando dibujos sobre una capa de mortero de espesor variable. El diseño más frecuente es el llamado *esquina de pescado*.

Vitruvio, en *De Architectura*, cuando se refiere a las precauciones a adoptar para la correcta ejecución de pavimentos y capas de preparación, cita esta técnica romana realizada con pequeños ladrillos: “*Sopra si stenda il nucleus, uno strato di cocciopesto mescolato con calce nella proporzione di tre parti per una di spessore tale che il pavimento non sia inferiore a sei dita. Sopra quest’ultimo strato si dispongano i pavimenti tirati a squadra e livella, di lastre tagliate o di tessere a cubetti. Quando questi saranno stati disposti e avranno la pendenza che le è propria, si proceda a strofinarli, in modo tale che, se si tratta di pietre tagliate, non rimanga alcun dislivello fra le losanghe o fra i triangoli o i quadrati o gli esagoni, ma le commisure nell’insieme siano allineate fra loro sullo stesso piano, e se il pavimento è fatto di tessere a cubetti, queste abbiano tutti gli angoli allo stesso livello, poiché se gli angoli non risulteranno uniformemente livellati, la lisciatura non potrà dirsi eseguita come si deve. Così anche i pavimenti a spina di pesce fatti con mattoni di Tivoli (spicata testacea Tiburtina) vanno accuratamente rifiniti in modo da non presentare vuoti né sporgenze ed essere invece spianati e levigati a riga”.* (Vitruvio *De Architectura*, VII, 3.)



Se trata de uno de los tipos de pavimentos más frecuentes en época Imperial. Los ladrillos suelen medir entre 10-12 cm. de largo, 2 cm. de alto (en realidad oscila entre 1,7- 2,6 cm. desde época de César hasta Augusto), y 5-6 cm. de ancho.

Este tipo de pavimento sí está muy presente en toda la Villa: se encuentra en concreto en todas las habitaciones destinadas al servicio o que no están cubiertas.

No es fácil fechar este tipo de pavimentos de manera absoluta, pero mediante la asociación de otros elementos como por ejemplo un muro, se pueden llegar a identificar los restos cronológicamente.

Figura 39 opus spicatum del v. 36

- Opus sectile

Se trata de una antigua técnica utilizada para pavimentos y muros, con piezas pequeñas de mármol y piedras talladas con diferentes formas. Era considerada una técnica muy refinada y apreciada, por los materiales empleados (mármoles poco frecuentes) y por la dificultad en la realización: solía utilizarse para decorar estructuras públicas y privadas, sobre todo en contextos de clase social alta. Se trata de una técnica muy utilizada en época romana.

También aquí, en la villa de Livia, se han encontrado muchos pavimentos decorados con esta técnica. Se trata, obviamente, de las salas de recepciones. Estos suelos son visibles todavía en las áreas 3, 4 y 6, del sector sur, en la

zona oeste del peristilo, en el área que se ha interpretado como la zona utilizada con funciones de representación asociada a áreas destinadas a los invitados. En particular, en los ambientes 3 y 4, se puede ver un suelo de mármol de colores que ha sufrido diferentes daños a lo largo del tiempo. El vestíbulo (sala 4, Figura 40) está decorado con un motivo central rectangular y asimétrico realizado con mármoles de colores (africano, amarillo antiguo, *portasanta*, *pavonazzetto*), el resto del pavimento (sala 3), sin embargo, presenta un patrón más complejo con cuadrados en diagonal realizados con mármol africano y *pavonazzetto*, rojo antiguo o *ardesia*, negro antiguo y amarillo antiguo. Este tipo de técnica que usa mármoles diferentes ayuda a fechar el pavimento en la época de Augusto, o al menos en el siglo I d.C. Algunas intervenciones pueden estar relacionadas con el periodo post-augusto y sus cesivos.



Figura 40. Opus sectile del ambiente 4

La falta de homogeneidad del suelo y la falta de cuidado en su puesta en obra, podría tal vez mostrar que se trata de un pavimento posterior, quizás perteneciente a la época de la reconstrucción de la zona en el período adriano-antonino.



Figura 41. Opus sectile del ambiente 6

Otra habitación (6, Figura 41) está decorada con suelos de mármol caracterizado por diferentes motivos geométricos: rectángulos, triángulos y cuadrados se entrecruzan unos con otros para crear figuras. El motivo no sigue un patrón regular, los diferentes tipos de mármol se combinan entre sí, mediante la combinación de varios colores (*pavonazzetto*, amarillo antiguo, africano, *portasanta* y mármol blanco).

Otra estancia que también pudo estar decorada con esta técnica, debía de estar justo por encima del famoso *tridinium* semi-subterráneo con decoración de las paredes con pinturas de jardines, pero no queda rastro de ésta, y solo tenemos noticias de los restos de baldosas de mármol gracias a las fuentes, que fechan este pavimento en el siglo I d.C.

- Opus musivum

La técnica del *signinum* es sin duda precursora en la utilización y desarrollo de estas nuevas técnicas de decoración del pavimento como el mosaico, que en un principio se trataba de una decoración en blanco y negro y sucesivamente policromada, típico de la decoración romana. Los motivos decorativos que ya se usaban en otras técnicas de pavimentos más antiguas, se transferirán a este nuevo tipo de decoración, encontrando motivos decorativos como las sinuosidades, retículas, rombos, etc.

Los primeros testimonios de este tipo de pavimento en Roma comienzan a aparecer a finales del siglo III a.C., pero será sólo mucho más tarde cuando se podrá encontrar de forma habitual en viviendas particulares, sustituyendo los suelos de tierra batida y creando superficies más resistentes e impermeables. Inicialmente empleado con efectos prácticos, posteriormente, gracias a los intercambios culturales con otros pueblos, se va a desarrollar un interés por la estética y la elegancia de la decoración. Los patrones geométricos más simples al principio serán sustituidos por temas más complejos y elaborados, y por la introducción de temas figurativos y vegetales: los motivos decorativos bícromos (blanco y negro), poco a poco van siendo sustituidos gracias a la introducción de la policromía (evolución hacia el *opus sectile*).

La mayoría de los pavimentos de la villa de Livia son de mosaico: los mosaicos relativos a la primera fase tienen las teselas más pequeñas que las de los mosaicos más tardíos, son de color blanco y negro, con líneas simples que rodean todo el perímetro. Han sido encontrados en diferentes ambientes, como en 1, 45, 51 y 56: es decir, en el área donde se encontraba la zona más antigua de la Villa, que es la zona del atrio y los cubículos, y de los ambientes subterráneos (estos últimos, antes de transformarse en triclinium con salas anexas, tenían una función de sótanos). Los mosaicos de la etapa sucesiva, es decir, del siglo II d.C., se pueden ver en las salas de 5, 23, 57 y 58, y presentan una decoración que ya no es sólo geométrica, sino que también presenta motivos figurativos o florales. También se observan restauraciones posteriores de mosaicos antiguos, como sucede en la zona de los ambientes 50, 51 y 56, donde encontramos las teselas más grandes (y pertenecientes a un período más tardío, del siglo II d.C.), que cambian parcialmente el diseño decorativo de algunas habitaciones. Las últimas restauraciones de época severiana y sucesiva, modifican los pavimentos de las habitaciones 30, 44 y 45 con representaciones geométricas y figurativas.



Figura 42 Vano 56 umbral hacia el vano 54



Figura 43 detalle del umbral del vano 54

De acuerdo con el estudio de los detalles técnicos y decorativos de los mosaicos también es posible en este caso, realizar una subdivisión de los ambientes de la villa dependiendo de su cronológica. Por ejemplo, los pavimentos de los cubículos de la zona privada de la villa, se pueden fechar en la fase cronológica original: se trata de mosaicos que presentan mosaicos de color blanco enmarcado por teselas de color negro.

La misma decoración se encuentra en otras habitaciones de la casa, aunque a menudo ha sido cubierta en modificaciones posteriores, donde la decoración simple a base de motivos geométricos ha sido sustituida por representaciones pictóricas: este es el caso por ejemplo de las habitaciones 23, 5, 57 y 58.

De esta manera, a pesar de que lo que está visible se refiere a períodos posteriores, bajo estos pavimentos quedan restos cronológicamente anteriores que permiten la reconstrucción de los ambientes de la fase original.

Finalmente, los pavimentos con complejas representaciones geométricas (recuadros, sinusoides, etc.) permiten fechar las habitaciones de la Villa en las etapas finales, cuando todo el conjunto arquitectónico sufrirá una serie de modificaciones definitivas.

23. LA DECORACIÓN PICTÓRICA PARIETAL

Otro elemento de gran utilidad en la determinación de las fases de las arquitectónicas de un complejo arqueológico es, sin duda, el estudio y análisis de la decoración parietal.

La pintura de época romana que conocemos, procede fundamentalmente de contextos domésticos, y en concreto de los ejemplos de Pompeya y el área vesubiana. La técnica utilizada para este tipo de decoración es la de la pintura al fresco, en la que el color se extiende rápidamente sobre una capa de mortero todavía fresco para permitir una reacción química que fije la pintura. El uso de colores naturales de origen mineral (tierra, silicatos, grafito, etc.), diluidos con agua para extenderlos sobre el mortero todavía húmedo, hace que la decoración sea muy resistente, permitiendo que estas pinturas hayan sobrevivido hasta nuestros días.

En la pintura romana se pueden distinguir cuatro estilos de pintura llamada Pompeya, de acuerdo con la definición y subdivisión de un estudioso alemán de fines del siglo XIX, que, basándose en criterios arqueológicos y estilísticos de las pinturas murales de Pompeya, demostró la existencia de un cierto tipo de elementos decorativos.

En caso de la villa de Livia, se han conservado una gran cantidad de fragmentos de pinturas parietales, (las hay dispersas por toda la zona pero también quedan todavía in situ), que demuestran la riqueza de la decoración de la residencia imperial en un lapso de tiempo que va desde el siglo I a.C hasta el siglo II d. C. y que se pueden incluir en el final del segundo estilo y el cuarto estilo pompeyano.



Figura 44. Ejemplos fragmentos con restos de decoración parietal de la Villa

En cuanto a la decoración parietal todavía in situ, por desgracia hay pocas referencias, en su mayoría quedan fragmentos de la decoración, sobre todo los zócalos de las paredes, y no permiten una datación segura. Generalmente se trata de bandas monocromáticas con dibujos de recuadros y marcos, que crean una división geométrica del espacio. Estos fragmentos de decoración son visibles en particular en la zona de los cubículos y las habitaciones adyacentes al triclino, que tal vez sean las que menos han sufrido alteraciones y modificaciones en el tiempo, y que podrían

pertenecer a la fase inicial de la villa, en particular, entre finales del segundo estilo y el tercero, o como mucho serían contemporáneos a la restauración de los suelos de estas habitaciones.

En la zona del atrio, sin embargo, queda un fragmento de la decoración que se salvó de la destrucción gracias a la presencia de un basamento adosado a la pared (Figura 45): aquí, queda parte de la decoración de la pared con fondo negro, y motivos figurativos formados por pequeñas máscaras inscritas en un círculo que alternan con la vegetación estilizada, formando un módulo que debía de repetirse en todas las paredes del ambiente. Se trata de una decoración de tercer estilo, que coincide con el imperio de la dinastía Julio-Claudia.

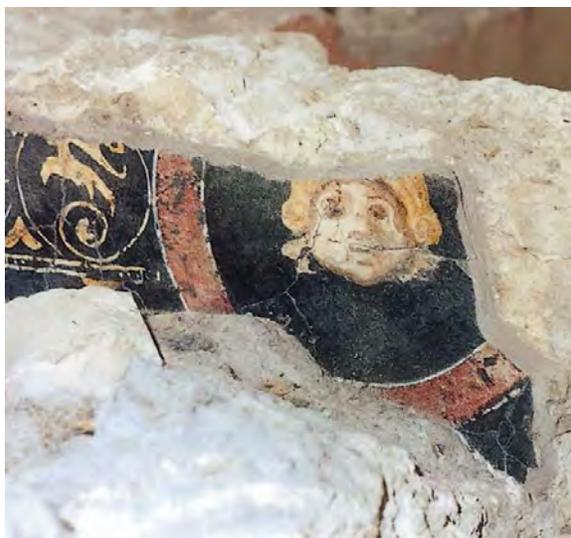


Figura 45 Decoración parietal del atrio

Este estilo revierte por completo la perspectiva y la tridimensionalidad típicos del segundo estilo, que se caracteriza por las representaciones planas sobre fondos monocromáticos, generalmente de colores oscuros, en cuyo centro presentaban cuadros pequeños que representaban escenas de diversos tipos. Pero también forma parte de la decoración de III estilo, otro ejemplo de la casa de Livia: la pintura de jardín del triclinium semi-subterráneo, que representa de una manera realista un jardín exuberante con árboles frutales, arbustos, flores y pájaros (Figura 46).



Figura 46 Detalle de la pintura a fresco del triclinio subterráneo

Siempre en el ámbito de la pintura mural, destaca la decoración del entorno de la zona SO. de la Villa, donde se han encontrado pinturas murales en buen estado de conservación (*Figura 47*): sobre unos zócalos de color rojo con marcos de un tono más claro, hay unos recuadros que encierran columnas blancas y candelabros, motivos decorativos con plantas y animales, figuras mitológicas (caballitos de mar, por ejemplo) y fragmentos de objetos desconocidos.



Figura 47 Detalle de las pinturas del ambiente 9 de La Villa

La decoración es de IV estilo, y se caracteriza por la presencia de pinturas que imitan a los revestimientos arquitectónicos y mármol, con adornos como candelabros, figuras aladas, y brotes vegetales, que si son más típico del IVe estilo que del III. La pintura nos permite fechar esta zona de la Villa en el periodo adrianeo-antonino.

En cuanto a los fragmentos dispersos procedentes de los distintos ambientes de la casa, o peor aún, de contexto desconocido, como ya hemos dicho, también pueden relacionarse con un período de tiempo que va desde finales del II estilo al IV, y presentan los elementos típicos de la pintura romana (motivos vegetales estilizados, palmeras, motivos geométricos, etc.). Junto a estos, se han podido datar otros fragmentos en un período posterior, lo que confirma el uso del conjunto arquitectónico hasta la época Severiana y más allá.

Muchos elementos de decoración arquitectónica provenientes de la Villa proporcionan información interesante sobre la historia y las fases de construcción: losas, canaletas, gárgolas, remates, nos permiten fechar las estructuras y los lugares en los que se encontraron.

En conclusión, el estudio de todos estos detalles, tanto arquitectónicos como decorativos, permite subdividir el complejo arquitectónico en fases cronológicas, obteniendo un primer criterio de selección en la interpretación de las estructuras y su reconstrucción virtual.

3. LA ESTRUCTURA DE LA VILLA

La principal dificultad encontrada en la interpretación de la villa de Livia surge de la imposibilidad de conocer, a día de hoy, los límites de ésta, además no se tiene información suficiente para delimitar ni la *pars rustica* ni sus dimensiones.

La superposición de los elementos y la existencia de anteriores estructuras que han sido reutilizadas, a menudo hacen que sea difícil de interpretar la arquitectura. De hecho, en nuestro caso existe una clara continuidad en el uso del sitio y una clara relación con los asentamientos arcaicos preexistentes. En la villa de Livia se observa toda una serie de modificaciones realizadas a lo largo de los siglos, con distintas técnicas constructivas que se superponen, y que permiten distinguir al menos cinco fases de vida. (Figura 53).

La Villa, como la mayor parte de las estructuras de los siglos II-I a.C. de los alrededores, se construye sobre un edificio de época republicana (s. II-I a. C.) realizado en *opus quadratum*, orientado de forma distinta, como suele ocurrir en otros casos (Figura 48), por ejemplo, la villa del foso de Montegiardino o la villa de via Tili (De Franceschini, 2005).

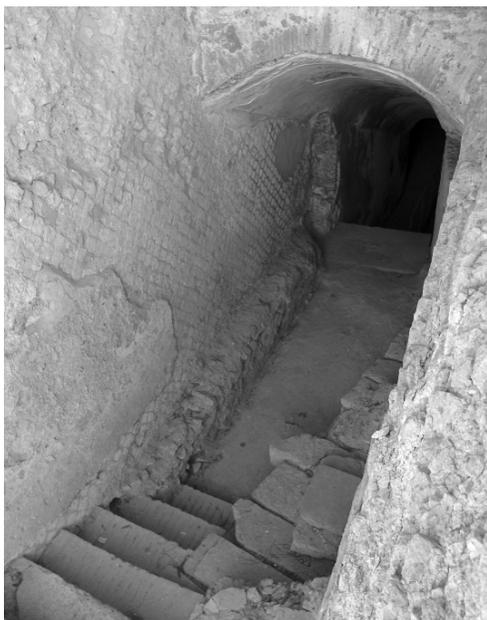


Figura 48 Escalera de acceso a zona subterránea.



Figura 49 Restos del edificio republicano visibles en el jardín republicano.

En plena época imperial, en los siglos I y II d.C., la villa perdió probablemente su importancia, convirtiéndose en una de tantas que poseía la casa Imperial. Sin embargo no fue abandonada, sino que además se hicieron una serie de cambios en la estructura: por ejemplo, se amplió la zona termal, realizando uno independiente (quizás con función semipública) y la cisterna. (De Franceschini, 2005).

Para el visitante de la Villa resulta muy complicado comprender su funcionamiento, sobre todo por todas las modificaciones sufridas a lo largo del tiempo, especialmente las que datan de época Severiana, cuando se realizan en la Villa una serie de cambios en los recorridos, se cierran huecos y se realizan pequeños cambios. La arquitectura doméstica romana no presenta grandes dificultades estructurales ya que generalmente se trataba de espacios de

dimensiones modestas: las relaciones de proporción entre las partes, los órdenes de columnas y entablamentos, dependen de consideraciones estéticas y técnicas.

Los romanos, al no emplear métodos de cálculo basados en la capacidad portante de los materiales ni con límites de rotura, tendían a sobredimensionar las estructuras y las cimentaciones para garantizar la seguridad. No se trata del caso que nos ocupa. La villa de Livia de Prima Porta, precisamente porque se trata de una estructura que se apoya en otra preexistente de dimensiones más modestas, tendrá que reforzarse en determinadas ocasiones en que se produce un cambio de uso (Figura 50).

La disposición de los espacios sigue la distribución lógica de las casas romanas, aunque la ausencia de límites de la Villa y de la *Pars Rustica* hace más difícil las hipótesis reconstructivas. Además hay que tener en cuenta las necesidades de los dueños: la casa de Augusto y Livia debía de reflejar el carácter del propietario y poseer una serie de espacios adecuados a las recepciones.

Analizando la Villa resulta evidente el diálogo continuo entre espacios cerrados y abiertos. Cada zona estaba construida según unos módulos que contenían una zona abierta: el atrio con su patio central, el *peristilio* con un gran piscina descubierta, la zona de *cubicula* con el llamado jardín pequeño o republicano, las termas, en época flavia con el frente de la cisterna organizada como un ninfeo; para acabar con un espacio abierto de mayor dimensión conocido como jardín imperial. La relación con el paisaje que rodeaba la Villa debía de tener un papel importante en la organización del espacio.



Figura 50 Muro doble para reforzar la estructura entre los ambientes 23 y 24.

Basándome en los datos que había sobre las distintas campañas de excavaciones arqueológicas, a las comprobaciones estructurales mediante estática gráfica y a los paralelos tipológicos, he realizado una hipótesis de la Villa que se desarrolla en una única planta a excepción de la zona NO donde aun son visibles los restos de una escalera en piedra que conduciría a una hipotética segunda planta. Bajo la Villa hay toda una serie de galerías subterráneas y espacios relacionados con las termas severianas.

Para poder tener una visión de conjunto de la Villa he optado por reconstruir todos los espacios de los que existe constancia realizando volúmenes esquemáticos allí donde no había datos suficientes, esto permite tener una visión global que ayuda a entender mejor el funcionamiento del edificio. Por ejemplo, en la zona sur apenas se ha excavado, pero a partir de los datos sobre la existencia de unas bases de columnas que no están documentadas en planos pero que el arqueólogo que excavó recordaba, se ha podido hacer una hipótesis de un pórtico que unía la zona del jardín grande con la zona meridional. En esta reconstrucción el sistema de terrazas artificiales se apoya en una serie de muros de contención, que aún son visibles.

3.1 Fases arquitectónicas y apuntes sobre la transformación morfológica en el tiempo del edificio.

Por las razones expuestas en las páginas anteriores, se pueden determinar cinco fases principales de la Villa:

Primera fase:

Durante el siglo I a.C. fue construida la villa tal y como es visible actualmente, y debía de existir al menos desde el 38 a.C., cuando Livia se casó con Augusto, y fueron a la finca de la familia en Prima Porta. La planta se reconstruyó parcialmente, sobre la base de los muros conservados en *opus reticulatum*. Los locales subterráneos existentes (n.1) se transformaron en un nuevo vestíbulo para una sala hipogea, ricamente decorada con frescos. La villa tenía un atrio residencial (22) con *impluvium*, al que se abría el triclinio 58. Muy cerca había un pórtico con forma de U (n.48) al que se asomaba el tablinum (n.51), flanqueado por dos cubícula. La entrada principal y monumental a la villa, debió de ser diseñada para impresionar a los visitantes con la grandiosidad de su estructura; la entrada estaba en el lado sur, y había una escalera con rampas y escalones para acceder a la Villa. Al este del edificio fue una gran área cuadrangular, presumiblemente con criptopórticos; Kahler vio algunos restos y se presume que podría haber estado organizado como un jardín. En la parte superior de la colina había un camino secundario, en la zona noroeste, rodeado por un muro de *opus reticulatum*.

Segunda fase:

Durante el s. I d.C. se hicieron unas obras para ampliar la Villa, con la construcción de una gran cisterna, cuya orientación oblicua tuvo en cuenta la existencia de la carretera pavimentada que había más arriba.

Ya en esa época se construyó la primera parte de la zona termal, de la que parece que existió una primera fase más antigua, que desapareció bajo la ampliación, pero de la que se conservan restos de calderas metálicas para el agua. A la misma fase del principio del Imperio, pertenecen los pavimentos de *opus sectile* de los ambientes 3, 4, 6, 7, en el contexto de una reconstrucción de la zona alrededor de la sala 2, que incluyó probablemente la construcción de un pabellón encima del antiguo triclinio semi-subterráneo.



Figura 51 Hipótesis reconstructiva del vano 5 en época Adrianea-Antorina: detalle del pavimento

Tercera fase:

Durante el siglo II, la zona termal fue reconstruida y ampliada, cerrando las ventanas de la sala 26 que se abrían hacia la cisterna para convertir este espacio en un *frigidarium*, creando un *calidarium* en el ambiente n.29. Al mismo tiempo, fue construido (o renovado), el pórtico rústico (43), situado al norte, en el punto en el que llegaba la calzada pavimentada.

Cuarta y quinta fase:

En un período posterior (III d.C) la Villa sufrió más modificaciones. Ya en época de Adriano habían sido restaurados los mosaicos antiguos, por ejemplo, el del cubículo 50. En época severiana los pasillos 24 y 44 fueron reconstruidos utilizando para los pavimentos el modelo sinusoidal; también el triclinio 58 tuvo un pavimento nuevo. Los recorridos del interior de la casa también cambiaron. Se cerró la puerta entre las habitaciones 10 y 12, enmascarándola con un fresco que reproduce más o menos las pinturas ya existentes. Las puertas de la habitación 3 también se cerraron. La conexión entre el área de servicio de 12-15 y la zona termal se interrumpió, cerrando la puerta este de 13 y 15, y se creó una nueva entrada en 12a.

La villa de Livia sigue un camino evolutivo similar a la de otras villas de la zona alrededor de Roma, con una serie de modificaciones, renovaciones y ampliaciones. Construida sobre un edificio existente de época republicana (II-I a.C.) que tenía una zona productiva de la que queda una pileta para pisar la uva en el bajo la habitación n.41. El estatus imperial se observa en la singularidad de la decoración, en primer lugar por el triclinio semi-subterráneo con magníficos frescos que representan un jardín, y a continuación, por la cerámica y la escultura de gran calidad, como la estatua del Augusto de Prima Porta. El tamaño de la villa y los muros de contención con criptopórtico hacen de esta Villa un caso singular similar a otras construcciones de lujo de comienzos de la época imperial, como la villa de Volusii in Lucus Feroniae.

En plena época imperial, en los siglos I y II a.D, la villa probablemente perdió su importancia, convirtiéndose en una de tantas de propiedad de la casa imperial. No fue abandonada, es más, se construyó y expandió la zona termal, de tipo independiente a pabellón de (tal vez para darle un uso público), y la cisterna: este tipo de cambios se atestiguan en muchas otras villas de la zona del Agro-romano. La redecoración de época severiana con mosaicos de estilo óptico, se da en otras villas del Agro y atestiguan su uso en época más tardía. El abandono de la casa se produjo en el último período del Imperio y su destrucción fue causada por un incendio.



Figura 52 Villa de Livia. Planimetría que muestra las diferentes técnicas constructivas presentes in situ.



Figura 53 Villa de Livia. Plani métrica con las fases cronológicas.

4. EL PAISAJE COMO CONTEXTO DE LAS RECONSTRUCCIONES VIRTUALES: EL PAISAJE ARQUEOLÓGICO Y EL PAISAJE ANTIGUO

La reconstrucción del paisaje arqueológico es una actividad continua en la que se desarrollan una serie de cambios y en la que se puede comparar la diferente información a disposición con el objetivo de proponer distintos paisajes percibidos. Los episodios de arquitectura se deben contextualizar en un paisaje acorde con el momento histórico en que se representan.

Vivimos dentro del paisaje arqueológico (Figura 54). Observando sus aspectos diacrónicos podemos encontrar toda una serie de huellas del paisaje antiguo, que, por desgracia, no podemos recordar ni tanto menos reconstruir en su totalidad. Mediante una metodología basada en la multidisciplinariedad y a través de tecnologías digitales integradas; podemos estudiar su dimensión contemporánea y recoger tanta información como sea posible. Es importante evitar cualquier proceso de interpretación en la recogida de datos y de información en general, para poder reconstruir su dimensión dinámica e histórica natural de forma eficaz: de este modo se podrán analizar los aspectos culturales, ecológicos y estudiar sus posibles relaciones. En definitiva se trata de no separar el conocimiento de la comunicación; al contextualizar un paisaje intentamos de manera científica y comunicativa codificar el sistema que se estudia para luego decodificarlo para el público.



Figura 54. Reconstrucción virtual del ninfeo de Egeria, en su estado actual (izquierda) dentro del paisaje arqueológico, y del estado que pudo haber presentado en el siglo II d.C. (derecha) dentro del paisaje antiguo. VHLab, IT ABC, CNR, Roma, 2004.

4.1 Percepción y realidad virtual en el paisaje.

Un sistema de realidad virtual es un conjunto de información compleja disponible a través de un proceso de retroalimentación o "feed back" (Forte, 2000): con la interacción hay un intercambio de información y de los contextos entre usuarios y ambiente. En general la realidad virtual se considera una herramienta comunicativa que aúna factores estéticos con fines didácticos y educativos. Esto es cierto, pero se tiene que considerar la RV principalmente como herramienta científica para poder conseguir de manera progresiva un nivel del impacto cognoscitivo a través de un espacio informativo.

En el caso de la arqueología del paisaje este factor es muy importante porque multiplica la capacidad de lectura de los contextos antiguos y los arqueológicos en el mismo ámbito virtual de la realidad: el ambiente físico y el ambiente virtual representan dos sistemas correlacionados de un mapa cibernético (Dodge & Kitchin 2001).

Desde el punto de vista tecnológico, un sistema de RV es un ambiente inmersivo de simulación donde podemos navegar en tiempo real, sin que existan trayectorias predefinidas.

Hay tres condiciones para definir un sistema de RV: la tridimensionalidad (3D), y las facultades de ser inclusivo e interactivo en tiempo real. La percepción dentro del entorno 3D multiplica la facultad de percepción (GIS and perception, Latalova et al. 2000): la luz cambia los factores ambientales, los puntos de vista múltiples cambian las perspectivas de la observación, el movimiento en tiempo real ofrece un cambio continuo dentro del ambiente. Cuanto más complejo es el ambiente virtual, mayor es el factor perceptivo. Parece claro que los sistemas de RV pueden dar resultados muy interesantes si se aplican al paisaje arqueológico antes y después la reconstrucción (Forte, 2003). De hecho, en la Realidad Virtual, podemos tener una percepción espacial en la exploración de ambientes artificiales, estimulando nuestra percepción en todas las direcciones para entender nuevos ambientes.

4.2. Paisajes reales y virtuales.

Tradicionalmente la arqueología ha trabajado con información que difícilmente viene decodificada y que resultan de difícil acceso al público. Cuantas más herramientas tenemos, más fácil es entender el paisaje y las relaciones que se dan en él, y la capacidad cognoscitiva aumenta de forma evidente.

¿Cómo comunicar el patrimonio a una mayor cantidad de público no especializado? ¿Cómo conseguir que el público contextualice lo que está viendo, el ambiente en el que se desarrolló una cultura determinada o se construyó un edificio concreto? Entiendo que los sistemas de realidad virtual pueden ser una solución a este problema. Existen ejemplos en Italia que han demostrado buenos resultados, además del proyecto Via Appia Antica (VH Lab, ITABC, Roma), el proyecto de Bologna, Nume (Guidazzoli, 2000), Bononia virtual (Pescarin, 2001), o el museo virtual de Certosa (Guidazzoli et alii, 2005). En la realidad virtual es necesario que exista una regeneración para explorar un sistema: de hecho aprendemos con la diferencia que creamos entre nosotros y el ecosistema (Bateson, 1972).

El laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad (LMVC) de la universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Realizó en 2004 la reconstrucción virtual del Born y de la Barcelona comienzos del siglo XVIII. Se trata de uno de los casos de estudio más interesantes de reconstrucción urbana y junto con el resultado del trabajo, se expuso la metodología y el proceso de alzamiento de los modelos virtuales. También se hizo una maqueta exacta del actual estado de los restos arquitectónicos/arqueológicos del mercado del Born⁵¹.(Figura 55).

⁵¹ El resultado de este trabajo está publicado en el Congreso Internacional Ciudad y territorio Virtual, Barcelona 2004.

J. Roca Cladera. *Las nuevas tecnologías en la gestión y la valoración del Patrimonio Arquitectónico. El ejemplo del Born en Barcelona*. Museo, VII jornadas de Museología



Figura 55. Reconstrucción del Borne de Barceloneta en el XVIII, izquierda visión holística, a la derecha Santa María del Mar, Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad, ETSAB

La teoría del *mindscape*, un paisaje virtual percibido e interpretado por los mapas mentales (Forté 2002, 2004), demuestra que el uso de la realidad virtual es un factor dominante para la reconstrucción de mapas mentales antiguos porque implica la manera con la cual percibimos la información en el tiempo y la ubicamos en el espacio.

En la ecología de Bateson, sin los mapas no podemos interpretar el territorio, porque el mapa es el código; de esta misma forma, una aplicación de realidad virtual puede ser el mapa del paisaje, una especie de alfabeto.

Ante esta perspectiva, las tecnologías digitales, la arqueología y la antropología pueden tener un papel social muy importante en la lectura del territorio y en la transformación de la percepción del paisaje. La comprensión del paisaje tendrá un impacto social en la población local, en los turistas y los visitantes que, sin los “mapas” no disponen de la información sobre la interacción en el ambiente. Finalmente, cada proceso del desarrollo sostenible no puede dejar aparte la adecuada percepción del paisaje arqueológico y antiguo, y esto va a ser garantía de la valoración y transmisión del patrimonio. Incluso los investigadores y eruditos pueden conseguir buenos resultados en el uso de RV para la interpretación del paisaje. Se puede usar, dentro de un ambiente inmersivo o semi-inmersivo, el paisaje para contextualizar y verificar o no las hipótesis de trabajo.

Según una perspectiva holística tenemos que considerar el paisaje como un sistema dinámico donde se dan una serie de relaciones, es decir, un ambiente vivo. La base de la actividad de la reconstrucción es la integración de las actividades en los procesos *top-down* y *bottom-up*, una combinación de la información comunicativa y perceptiva (el *mindscape*) con la morfología física (el *mapscape*). Esta integración contempla el uso de las distintas técnicas en la fase de toma de datos como GIS, DGPS, fotogrametría, etc.

Un paisaje virtual “abierto” es realmente un espacio de experimentación, donde los usuarios y las comunidades científicas pueden dialogar libremente y mejorar sus experiencias a través de la experiencia de cada uno. El museo del paisaje, tiene que aunar todos los comportamientos y relaciones del presente y del pasado. Para construir un ambiente tan complejo la simulación, es necesario seguir un protocolo digital en la reconstrucción, a partir de los datos de campo y para confluir en un sistema de RV y en web. Este proceso, que abarca desde el conocimiento a la comunicación, es la base para lograr un sentido perceptivo del paisaje, mediante una nueva manera de aprender y comunicar.



Figura 56. Villa de Livia. Foto aérea con vista de la Villa (marcada en rojo) y del paisaje circunstante (foto Seat)

1. HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA DE LA VILLA DE LIVIA EN ÉPOCA AUGUSTEA: REFLEXIONES DEL PROCESO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS GRÁFICO.

1.1. Punto de partida del proceso y consideraciones previas.

Para poder interpretar los restos arqueológicos de la Villa de Livia de Prima Porta, además de los obligados estudios sobre los aspectos técnicos, es necesario hacer una serie de consideraciones sociales. La villa fue construida en un momento en que la arquitectura romana había prácticamente alcanzado el más alto nivel tecnológico y no había límites de carácter técnico. Para entender la arquitectura de la edad augustea debemos tener en cuenta la política del Primer Emperador, que oscila entre el respeto de la tradición romana y el intento de establecer un régimen monárquico de tradición helenística¹. A través de la decoración y de la estructura arquitectónica, el edificio presenta una refinada elegancia, sin mostrar nunca una excesiva ostentación². El estatus imperial se muestra en la excepcional decoración de las habitaciones y de algunos elementos, como el triclinio subterráneo, con sus magníficos frescos con pinturas de jardín, o las exquisitas cerámicas y esculturas, como la estatua de Augusto laureada. Estas consideraciones, son un requisito previo para poder interpretar la Villa que, con materiales modestos³ pero de buena factura, ocupa una posición dominante en la colina de Prima Porta.

Para poder interpretar la arquitectura de la villa de Livia y la función de sus ambientes, he comenzado con el estudio de las técnicas y de la lógica constructiva, ayudado por el análisis de estática gráfica cuando ha sido necesario realizar comprobaciones estructurales. Contemporáneamente he realizado una investigación filológica estudiando otros ejemplos de arquitectura coevas, mediante el análisis comparativo de las tipologías constructivas, arquitectónicas y de los programas decorativos. El análisis de la arquitectura antigua y de los elementos constructivos es fundamental para su correcta interpretación. El estudio del contexto histórico, de las técnicas constructivas, y del *instrumentum domesticum*, aportan una visión general fundamental para la correcta interpretación de la arquitectura.

El estudio del monumento desde un punto de vista técnico sirve para establecer el carácter, la función y la esencia. La técnica constructiva es el resultado de un conjunto de aspectos físicos (como por ejemplo los materiales disponibles) y técnicos (tecnología a disposición e instrumentos) fuertemente ligados a aspectos socioeconómicos. El estudio de los modos de construir de un edificio parte de su contexto histórico, que es determinante para interpretar su arquitectura. Por este motivo he realizado una serie de estudios arquitectónicos comparativos para cada sector de la Villa, confrontándolos con otros ejemplos coetáneos; algunos de éstos son: la villa de Oplontis, las casas de Augusto y Livia del Palatino, la villa de la Farnesina, la villa de Volusii en Lucus Feroniae, la villa dei Misteri, la villa de Castel di Guido, la villa de Casal Morena, etc.

En la reconstrucción que propongo he querido ir más allá de la geometría e introducir el color como parte importante de la arquitectura romana. La reconstrucción que se propone, gracias a las nuevas tecnologías informáticas,

¹ Mar, R. El palati. *La formacio dels palaus imperials a Roma*. Tarragona, 2006.

² La austeridad de Augusto la atestigua el historiador Svetonio cuando a propósito de la casa del Palatino dice que “no (era) agradable ni por lujo ni por comodidad, porque no tenía nada más que pequeños pórticos con columnas de peperino y habitaciones sin ninguna decoración marmórea ni pavimentos con figuras” (Augusto, 72, 1–2).

³ Para la construcción de la Villa se usaron materiales baratos procedentes de las proximidades: tufo, travertino, peperino y arcilla. Los materiales de más valor se usaban en los interiores o en detalles (estructurales o decorativos).

permite devolver la imagen de edificios y arquitecturas lo más cercana posible a la que debieron de tener en el momento en que fueron concebidas y realizadas. El resultado es una representación de un edificio con una arquitectura y una decoración discreta, que mediante el uso de unos elementos de gran sencillez, muestra un refinamiento propio de una residencia Imperial.

A través de la reconstrucción virtual de la Villa, he querido proponer nuevas preguntas y respuestas, proporcionando, respecto a la arqueología tradicional, una alternativa a la interpretación y una de las soluciones concretas posibles, con la aplicación de una metodología que se apoya en comprobaciones arquitectónicas y estructurales para revalidar las hipótesis reconstructivas. Además, la capacidad del modelo tridimensional para resolver de forma gráfica una serie de cuestiones interpretativas hace de éste un instrumento de comunicación fácil y eficaz del Bien Cultural. Sin embargo no conviene olvidar que las maquetas virtuales pueden llevar a engaño si no se acompañan de una adecuada investigación histórica y filológica y deben realizarse con gran atención desde un punto de vista arquitectónico y artístico. Es conveniente que estas representaciones virtuales se hagan de acuerdo con una metodología rigurosa como la que planteo en esta Tesis, que pueda validar científicamente y justificar cada una de las decisiones reconstructivas tomadas. De esta forma la maqueta digital se transforma en un instrumento de investigación científica para el uso *in primis* del personal especializado.

1.2. Tipos de visión: niveles de detalle (LODS)

Se pueden establecer diferentes niveles de detalle a la hora de plantear una hipótesis reconstructiva. Dependiendo del tipo de visión deseada, las maquetas se construirán adecuándose a los niveles determinados. La definición de los niveles de percepción con los que se va a trabajar es muy útil para determinar el grado de detalle en cada caso de estudio. Imaginemos el paisaje como un conjunto fractal: a partir de un sensor de satélite podemos ver un píxel de 30-15-10 m hasta a 60 cm de la resolución; en el campo, el levantamiento de un monumento realizado con escáner láser llega a 2-6 mm de precisión, y un objeto se puede medir en un rango de micras. Por lo tanto, aunque en términos absolutos, la exactitud no existe, pero sí existe la facultad de elegir la mejor relación entre el contenido de la información, la representación y la comunicación, de manera que definiendo los niveles de visión, se determinan los niveles de detalle (en inglés *LOD- levels of details*).

Para el caso concreto que nos ocupa, se han determinado tres LOD: en el primero encontramos el territorio, con una resolución de 100 metros; en el segundo nivel se ha trabajado con aproximadamente 10 metros de resolución; y el tercer y último nivel es en el que se encuentran las zonas de interés que se estudian en detalle, con 20 centímetros de resolución (figura 1). Este sistema de niveles perceptivos hace que el grado de definición del objeto representado se adapte al punto de vista del espectador. De esta forma se asegura que la visión a macro escala contenga toda la información pertinente con un tiempo y una velocidad de desplazamiento inmediata, esto se consigue reduciendo el nivel de complejidad de los objetos 3D, es decir, disminuyendo la calidad visiva de manera que sea imperceptible desde la distancia a la que el espectador se encuentra.



Figura 1. Niveles de detalle: De izquierda a derecha los tres niveles de visión de la reconstrucción virtual de la villa de Livia en su estado actual: primer nivel, vía Flaminia, segundo nivel la villa en la colina de Prima Porta, tercer nivel estado actual de la Villa.

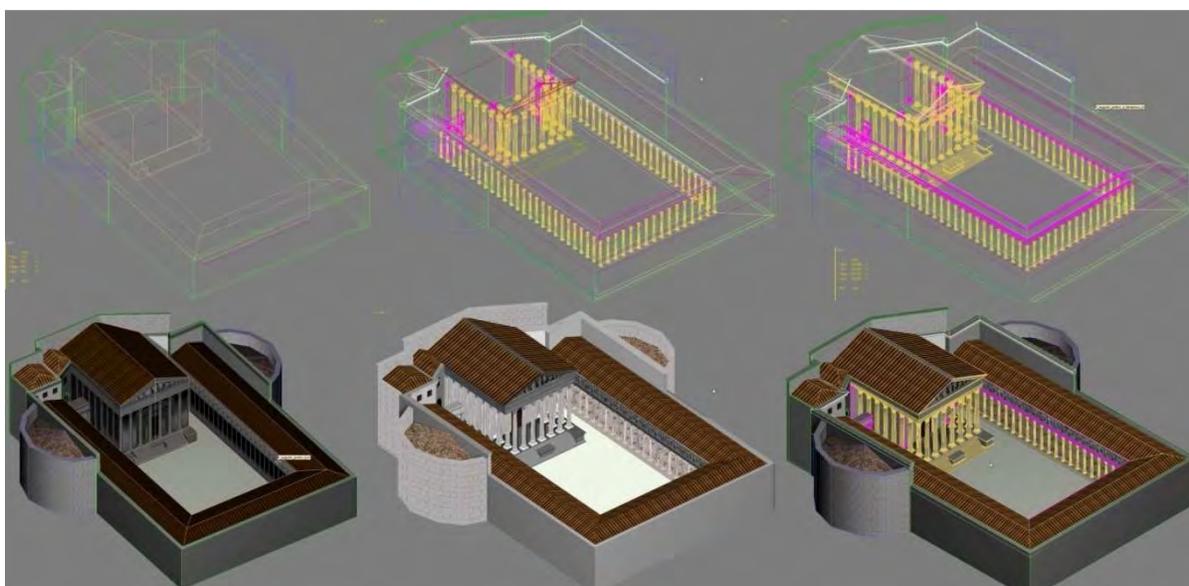


Figura 2. De izquierda a derecha los tres niveles de visión de la reconstrucción virtual en el año 2.a.C.del foro de Augusto. En los tres casos se trata de una visión cercana, pero el nivel de detalle aumenta al hacerlo el nivel de visión. (Imagen M. Di Iola)

1.3. La hipótesis reconstructiva de la fase augustea de la Villa.

El conocimiento de la arquitectura empieza con el levantamiento, la lectura analítica, estructural, funcional, filológica e histórica. El proceso parte de la definición de una documentación base de estudio en 2 dimensiones, que se suele expresar mediante una planimetría de trabajo y estudio que se puede definir como tradicional en esta disciplina, consistente en una planta principal y dos secciones características. El levantamiento de la villa de Livia se ha hecho en 3D mediante escáner laser, y ha generado una base de datos muy importante para comprender el monumento, dando un paso más en su estudio y aportando una gran cantidad de información.

En el caso de la Villa de Livia existía una planimetría desarrollada a lo largo de los años, en las excavaciones realizadas en el conjunto arquitectónico, pero era un levantamiento muy fragmentario, en el que se habían ido

acumulando errores, y en el que además faltaban datos, como pude constatar cuando empecé a recopilar información de la Villa, y la pude contrastar con el Prof. Messineo que había excavado una buena parte de ésta. El haber podido hacer el levantamiento me ha permitido observar la Villa en su conjunto, pero también todos los detalles que conforman la realidad física del organismo arquitectónico. Además la postura metodológica y científica adoptada a la hora de hacer el levantamiento fue la de una visión crítica y analítica, a través de la comprobación iterativa de la realidad existente del edificio.

La elección de la etapa augustea responde al hecho de que es, desde mi punto de vista, la más interesante, puesto que se desarrolla en un momento único en la arquitectura romana, y sigue un programa muy sutil de fuerte propaganda política del *princeps*. Además se mantiene la esencia compositiva del espacio original, con la organización del conjunto en torno a unos elementos generadores centrales como el peristilio, el atrio y los jardines. Se pueden reconocer y enumerar a simple vista una serie de elementos compositivos originales fácilmente identificables y tipológicamente encuadrables en el concepto de Villa Imperial de campo (Figura 3), como el peristilio con el triclinio, el *oecus*, las salas de recepciones a los lados, el atrio o el jardín pequeño al que se asoman los *cubicula* de la pareja imperial.



Figura 3. Lectura visual de algunos elementos tipológicos y formales de la Villa. En violeta el peristilio, en rosa el atrio, amarillo para las zonas de recepción, verde a la izquierda el triclinio subterráneo, y a la derecha cubicula.

El problema del que ya he hablado, es que una villa de estas características debía de tener, además de la *pars urbana* que se conoce casi en toda su extensión, la *pars rustica*, de la que no existen ningún tipo de datos, y esto dificulta el estudio del funcionamiento de la Villa y de sus límites.

Como ya he enunciado, la hipótesis reconstructiva de este conjunto arquitectónico se centra en el período augusteo, a excepción del complejo termal, que se ha estudiado y reconstruido de manera separada cronológicamente, ante la inexistencia de datos sobre la zona de las termas en época de Augusto. Se ha reconstruido el volumen de toda la *pars urbana* de la Villa, incluyendo zonas de las que no se ha podido estudiar el interior por falta de datos, aunque sí ha sido posible reconstruir el contorno y estudiar la villa de manera unitaria para comprender la relación entre los diferentes espacios.

1.4. El análisis constructivo y estático.

Es habitual que en los estudios realizados por arqueólogos no se les preste suficiente atención al estudio de los materiales desde el punto de vista mecánico, sin embargo este aspecto es fundamental para poder determinar una serie de cuestiones que están condicionadas por las características mecánicas de los materiales, como son la altura de los muros, los sistemas de cubrición, etc. El estudio de la geometría y de los materiales, el estudio de los paralelismos tipológicos y las comprobaciones y cálculos estáticos han sido la clave a la hora de comprender el edificio. Las reglas tradicionales de cálculo se refieren a la geometría de tipos estructurales concretos. Son una codificación de las proporciones de estructuras estables y se aplicaban en el contexto de un conjunto de conocimientos mucho más extenso. La flexibilidad en su empleo queda demostrada por la gran diversidad que se encuentra dentro de cada tipo. La estabilidad de las estructuras en arquitectura romana depende sobre todo de la forma geométrica de éstas, y esto nos lleva a volver a reconocer la existencia de las proporciones, tan importantes en la arquitectura romana como medio para garantizar la estabilidad de las estructuras, y asegurar la facilidad de la puesta en obra y la producción industrial de los elementos arquitectónicos. Las reglas empíricas proporcionales, ya sean geométricas o aritméticas, ofrecen la forma de determinar estas proporciones válidas mediante parámetros adimensionales, constituyendo un método eficaz para el proyecto de este tipo de estructuras.

El criterio de la proporcionalidad que estuvo vigente hasta finales del siglo XIX, es cierto si el esfuerzo es siempre de compresión⁴. Pero la aplicación del criterio de proporcionalidad solo es válido si se trata de nuevos edificios que sean iguales o más pequeños que el más grande de los existentes, y cualquier variante sobre edificios más grandes o mas esbeltos que sus modelos pequeños pasa con frecuencia por el uso del hierro, que ya se usaba para armar arquitrabes en arquitectura romana, como se ha constatado en la Villa Adriana.

⁴ Con las dimensiones necesarias para el equilibrio de los elementos de los edificios históricos, en general, las tensiones de compresión quedan muy lejos de la resistencia a rotura. Pero, en un edificio de piedra, si aparecen flexiones o tracciones, Galileo está en lo cierto. Por ejemplo, en los templos corintios de Roma, o en el caso extremo del de Baalbeek, a medida que aumentan de dimensión van reduciendo el intercolumnio (del canónico de Vitruvio $2^{1/4}$ hasta casi 1) con tal que el arquitrabe, que mantiene estrictamente su canto con relación al módulo de la columna, no se rompa por falta de sección resistente. J.L. González Moreno-Navarro, "il progetto strutturale nelle architetture storiche", del artículo publicado en la revista *Paramento*, n.º. 246/247, julio-octubre 2003.

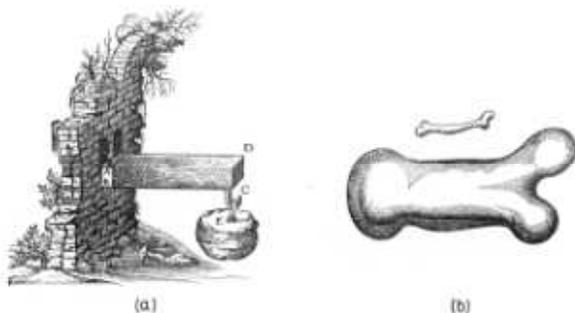


Figura 4 Ilustraciones del Diálogo sobre dos nuevas ciencias de Galileo (1638): (a) Problema de Galileo: resistencia límite de una ménsula cargada en su extremo. (b) Efectos del aumento de tamaño en los huesos de los animales.

La geometría adecuada asegura la estabilidad de las formas, de manera que probablemente los arquitectos, constructores e ingenieros, emplearan algo parecido a reglas estructurales, para determinar las dimensiones de los elementos constructivos de sus construcciones, sobre todo de las abovedadas, que eran las más complejas. Se tiende a pensar que estas reglas debían de ser “proporcionales” desde un punto de vista geométrico. En

relación con esta cuestión, Galileo⁵ intentó demostrar la imposibilidad de la existencia de este tipo de principios.

Formulando la argumentación de Galileo en términos actuales, se puede decir que en las estructuras que soportan como carga principal su propio peso, como los edificios de fábrica, la carga crece elevada al cubo respecto a las dimensiones lineales, mientras que la sección de las partes de la estructura crece al cuadrado, de modo que las tensiones crecen linealmente con el tamaño y los elementos estructurales deben hacerse, en proporción, más gruesos, perdiéndose la semejanza geométrica⁶.

El empleo de este tipo de “reglas” geométricas se puede rastrear desde la antigüedad clásica hasta nuestros días. Las reglas sólo recogen una pequeña parte de un conjunto muy amplio de conocimientos que es preciso tener para construir un edificio. Además, la estructura no sólo debe ser estable cuando está terminada sino también en cada una de las fases de su construcción. Por otro lado, la fábrica debe adquirir resistencia con la suficiente rapidez y para ello se emplea en cada caso el aparejo adecuado (si es necesario se emplean dispositivos auxiliares; como los zunchos de las cúpulas, que tienen probablemente la función de estabilizar la forma durante el fraguado). A la hora de realizar hipótesis reconstructivas no hay que perder de vista que el modo de construir y los tiempos que duraban las obras eran muy diferentes de los de ahora y debían de influir en muchos aspectos, por ejemplo. ¿Cuánto tiempo había que esperar antes de proseguir la construcción de una bóveda romana de hormigón?

El peligro de aplicar este principio empírico de proporcionalidad a la hora de hacer una maqueta virtual es evidente; veamos el caso de los pórticos, que es un tema muy común, y tomemos como ejemplo el dintel: al aumentar el tamaño de éste, no se puede aumentar simplemente el canto, por lo que, cuando se trata de aumentar la dimensión del pórtico, tampoco se puede aumentar el intercolumnio, de manera que la solución es más complicada que una sencilla operación de cambio de escala.

⁵ Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias, publicado en 1638.

⁶ Huerta sostiene que a pesar de esto, el análisis de la arquitectura construida demuestra en ciertas ocasiones lo contrario, pudiendo constatar que las reglas proporcionales debían de existir y en todo caso funcionaban, puesto que la teoría galileana está en clara contradicción con las obras construidas (Huerta, 2004, pg. 390-393).

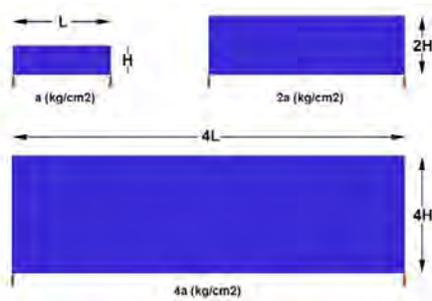


Figura 5 Ejemplo de cómo varía la tensión al aumentar el tamaño

En el caso del pórtico de gran tamaño, las soluciones no pasan por la proporcionalidad sino por la reducción de la luz del arquite que mediante el diseño del capitel, como es el caso del dórico, o la solución empleada por el orden corintio y los templos romanos, es decir, la reducción del intercolumnio. En estos casos es indiscutible que no se puede aplicar el principio de proporcionalidad, porque si el tamaño se multiplica por un número x , la tensión de tracción también. De manera que si aumenta el tamaño, no se puede aumentar el canto, pero tampoco el intercolumnio, y

las soluciones pasan forzosamente por el conocimiento de construcción histórica, que nos permite proponer alternativas viables desde un punto de vista constructivo. Partiendo de la afirmación de que los antiguos constructores romanos usaban una teoría de la construcción y de estructuras, expresada en reglas, que debía de ser esencialmente correcta⁷, he realizado la reconstrucción de la Villa de Livia, usando estas reglas empíricas que proceden de la comparación tipológica, para determinar las dimensiones de los elementos que intervienen en estas maquetas virtuales y que están incompletos o no se han conservado. Para poder validar las hipótesis constructivas me he apoyado en el método del análisis límite, pero sobre todo en la estática gráfica.

En la reconstrucción virtual de la villa de Livia intervienen una serie de elementos arquitectónicos y decorativos que he catalogado dividiendo en los siguientes tipos:

<input checked="" type="checkbox"/>	MUROS DE CONTENCION	<input type="checkbox"/>	ESTRUCTURAS DE CUBRICION	<input type="checkbox"/>	PAVIMENTOS
<input type="checkbox"/>	ELEMENTOS VERTICALES	<input type="checkbox"/>	FALSOS TECHOS PLANOS Y ABOVEDADOS	<input type="checkbox"/>	REVESTIMIENTOS
<input type="checkbox"/>	TRILITO, ARCO, Y SU COMBINACION	<input type="checkbox"/>	ELEMENTOS COMUNICACION VERTICAL	<input type="checkbox"/>	ELEMENTOS ARQUITECTONICOS
<input type="checkbox"/>	ESTRUCTURAS HORIZONTALES	<input type="checkbox"/>	CERRAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	ELEMENTOS DECORATIVOS
<input checked="" type="checkbox"/>	MUROS DE CONTENCION				
		<i>cimentaciones superficiales</i>		<i>cimentaciones profundas</i>	
		<input type="checkbox"/>	de mampostería de piedra	<input type="checkbox"/>	cajones de cimentación
		<input type="checkbox"/>	corrida sobre muro mampostería	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>sobre arcos</u>
		<input type="checkbox"/>	sobre plataforma de madera	<input type="checkbox"/>	continua sobre arcos invertidos
				<input type="checkbox"/>	con pozos (sobre pilastras)
				<input type="checkbox"/>	por pilotes - de punta

Figura 6. Tabla con los tipos arquitectónicos y constructivos

En estas doce categorías se recogen todos los aspectos arquitectónicos y constructivos que han intervenido en el proceso de realización de la reconstrucción virtual de la Villa. Como el estudio de cada uno de estos apartados desde un punto de vista general no aporta nada nuevo puesto que la arquitectura romana ha sido ampliamente estudiada por

⁷ El profesor Heyman señala el hecho de que las reglas estructurales, la teoría tradicional de las estructuras, en definitiva, el énfasis en la geometría, es esencialmente correcto. Como se demuestra dentro del marco del moderno análisis límite de estructuras de fábrica, la seguridad de una estructura de fábrica depende de su forma geométrica independientemente de su tamaño y, en este sentido, las reglas geométricas son en parte correctas. Esto no significa que lo sean por completo, sino que su énfasis en aspectos geométricos es acertado y refleja un conocimiento de los parámetros esenciales de proyecto. Lo más importante es que, como ha señalado el profesor Heyman, del Teorema Fundamental de la Seguridad se deduce el "enfoque del equilibrio", que nos da el marco teórico más correcto y adecuado para entender el funcionamiento de las estructuras antiguas de fábrica.

numerosos autores, lo que me interesa es el análisis concreto para el caso de la Villa, de manera que para cada ambiente que se reconstruirá se analizarán los aspectos constructivos que intervienen.

Las cubiertas son quizás el elemento más interesante desde un punto de vista constructivo en la reconstrucción de este edificio. Las estructuras de madera se usan para cubrir espacios alternándose con el uso de la bóveda⁸. Aunque en el empleo de bóvedas y formas cupuliformes, los constructores romanos mantienen las relaciones armónicas que permiten el máximo peralte sin tracciones y sin zunchos, también es cierto que sobre todo al principio, para absorber y transmitir esfuerzos, en arquitectura romana empleaban grandes espesores. En nuestro caso de estudio no existen estructuras complicadas, pero si hay un factor que dificulta el estudio, y es el hecho de tratarse de un edificio construido sobre otro preexistente de época republicana, y de dimensiones mucho más modestas, de manera que en muchos casos van a tener que reforzar los muros para poder apoyar las cubiertas de los nuevos espacios creados.

El edificio de la villa de Livia ha estado sometido a una gran cantidad de cambios. Las fases se superponen en el tiempo y las fábricas se doblan o se refuerzan con pilastras, los cerramientos cambian. Los pavimentos nuevos suelen cubrir a los anteriores, y también los revestimientos murales. Se cierran huecos y se abren otros nuevos, y en todos estos procesos se emplean materiales muy heterogéneos. Además, los procesos de producción de los materiales y de las fábricas tienen como resultado elementos de cualidades muy diferentes entre sí. Basta pensar en los ladrillos de una misma hornada, o incluso en la piedra, que pueden dar lugar a piezas de calidades muy desiguales, o la cal para los morteros, por no hablar de los tipos de morteros. De modo que para el estudio de la Villa se parte de una heterogeneidad en la estructura y en los materiales que incide en la heterogeneidad de los procesos de uso y reformas del edificio.

Volviendo al tema que nos ocupa, la novedad respecto a las tradicionales reconstrucciones virtuales reside en el hecho de que, en la metodología de la tesis, introduzco la comprobación mediante la estática gráfica, que es un método rápido y eficaz para estudiar el equilibrio estable de un objeto mediante dibujos exactos, siempre y cuando sea necesario, para poder avalar o descartar las hipótesis estudiadas.

Los métodos para la modelización del comportamiento estructural⁹ para la reconstrucción virtual de la arquitectura, están recogidos en el apartado 6.2.1 de la primera parte de esta tesis, y se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1. Estabilidad del muro aislado**
- 2. Estabilidad del muro soporte de un arco**
- 3. Estabilidad de un arco (I)**
- 4. Estabilidad de un arco (II)**

Los puntos 1 y 2 sirven para comprobar solo la estabilidad de los estribos, mientras que los apartados 3 y 4 forman parte de los métodos que sirven para determinar la línea de empujes en el arco y comprobar la estabilidad del arco en sí mismo. Para la parte 3, el estudio se hará mediante el polígono funicular y polígono de fuerzas concurrentes o paralelas, mientras que para el punto 4 se realizará el funicular que pasa por dos y tres puntos.

⁸ Este tipo de arquitectura de estática cupuliforme funciona mejor si se ajusta a la distribución del anti funicular de las cargas, razón de la que depende su rotura, concentración de cargas, y todo lo relacionado con su estabilidad.

⁹ Los métodos de modelización del comportamiento estructural, y en concreto la estática gráfica, los he tomado de las clases del profesor J.L. González Moreno-Navarro.

Una de las grandes diferencias entre la restauración virtual y la real es que para el primer caso, la validez de la hipótesis reconstructiva termina con el estudio del equilibrio de la estructura, y no se plantea el estudio de la estabilidad a acciones sísmicas, gravitatorias, ni se tiene en cuenta ningún tipo de normativa. Además, en ausencia de ensayos concretos, los valores con que se trabaja, como por ejemplo, la Resistencia Característica de las obras de fábrica, nunca son exactos.

En la villa de Livia los espacios para cuyo estudio estático se ha empleado la estática gráfica son el triclinio semi. subterráneo (sala n.2), y la zona termal, con las salas 25, 26 y 27.

1.5. Los huecos.

Hay una serie de cuestiones constructivas menores pero no por ello menos importantes que se han planteado a la hora de afrontar la reconstrucción de la Villa, como han sido el modo en que la vivienda se iluminaba y ventilaba, el programa decorativo e iconográfico a través de la decoración mural y el uso del color, o la pavimentación empleada.

Puesto que raramente quedan restos de huecos (puertas y ventanas), se planteó el problema de cómo estaban iluminadas las distintas dependencias de la Villa. Acerca de esta cuestión Vitruvio dice: *“es importante que todos los edificios sean luminosos. En el campo es fácil conseguirlo, porque no hay muros de vecinos que obstaculicen la iluminación natural, sin embargo en la ciudad la altura de muros medianeros o la estrechez del lugar pueden impedir la correcta iluminación (...) si se trata de problemas con vigas, dinteles o forjados, se crearán aperturas en zonas más altas. Para obtener una iluminación adecuada se tienen que abrir ventanas en cualquier parte del edificio desde la que se vea el cielo. Y si bien la luz tiene que ser abundante en triclinios y salas, no es menos necesaria en pasillos, rampas o escaleras, donde con frecuencia coinciden las personas que transportan cargas de un lugar a otro”*.

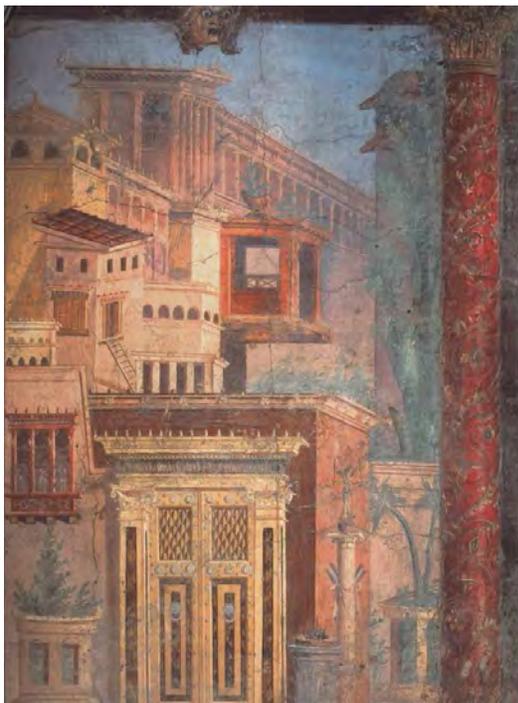


Figura 7 Pintura con vista arquitectónica, de un cubiculum de la Villa de P. Fannius Synistor, Boscoreale. Metropolitan Museum of Art, New York.

El estudio de otras residencias mejor conservadas que la villa de Livia (ciertos casos de Ostia Antica, Pompeya, Oplontis o Herculano), han aportado información muy valiosa, ya sea en la forma de iluminar las viviendas que en las dimensiones y formas más empleadas de carpintería. (Figura 10). Gracias a los ejemplos conservados en las casas del área vesubiana, ha sido posible estudiar los tipos de puertas y ventanas. Se trata de calcos de yeso que aportan información sobre la geometría de las carpinterías pero no sobre su decoración. (Figura 10)

Las ventanas son un tema del que apenas hay noticias, en parte porque están hechas con materiales que no han perdurado tras el abandono del edificio, por ser frágiles como el cristal, perecederos como la madera, o costosos como el bronce.

El vidrio en construcción aparece en el siglo I d.C. según Séneca (Sen, epist.90, 24). Según indican las fuentes su uso se generaliza a partir de la segunda mitad del siglo I. Sin embargo se tiene constancia de que en el *Auditorium* de Mecenate la bóveda estaba iluminada cenitalmente mediante unas ventanas cerradas con vidrio, y se presume que esta solución fuese original y por tanto anterior a la fecha que apuntan las fuentes.

Sobre las ventanas de los espacios termales, algunos autores antiguos, como Plinio el Joven o Séneca, describen las salas termales como espacios luminosos, con grandes ventanales desde los cuales se puede apreciar el paisaje; pero esto es posible solo en las termas privadas, porque las públicas en general eran de grandes dimensiones con ventanas muy altas que no permitían ver el exterior¹⁰, aunque las termas del Foro en Ostia abrían sobre la *palestra* y tenían las ventanas muy bajas para poder disfrutar de los espectáculos. Sin embargo las exigencias de una ventilación eficaz no corresponden con las descripciones de Plinio o Séneca, puesto que al tratarse de espacios caldeados, las ventanas deben de estar forzosamente en la parte más alta de los muros. Las termas suburbanas de Herculano son una referencia importante para el estudio de las termas de la Villa, porque al igual que la villa de Livia, tienen uno de los pocos ejemplos conservados de *piscinae calidae* que se conocen de época romana. En el caso de las termas de Herculano, se ha podido constatar que las ventanas eran altas y tenían doble cristal¹¹ para disminuir la dispersión térmica.

Respecto al acabado que debían de tener estos huecos, los únicos ejemplos que tenemos sobre la decoración de la carpintería han llegado hasta nosotros a través de las representaciones pictóricas de frescos romanos, pero no resultan suficientes para la reconstrucción virtual que nos ocupa, de manera que he optado por una solución simplificada.

¹⁰ Por ejemplo, en Bulla Regia, en las termas de Julia Memmia, la altura de las paredes excluye la posibilidad de poderse asomar a las ventanas, porque los restos de huecos quedan por encima de los 2 m. en las salas termales.

¹¹ H. Broise describe las ventanas de las termas suburbanas formadas por dos marcos de madera separados entre si 10 cm. con unos cristales cuadrados de unos 80x80 cm. y 4,5 mm. de grosor; además las ventanas tenían postigos, para resguardar de la luz y proteger de las temperaturas.



Figura 8 Triclinio de la Villa de Poppea con decoración arquitectónica. Oplontis.



Figura 9 Casa de Iulius Polybius, trampantojo en atrio



Figura 10. Ventanas del edificio de Giove Fanciullo, Ostia Antica.

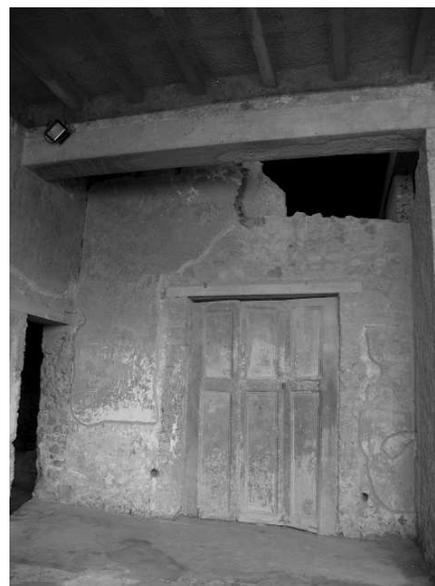


Figura 11. Puerta de la villa de Misteri, Pompeya.

Desde un punto de vista constructivo, los huecos se podían resolver con arcos o dinteles. Con la combinación de arcos y columnas aparecen nuevos sistemas más complejos caracterizados por la asociación de elementos. Desde el punto de vista operativo hay una serie de cuestiones técnicas que condicionan el aspecto estético. Los elementos portantes (platabandas y jambas) tienen que ser de piedra o ladrillo, no solo por cuestiones mecánicas sino también por la facilidad para resolver encuentros en la obra. A menudo encontramos arcos de descarga encima de las platabandas.

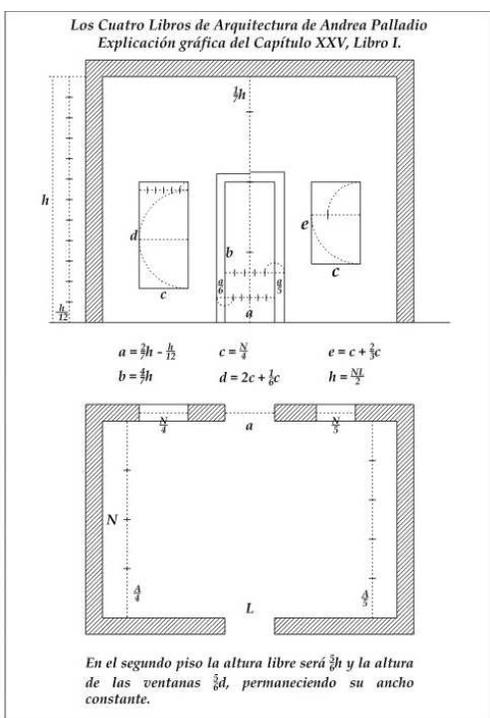
Vitruvio explica esta solución: se utiliza el arco para descargar los esfuerzos evitando de este modo la deformación del dintel, que si estuviera trabajando solo, se deformaría por el peso estropeando la estética del conjunto.

Para calcular la altura de puertas y ventanas, cuando la anchura era un dato conocido, he recurrido al estudio de los casos coevos conservados de la zona del Vesubio. Aunque Vitruvio ya dejó indicadas las proporciones de las puertas de los templos según su orden arquitectónico, fue Palladio el primero en ofrecer unas pautas genéricas para el trazado de cualquier puerta en el libro I, capítulo XXV “de las proporciones de puertas y ventanas¹²”:

“No podemos dar regla cierta y determinada acerca de las alturas y anchuras de las puertas principales de los edificios, ni de las puertas y ventanas de los aposentos y demás piezas. Así, para construir las primeras debe el arquitecto acomodarse a la magnitud de la fábrica, a las calidades de su dueño, y a las cosas que deben entrar y salir por tales puertas. Mi sentir es que para la altura de la puerta se divida la de la pared desde el suelo hasta el primer alto en tres partes y media, como dice Vitruvio Lib. IV, Cap. 6, y dar dos de estas partes a la altura de la luz, y una a la anchura menos un dozavo de la altura.

“Los antiguos acostumbraron a hacer sus puertas menos anchas de arriba que de abajo, acaso para más fortaleza, como vemos en un templo que hay en Tívoli, y lo enseña Vitruvio. Para las puertas principales de las casas se debe escoger un paraje a donde libre y fácilmente se pueda ir de todo el edificio. Las de los aposentos no se harán más anchas de tres pies, y altas seis y medio: ni menos anchas de dos y altas cinco. Los claros de las ventanas deben ser iguales en tomar luz, y no estar más distantes ó próximas entre sí que lo que la necesidad exija: por tanto se debe tener atención a la magnitud de los aposentos que deben alumbrarse por ellas, necesitando más luz la pieza más grande que la más pequeña. Si las ventanas fueren más chicas y están más raras de lo conveniente, los aposentos serán oscuros: y si demasiado grandes, los harán casi inhabitables por el frío y el calor en sus respectivas estaciones, caso que los

aspectos del cielo a donde miren no les den algún alivio. Por lo cual no deben abrirse ventanas más anchas que un cuarto de la anchura de los aposentos, ni más estrechas que un quinto: su altura será de dos cuadrados y un sexto de su anchura¹³. Y por cuanto en las casas se hacen piezas grandes, medianas y chicas, y no obstante las ventanas deben ser todas iguales en su orden y propio cuarto, me parecen muy aptas para proporcionar el ventanaje las piezas cuya longitud es dos tercios más que su anchura. Por ejemplo, si la anchura es 18 pies, sea 30 la longitud, y entonces para proporcionar las ventanas divido la anchura en cuatro partes y media: de una de estas hago la anchura de la luz de las ventanas, y de dos con un sexto más la altura. Según esta proporción hago todas las ventanas de las otras piezas. Las de cuarto segundo deben ser un sexto menos altas de luz que las del principal; y si hubiere más cuartos, se disminuirán siempre un sexto de las inmediatas interiores. Las ventanas de mano derecha deben corresponder a las de mano izquierda, y las de arriba caer a plomo sobre las de abajo. Lo mismo digo de las puertas; y la razón es para que el hueco en las paredes esté sobre el hueco, y el macizo sobre el macizo.



Palladio, A. Los cuatro libros de arquitectura de Andrés Palladio, vicentino. Traducidos e ilustrados con notas por José Francisco Ortiz y Sanz, presbítero. Imprenta real. Madrid, 1797.

¹² Palladio, A. Los cuatro libros de arquitectura, con notas de José Francisco de Ortiz y Sanz, Imprenta real. Madrid, 1797.

¹³ Por ejemplo, si tiene 6 pies de ancho, tendrá 13 de alto.

Además, que así estarán todas las puertas unas enfrente de otras, y desde un lado de la casa descubrirá por ellas hasta el otro: lo cual no deja de causar hermosura, fresco en los tiempos calurosos y aún otras comodidades. Para mayor seguridad de los dinteles de puertas y ventanas, y que no sean oprimidos del peso, se suelen hacer encima arcos rebajados, los cuales son muy útiles para la duración de los edificios. Las ventanas no deben estar cerca de los ángulos o esquinas de la fábrica, según arriba dijimos, pues aquella porción que debe tenerla coligada y bien a plomo no de debilitarse con aberturas. Las jambas de puertas y ventanas no serán menos anchas de un sexto de la anchura de la luz, ni más de un quinto. Réstanos ahora tratar de sus ornatos.”

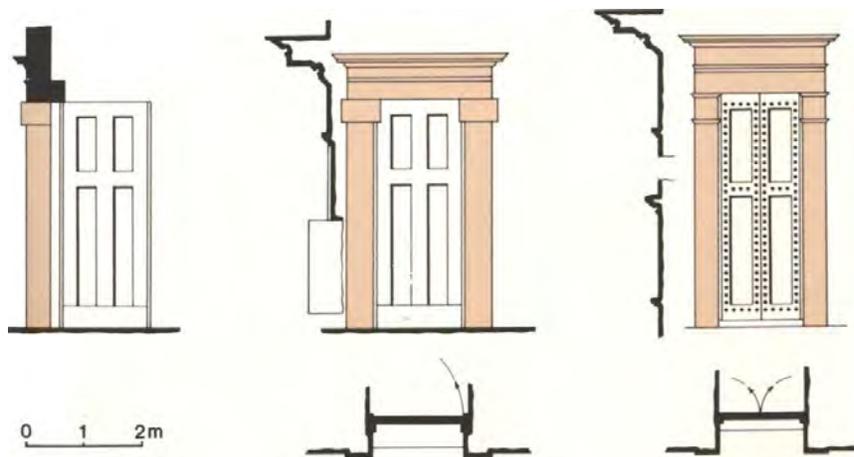


Figura 12. Puertas de casas pompeyanas. Izqda. Y centro Casa dei Cubicoli floreali; dcha. Casa de Iulius Polybius

1.6. El aparato decorativo.

1.6.1. El color

Otro aspecto interesante en la reconstrucción virtual de la arquitectura romana es que se puede representar el color de ésta. Hoy las nuevas tecnologías informáticas permiten devolver a los ojos del público la imagen de edificios y arquitecturas lo más cercana posible a la que debieron de tener en el momento en que fueron concebidas y realizadas.

Mi investigación incluye la posibilidad de poder reunir contenedor y contenido en un único espacio, que pretende sacar el máximo beneficio de la unión entre contribución científica, atención a la calidad estética y competencia técnica. En este contexto, se puede plantear la reconstrucción de una obra incluyendo la restitución de la antigua policromía, considerando las cuestiones metodológicas ligadas al modo en que las reconstrucciones virtuales y los contenidos de la investigación están en la base de las hipótesis elaboradas, son inseparables, y pueden comunicarse de manera científica.

1.6.2. Las paredes.

El programa decorativo de la Villa es complicado de interpretar porque quedan por lo general muy pocas pinturas al fresco y los que se conservan pocas veces superan un metro de altura, lo cual dificulta el trabajo de interpretación. Además, hay zonas, como la fachada decorada de la gran cisterna, entre otras, que no se ha protegido de las inclemencias del tiempo adecuadamente una vez descubiertas, y se deterioraron notablemente durante el tiempo en que estuve yendo a la Villa para hacer el levantamiento y tomar datos, que en total ha durado algo más de año y medio. Partiendo de los restos de pinturas al fresco he realizado un estudio filológico comparando las pinturas de la villa de Oplontis, la Villa de la Farnesina, las casas de Augusto y Livia en el Palatino, la Villa San Marco, la casa de Ganimedes, la casa de las Paredes negras de Pompeya, el Auditórium de Mecenate, la casa de los Vettii, y otros edificios de Ostia, Pompeya, Herculano, entre otros muchos casos.



Figura 13. Fragmentos decorativos procedentes de la villa de Livia (ubicación no determinada)

Ha sido particularmente útil el estudio de la casa de Augusto en el Palatino, con sus pinturas al fresco realizadas en el año 30 a.C., que ofrecen un testimonio claro de la fase final del II estilo. En estas pinturas desaparecen los elementos que puedan ser considerados ostentosos, de acuerdo con la filosofía del “*primus inter pares*”. En la casa de Augusto se observa como los elementos arquitectónicos contribuyen mediante su ritmo regular a mostrar los símbolos de la nueva *pietas*, acompañada de delicados motivos ornamentales. La riqueza pictórica de la casa de Augusto se extiende también a la decoración de techos, y el mismo esquema ornamental se vuelve a encontrar en la casa de Livia.¹⁴

Respecto a las decoraciones pictóricas que he usado en esta reconstrucción virtual, he partido de los restos visibles o al menos bien documentados, encontrando, para el período en que Livia y Augusto utilizaron la casa, pinturas que van de un tardío II estilo pompeyano al IV. Durante este momento histórico se solían usar copias de originales griegos, como atestiguan distintos ejemplos encontrados en Pompeya y Herculano (Figura 14, Figura 16).

¹⁴ Baldassarre, I, et ali. Pittura romana, 2000.

HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA

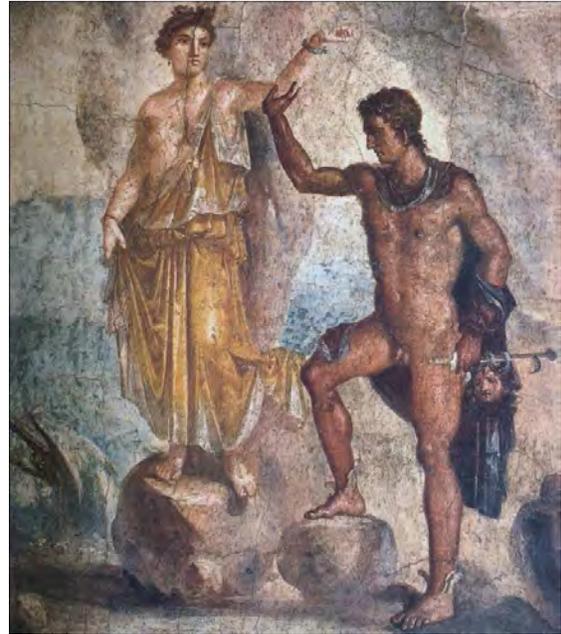
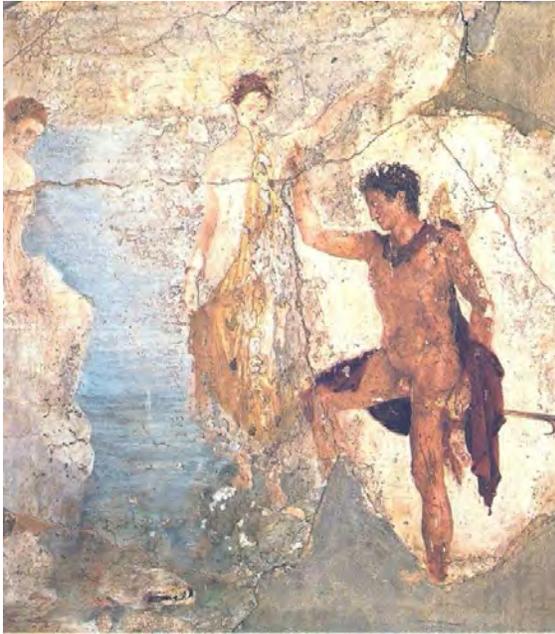


Figura 14. Izquierda: liberación de Andrómeda, palestra de Herculano. Derecha: liberación de Andrómeda, Casa de Dioscuri, Pompeya.

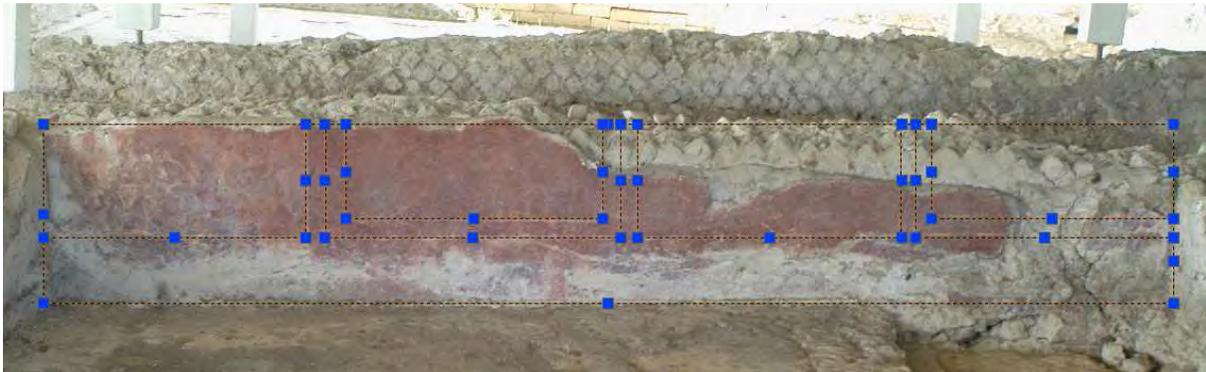


Figura 15. Zocalo de la habitación n.10, estado actual y reconstrucción de la textura.



Figura 16. Izquierda: Dédalo e Ícaro, casa del Sacerdos, Pompeya. Derecha: Dédalo e Ícaro, casa del Frutteto, Pompeya

En las figuras inmediatamente encima de estas líneas se aprecian dos ejemplos de copias romanas de pinturas famosas griegas originales del siglo IV. Las fuentes literarias antiguas recogen esta práctica común en la pintura augustea y julio-claudia; Plinio el Viejo cita algunos ejemplos de obras que servían de referencia a oradores y filósofos, o que pertenecían a las colecciones de la Urbe, como el caso del Sacrificio de Ifigenia, obra de Timante de principios del siglo IV a.C. que se relaciona con la pintura de época flavia de la casa del Poeta Trágico. Otro ejemplo bien documentado es el de la representación de Perseo y Andrómeda, del que se conocen dos versiones, una en Pompeya en la casa de Dioscuri y otra en la palestra de Herculano. El ejemplo que se muestra arriba es el del episodio de Dédalo e Ícaro, todo un *leitmotiv* de la decoración mural pompeyana, que lo representa en sus dos vertientes monumental y paisajística (Figura 16).

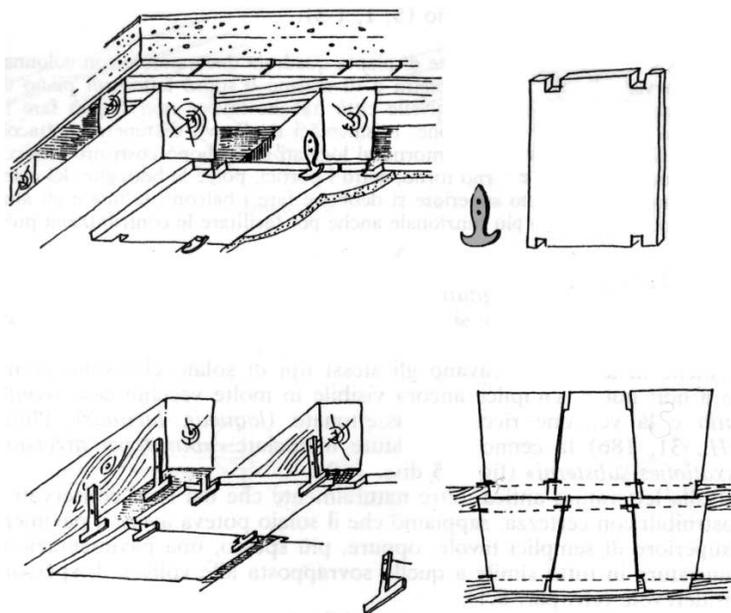
La crítica filológica ha propuesto algunos nombres de pintores famosos para algunas de estas pinturas, como el caso de Nicia de Atenas, artista contemporáneo de Apeles, que era muy apreciado por Augusto y su entorno¹⁵. Este hecho documentado de las copias de pinturas griegas presentes en las domus romanas del gusto del Emperador me ha permitido emplear algunos de estos cuadros famosos para completar las decoraciones pictóricas de algunas de las estancias reconstruidas virtualmente de la casa de Livia; en estos casos la elección se acompaña de una leyenda en la que se puede ver que la decoración mural es evocativa.

¹⁵ Baldassarre, I, et alii. Pittura romana, 2000. Pg. 160.

1.1.1. Falsos techos.

En las estancias en las que se residía, se solían disimular las vigas mediante un techo que pudiera recibir una decoración. Se clavaban, pues, bajo las correas unas piezas de madera de reducida sección que podían forrarse con cañizo y sobre el que se extendía un enlucido que a su vez soportaba una o dos capas más, y en las que se podía crear una decoración de relieve más o menos pronunciado (Giuliani, 1998).

En la Villa de Livia se han encontrado diversos fragmentos de falsos techos con decoración de estuco de pequeñas dimensiones. Este aspecto no resulta difícil de estudiar ya que existen testimonios en otras villas romanas mejor conservadas, en las que se han conservado algunos ejemplos de falsos techos decorados sobre enlucidos y estucos,



colocados con cañizo y colgados de estructuras ligeras de madera, e incluso de ladrillos fijados a la *contignatio*. Era práctica común usar estos sistemas para rebajar la altura de los techos, especialmente de los *cubicula* que tenían unas dimensiones muy reducidas respecto a la media del resto de habitaciones de la casa. Lógicamente, por tratarse de una técnica que emplea materiales perecederos, han quedado muy pocos restos, a excepción de los casos del área vesubiana y otros pocos más en Ostia, Roma o Villa Adriana, por citar algunos casos.

Figura 17. Falso techo con tejas cerámicas y anclajes metálicos, del *castrum* romano de Saalburg, según C.F. Giuliani.

Existían otros sistemas más sofisticados de falsos techos para ocultar la estructura, con casetones móviles que se usaban en determinadas salas de viviendas lujosas, donde se instalaban unos mecanismos que permitían cambiar la decoración de la sala rápidamente, y que a veces escondían perfumes y flores que descendían sobre los comensales a medida que se desarrollaba la comida (cfr. Senec, *Epist.*, 115, 9, 10; Suet., *Nero*, 31; Petron. *Satyr.*). Se trataba de techos sobre los cuales existía una cámara (falso techo o entresuelo, no se han conservado restos), a la que el servicio podía acceder para realizar todos los cambios de decoración. Giovenale encontró pruebas de estos mecanismos durante los trabajos de restauración de S. María in Cosmedin, SS. Nereo y Achilleo, S. Prassede y S. Giovanni en Porta Latina. Parece que las basílicas debieron de tener mecanismos como el arriba descrito, que servían para ocultar las armaduras, y solo cuando éstos se deterioraron se pasó a decorar directamente el intradós de la cubierta.

En la época imperial las dos soluciones más comunes eran la del *contignatio* que apoyaba directamente en una viga empotrada en la pared, en unos orificios cuadrados que se solían preparar durante las obras, o bien apoyando

sobre una ménsula de piedra. Cuando se trataba de estructuras de una cierta envergadura se recurría al empleo de las ménsulas, como ocurría en Villa Adriana.

Giovanoni¹⁶ sostiene que el sistema más difundido era el de la viga apoyada en unas ménsulas, sin embargo las evidencias arqueológicas indican que el método más empleado era el de las vigas empotradas en los muros, aunque era frecuente que en los locales de planta baja destinados a fines comerciales (almacenes, tabernas, etc.) se usara la solución con ménsulas. Hay casos, como en el foro de César, en la *ínsula* de Ara Coeli o en distintos casos en Ostia, en que se puede observar una ménsula que recorre toda la pared, y que podría interpretarse como los restos del apoyo de una bóveda muy rebajada hoy perdida.



En la villa se ha podido estudiar la decoración de algunos falsos techos decorados a partir de los fragmentos encontrados. El problema es que se trata de fragmentos dispersos y es imposible saber a qué sala pudieron pertenecer.

Figura 18 Pared del cubículo de una domus en Pompei, donde se pueden observar los huecos para la estructura que sujetaba la falsa bóveda suspendida, (De Adam, *l'arte di costruire presso i romani*).

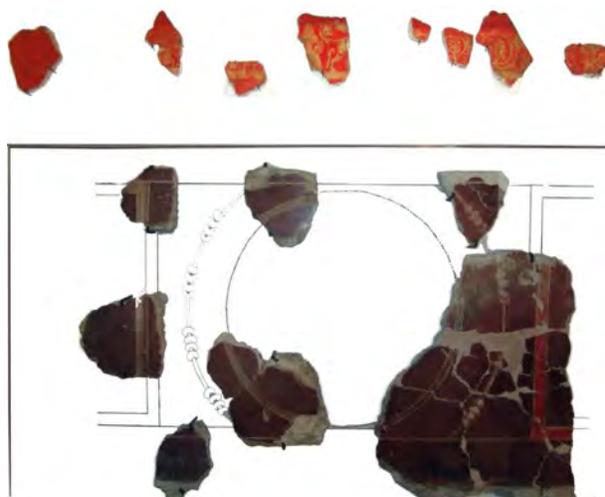


Figura 19. Fragmento de sofito recuperado en el sector meridional.

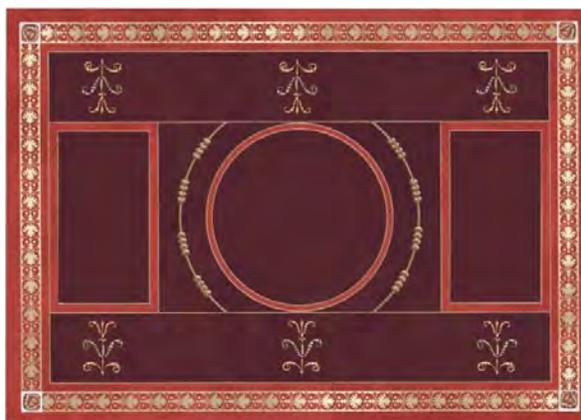


Figura 20. Hipótesis reconstructiva de la decoración del techo a partir de los fragmentos recuperados

¹⁶ G. Giovannoni, *La técnica della costruzione presso i romani*, 1925, p. 73

1.6.3. Los pavimentos.

Para la reconstrucción de pavimentos he seguido la consueta jerarquía: pavimentos rústicos (*opus spicatum*) en las zonas de servicio, y pavimentos más ostentosos (mosaicos y *opus sectile*) en la parte residencial. El *opus sectile* se encuentra en el pavimento del triclinio subterráneo, la sala construida encima de éste, y las estancias 3, 4, 6 y 7. Los mosaicos están muy presentes en la villa puesto que era el tipo de pavimento predominante en época romana.

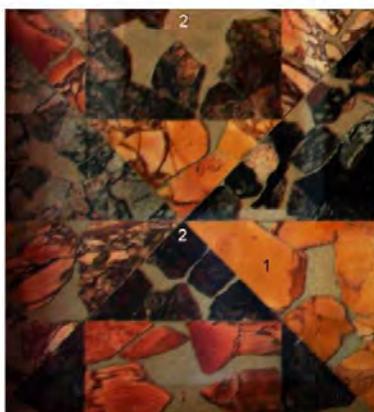
Los mosaicos republicanos o augusteos presentan una elaboración muy cuidada, y naturalmente en las estancias más importantes el nivel de los acabados es superior al resto, con un número de teselas por metro cuadrado que viene a ser aproximadamente el doble respecto a la media. A efectos de la reconstrucción virtual se han realizado paralelos con otras residencias imperiales como la casa de Livia del Palatino y otros edificios coetáneos, confirmando como los pavimentos de la Villa se adaptan al repertorio general de la época. Dentro de la Villa hay ejemplos de pavimentos de época adrianea (restauración de los cubicula, habitaciones 23, 57 y 5), que muestran un nivel técnico mucho más bajo respecto a las fases anteriores de la Villa. En época severiana se realizaron las últimas obras importantes de la villa de Livia, y a esta fase pertenecen los mosaicos de mayor tamaño y peor ejecución, como el resto de las intervenciones que se hicieron en otras partes de la Villa.

SECTILIA PAVIMENTA

- | | | |
|------------------|--------------------------------------|---------|
| 1. GIALLO ANTICO | <i>marmor numidicum,</i> | Tunez |
| 2. AFRICANO | <i>marmor luculeum,</i> | Turquia |
| 3. PAVONAZZETTO | <i>marmor phrygium o synnadicum,</i> | Turquia |
| 4. PORTASANTA | <i>marmor chium,</i> | Grecia |
| 5. ROSSO ANTICO | <i>marmor taenarium,</i> | Grecia |
| 6. ARDESIA | <i>lapis ligusticus,</i> | Italia |
| 7. PALOMBINO | <i>calcare dolomitico</i> | |



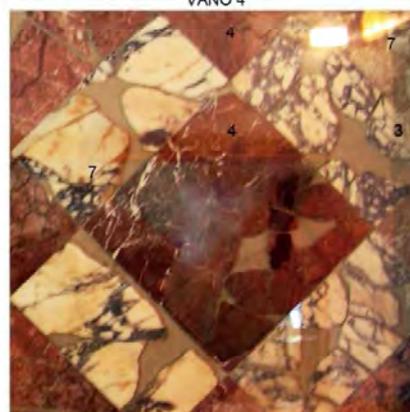
VANO 4



VANO 6



VANO 4



VANO 6

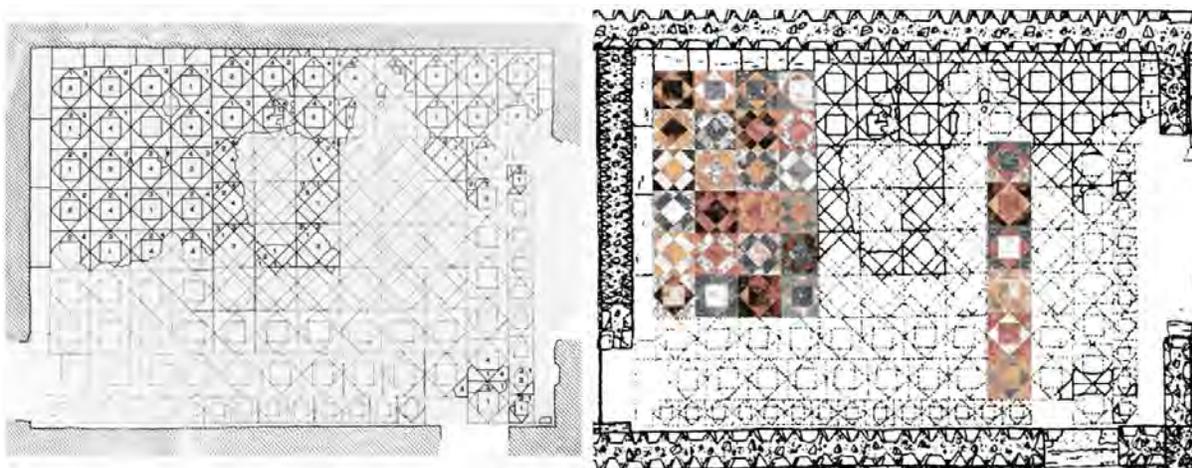


Figura 21. Estudio de los suelos en *opus sectilia* de la sala 6. Sobre dibujo reconstructivo de M. Sabatini con indicaciones del tipo de mármol usado: 1. Africano. 2. Pavonazetto 3. Amarillo antiguo. 4. Portasanta. 5. Mármol blanco lunense.

Línea continua pavimento existente; discontinua huellas del pavimento; con puntos hipótesis.

2. LAS BIBLIOTECAS DE MODELOS ARQUITECTÓNICOS Y TEXTURAS

El análisis geométrico-espacial de los elementos que componen la arquitectura compleja determina una serie de información y datos que tienen que pasar por un proceso de supervisión y verificación. El empleo de herramientas de procesamiento permite la creación de modelos, que tras una evaluación paramétrica, recrean la realidad observada de un modo científico y matemáticamente correcto. Las propiedades mecánicas de los materiales afectan a los aspectos arquitectónicos (columnas, paredes, techos, etc). Después de una fase inicial de recopilación de datos planimétricos, fuentes existentes, restos arqueológicos, y estudio de los paralelismos, se puede proceder a trabajar en la creación de una serie de bibliotecas y modelos arquitectónicos y de texturas, que se utilizan no sólo en el caso específico de la reconstrucción de la villa de Livia, sino también en otras posibles futuras reconstrucciones virtuales. La biblioteca de texturas para este estudio se ha realizado a partir de más de 18.000 fotografías e imágenes digitales en formato jpg.

La apertura con Augusto de nuevas canteras y la anexión de Egipto al Imperio (30 a.C) supusieron un aumento de la producción a gran escala y de la disponibilidad de mármol y piedras decorativas. Con Tiberio las canteras del Imperio pasaron al Estado. Desde este momento él y sus sucesores reorganizaron el sistema de la producción y suministro de materiales. La normalización en el tamaño y calidad, los elementos prefabricados, el ahorro, y la organización del mercado, permiten la creación de un sistema de producción "industrial".

Precisamente, basándome en este concepto de la producción en serie en época Imperial, se puede crear una biblioteca digital de elementos arquitectónicos que, empleado este el concepto de normalización, permita crear unas maquetas virtuales sin renunciar al rigor científico.

A través de la "serialidad" de los elementos, siguiendo los principios de composición arquitectónica de cada modelo, podemos reconstruir el espacio. Además de este archivo de elementos arquitectónicos romanos, fundamentalmente de edad imperial, he desarrollado una librería de texturas romanas ordenadas por categorías constructivas (sistemas de cubiertas, revestimientos, etc.) y decorativas. Las texturas relativas a las pinturas al fresco se han ordenado según los estilos pompeyanos.

Sin embargo, nos enfrentamos al problema de la simplificación dada la extrema variabilidad de los órdenes, como por ejemplo es el caso del corintio. En este orden, los cambios en el capitel son mínimos, mientras que el entablamento, columna y basa muestran cambios significativos en la disposición (ya sea de manera individual que en relación a los demás elementos).

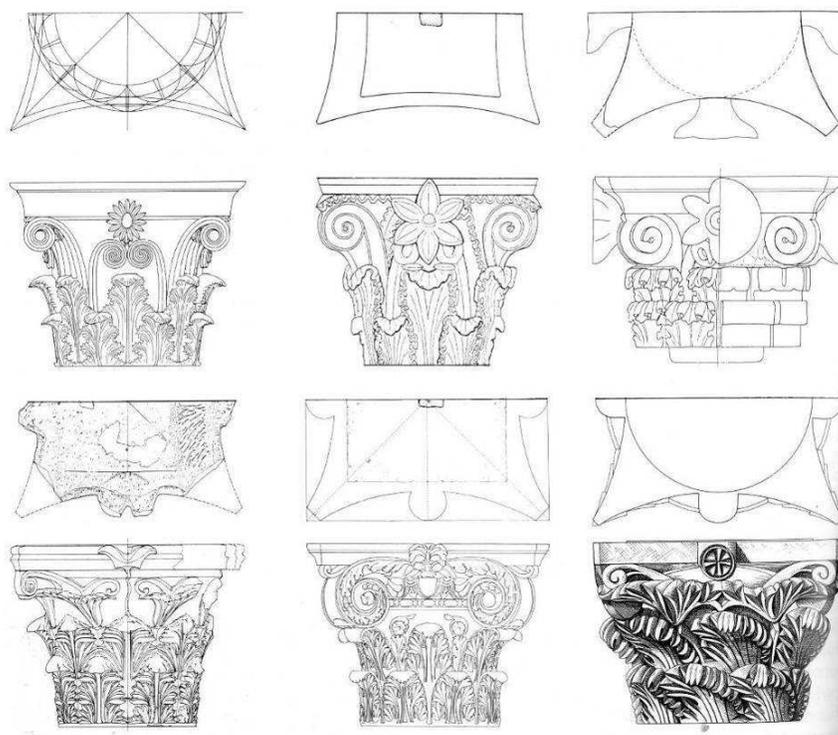


Figura 22. Alzados y secciones de capiteles corintios y compuestos, que abarcan una amplia cronología; (a) Tholos de Epidauro, 360-340 a.C.; (b) Selinunte, Sicilia, siglos III-II a.C.; (c) Casa de Augusto, Roma, 30-20 a.C. ; (d) templo de Sabratha, siglo II d.C.; e) Arco de Caracalla, Ostia, siglo III d.C.; (f) capitel de Deir Sambul, Siria, siglo V d.C. (Wilson Jones).

En las maquetas virtuales a menudo se opta por hacer una serie de simplificaciones que sirven para trabajar y visualizar los modelos con más rapidez, y dentro de la navegación en tiempo real no se detecta la diferencia porque se trabaja con niveles de detalle.

Por ejemplo, en las columnas corintias de la época imperial, la relación entre la altura de la columna y el fuste es de 6:5. La proporción es de un valor fijo: se puede cambiar el tamaño de las distintas partes, pero no cambia su relación de proporción. Estas bibliotecas digitales nos permiten tener la información necesaria para poder hacer reconstrucciones virtuales, pero es esencial saber usar la sintaxis correcta.

3. HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA DE LA VILLA DE LIVIA EN ÉPOCA AUGUSTEA

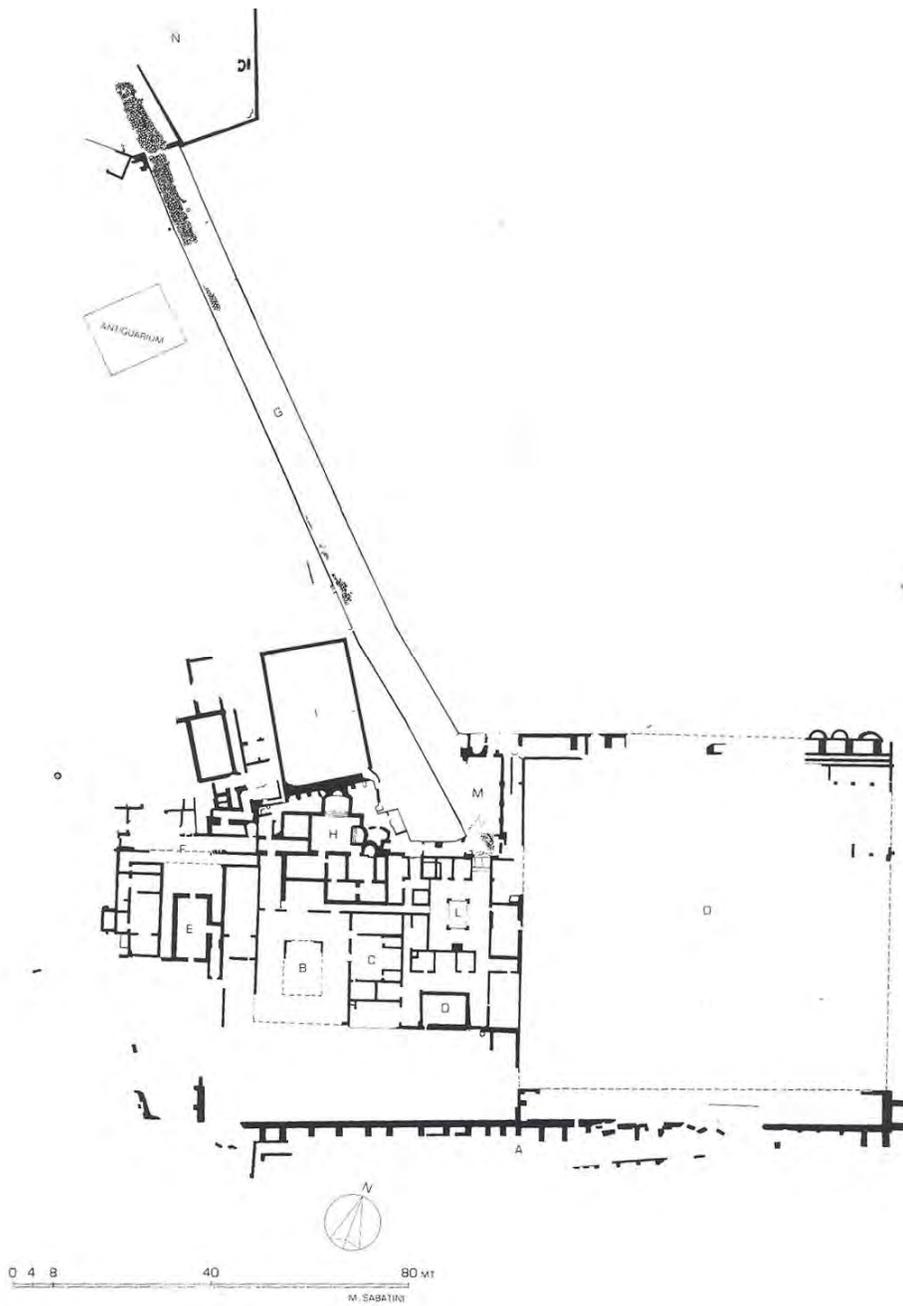


Figura 23. Villa di Livia. Planta (planimetría de Sabatini). A: basis villae; B: peristilio; C: triclinio; D: jardín menor; E: sala hipogea; F: pasillo de acceso a las termas; G: camino privado; H: zona termal; I: cisterna; L: atrio; M: patio de entrada; N: plazuela; O: jardín grande.

3.1 EL PERISTILIO (22)

En las grandes villas monumentales “*a padiglione*” de los siglos I y II d.C., el peristilo es cada vez más importante, y esto sucede también en la villa de Livia. Debido a su posición central en la planta de la vivienda, se puede pensar que en época republicana quizás tuvo una función de atrio en torno al cual se distribuían las habitaciones privadas (como el triclinio, la habitación 58, etc.)

Aunque las excavaciones que se han realizado en los últimos años se han hecho en pequeños sectores y aún queda una buena parte por excavar, la zona descubierta mide 22 x 18 metros. Recientes excavaciones han mostrado la existencia de un mosaico de época augustea con filas paralelas de teselas negras sobre fondo blanco, y diferentes niveles de pavimentación, que no están claros y se espera que en las próximas excavaciones se disponga de suficientes datos para su correcta interpretación.

Los restos de columnas encontradas en la zona del peristilo eran de ladrillo y debían de estar revestidas de estuco con acanaladuras de color rojo y blanco, del que se han encontrado numerosos fragmentos. La zona alrededor de la natatio media 5x3 módulos, y seguía las proporciones del rectángulo áureo. El pórtico que se propone en esta reconstrucción sigue perfectamente las proporciones indicadas por Vitruvio para columnas de menos de 15 pies romanos de altura. Según las proporciones indicadas por el autor romano el pórtico tendría que haber tenido cinco

columnas en el lado más corto. El intercolumnio mide $1 \frac{2}{3}$ del modulo del pórtico (de diez pies), y $6 \frac{1}{2}$ del diámetro de la columna medido en el imoscapo, el modulo de la columna a su vez era $\frac{1}{9}$ de su altura. En base a los restos encontrados en la Villa, y siguiendo un criterio lógico constructivo, se ha realizado una hipótesis de un pórtico con 5x6 columnas de orden jónico. La altura de las columnas alcanza catorce pies, y el intercolumnio se utiliza como distancia modular del pórtico.

Para hacer las puertas he partido de los restos existentes, pero el único dato que tenía era la anchura, y nada acerca de la altura, mientras que de las ventanas solo se podía constatar su presencia en contadas ocasiones y siempre y cuando los muros se hubiesen conservado hasta una cierta altura, pero en las zonas en las que se conservaban solo la cimentación y el arranque de los muros era imposible saber de qué manera se habrían podido iluminar las habitaciones.

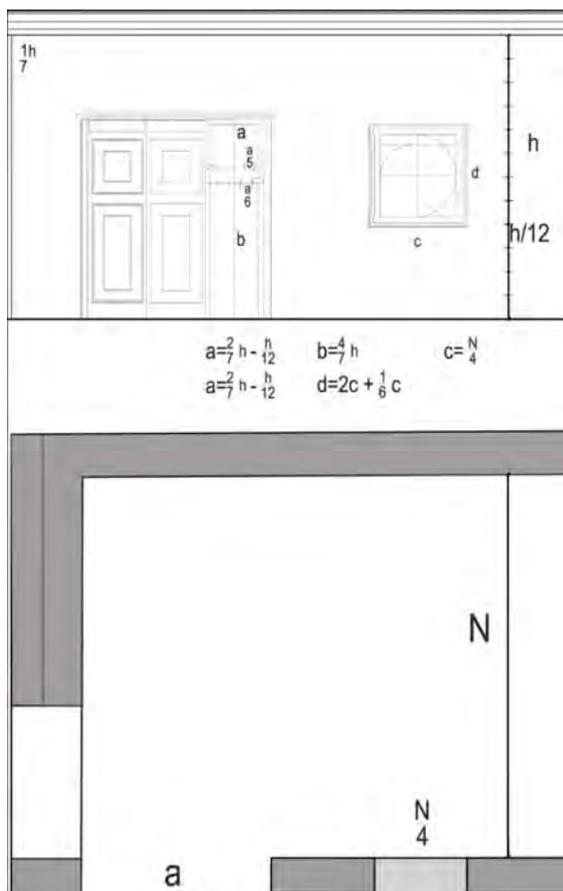


Figura 24. Detalle del estudio de los huecos de una parte de la fachada del peristilio

Vitruvio en sus libros tercero y cuarto aporta información sobre las dimensiones y relaciones numéricas en los templos (que además se inspiran fundamentalmente en los modelos griegos). Respecto a los pórticos, en su libro quinto ofrece unas proporciones que hacen más esbeltas las columnas y los intercolumnios más grandes. Gracias a este cambio de las proporciones, se puede hacer el arquitrabe y el friso en una única pieza¹⁷: de este modo el trabajo a flexión permite aumentar la luz del edificio. La comparación de estas medidas con las de otros pórticos romanos ha permitido comprobar la corrección de esta hipótesis reconstructiva.

Es fácil imaginar que el espacio con un deambulatorio y un pórtico de orden jónico tuviera en su zona central un pequeño jardín al que daban las salas de representación de la Villa y la zona destinada a los invitados. En época de Augusto el espacio debía de tener algún tipo de fuente o estanque en el centro porque se han encontrado restos de canalizaciones en esa zona, de una fase anterior a la *natatio* que se puede ver hoy. Hay un ejemplo de peristilo con piscina decorada con estatuas en el interior del pórtico en la villa de Poppea de Oplontis (Figura 25), donde el espacio con un estanque de grandes dimensiones estaba adornado por árboles, plantas y copias romanas de esculturas originales griegas.

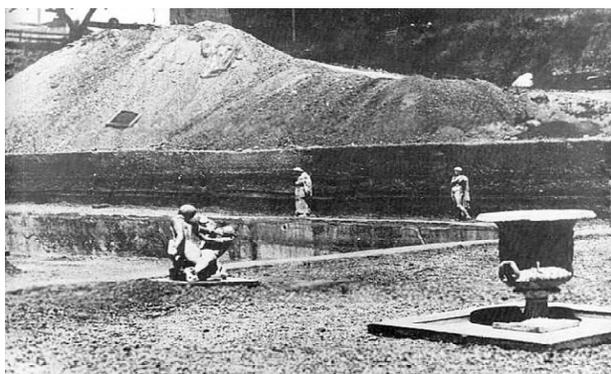


Figura 25 Villa de Poppea. Piscina adornada con estatuas (Fergola, 2004).



Statue dei Corridori - bronzo - prov. Ercolano, Villa dei Papiri - (c) Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei

Figura 26 Villa dei Papiri. Estatuas de corredores que estaban colocadas en un peristilio.

Este mismo esquema se repite en la villa de los Papiros de Herculano, o el de la villa Adriana, aunque en este caso se trata de un ejemplo es posterior.

Las zonas ajardinadas de las villas residenciales y suburbanas debían de presentar unos diseños geométricos realizados mediante setos y senderos, que se adornaban con esculturas y hermas. A menudo en el interior del jardín, entre los distintos arbustos, árboles y plantas, se encontraban elementos como fuentes o estanques.

¹⁷ Para asegurar la estabilidad de un arquitrabe realizado en un único bloque de piedra, es necesario armar ésta. Para evitar la gran cantidad de soportes que implica la arquitectura lapídea, o las luces de pequeño tamaño, se recurría a la piedra armada, práctica común en la arquitectura romana y posteriormente en el neoclasicismo.

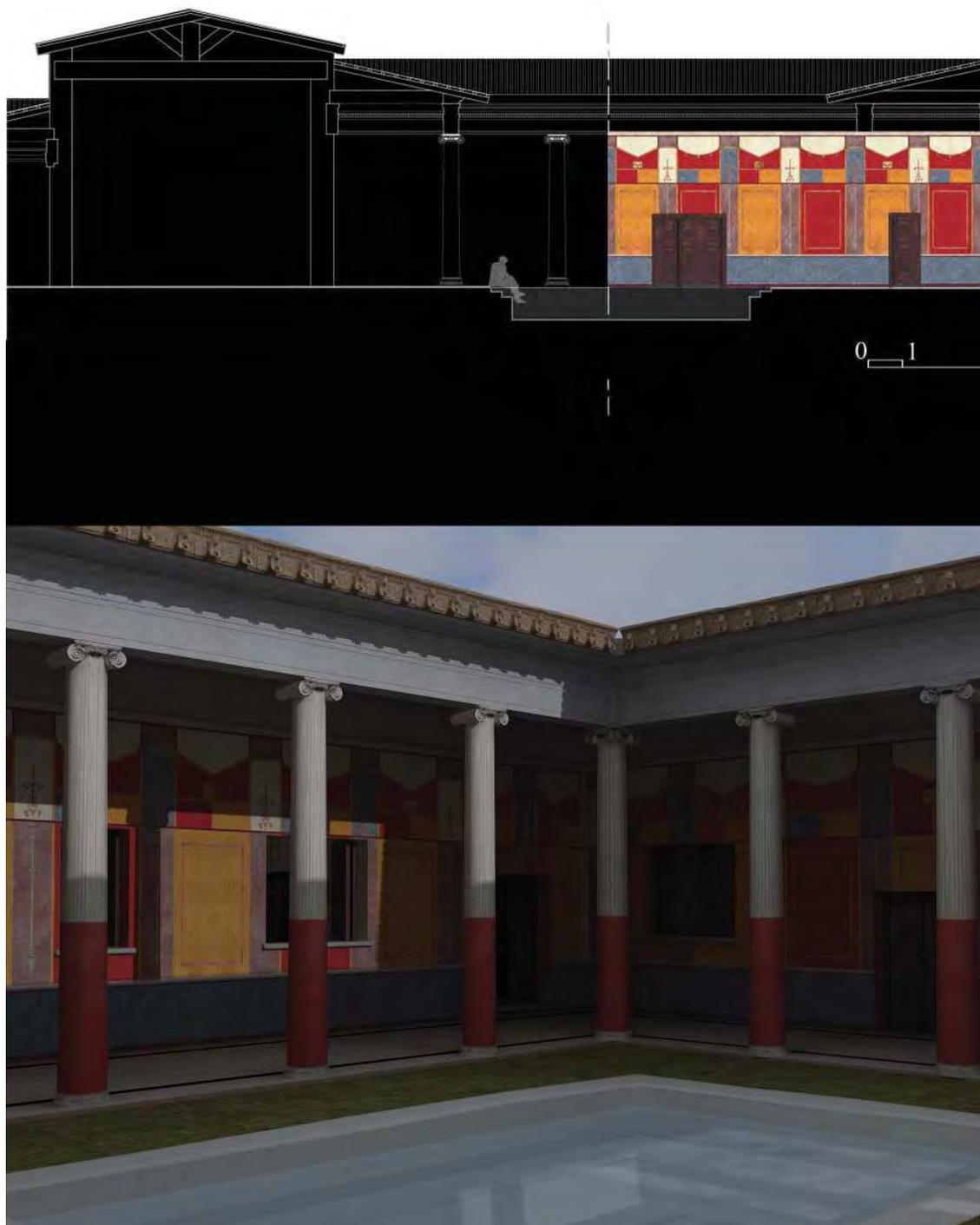


Figura 27 Sección del peristilo

La estatua de Augusto de Prima Porta fue encontrada en la villa de Livia, aunque su exacta colocación siempre ha sido objeto de debate. Las fuentes dan distintas opciones, alimentadas por la falta de rigor de las excavaciones de 1800 y 1900. Sin embargo observando un grabado de 1865 que recoge el momento en que se sacaba la escultura, se

aprecia el paisaje circunstante, con la colina y los restos de una torre renacentista todavía visible. El punto de vista parece coincidir con el de la zona del peristilo, donde además es lógico pensar, basándome en los numerosos fragmentos diminutos encontrados, que hubiera estatuas, y entre ellas ésta de Augusto. El pórtico tiene una altura superior a los cuatro metros, y la escultura poco más de dos, la posición del peristilo respecto a la zona pública con las estancias para invitados y los amplios salones para las recepciones, hacen de este jardín un lugar perfecto para una solemne decoración de fuerte impacto visual.

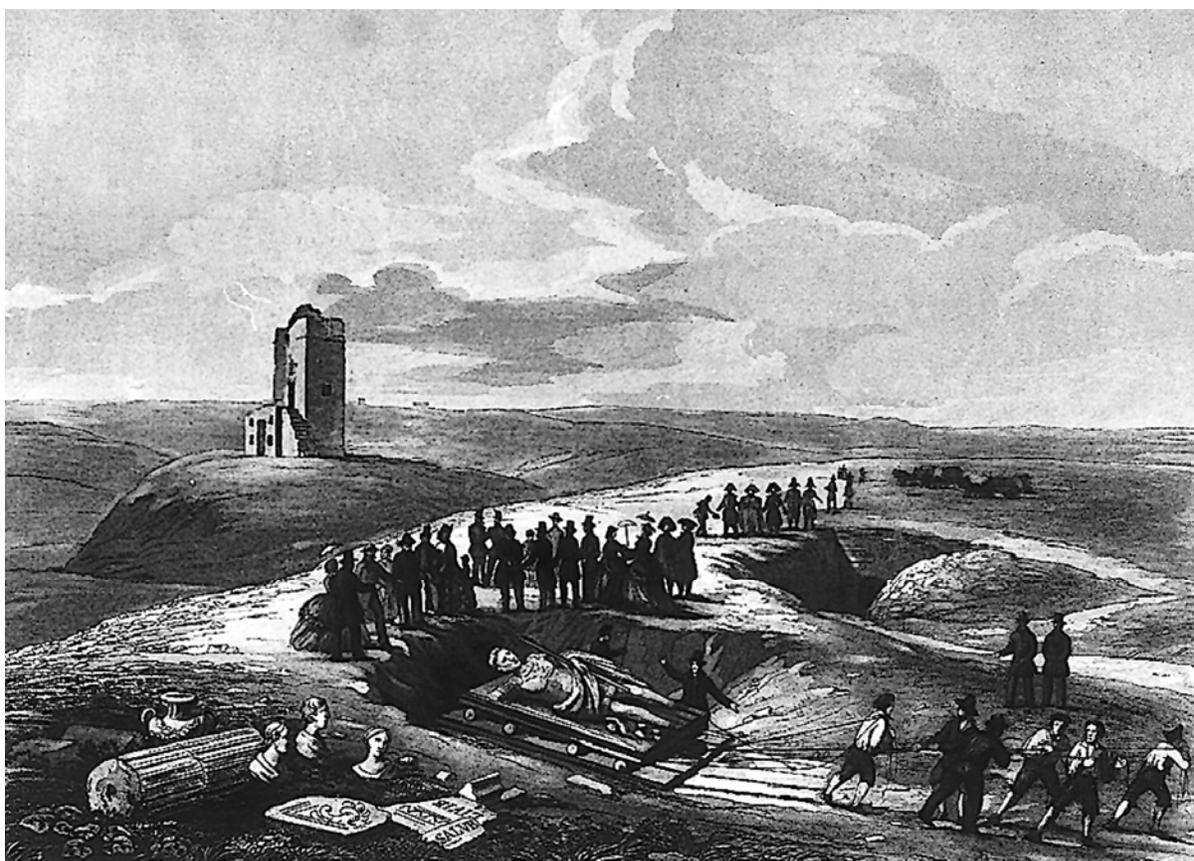


Figura 28. Descubrimiento de la estatua de Augusto durante las excavaciones de 1863 (de Cacchiatelli-Cleter 1865).

En conclusión, siendo esta un área verde a la que se abren los distintos ambientes públicos de recepción, los elementos presentes en este jardín y la vegetación debían de ser también un símbolo del rigor: setos dispuestos según un orden preestablecido se alternaban con árboles y frutales que aseguraran en los períodos estivos un refugio donde resguardarse del calor, todo ello entre estatuas de pequeño y gran tamaño, *hermas* y *oscilla*, que conformaban este espacio refinado y elegante.

Referencias: la Villa de Volusii de Lucus Feroniae (I sec. a.C.) (Sgubini, 1999); el peristilio de la Villa de Castel de Guido (I sec. a.C.- I sec. d.C.) (Rossi, 2001), la Villa de Oplontis, y la Villa San Marco. Para la decoración mural me he basado en las pinturas al fresco del peristilo de la Casa de la Venus de la Concha. Palatino, casa dei Griffi. Para el mosaico la antecámara del cubiculo 10 de la Villa dei Misteri de Pompeya y alcoba de la sala 9.

3.2. LOS JARDINES

El jardín en la casa romana se convierte en época augustea en el nuevo elemento introducido en la domus tradicional, que funciona como alternativa de la ampliación arquitectónica del antiguo *hortus*. En la Villa se pueden identificar dos jardines, uno pequeño situado al sur del atrio, al lado de los *cubicula* y de carácter privado, y otro más grande que todavía se está excavando, y que se puede fechar en época republicana a la luz de pocos datos existentes hasta el momento.

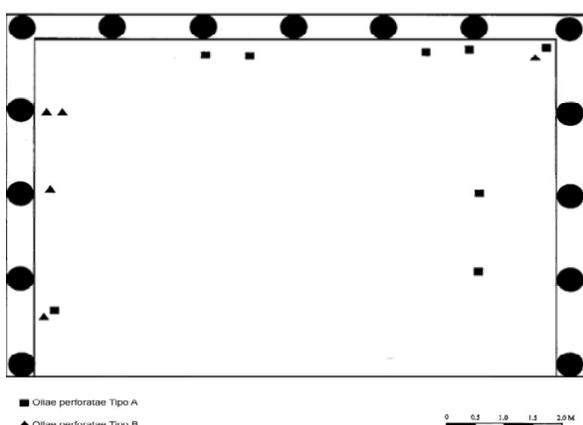
Para poder interpretar el conjunto arquitectónico de la Villa ha sido necesario estudiar también las zonas verdes (jardines y áreas abiertas). Del área excavada hasta este momento, que constituye la *pars urbana* de la Villa, sus tres cuartas partes estaban destinadas a jardines.

Para interpretar y reconstruir los espacios verdes la metodología de reconstrucción es muy parecida a la que se ha empleado en los espacios cerrados del edificio. He empezado por hacer un barrido de los datos procedentes de las distintas campañas de excavaciones arqueológicas de la Villa, las fuentes antiguas e iconográficas existentes, las representaciones pictóricas (las pinturas de jardín ofrecen datos interesantes para este propósito) y los paralelismos tipológicos.

Los huertos y jardines, los tipos de cultivos y las prácticas agrícolas cambian mucho según las distintas áreas geográficas y las características particulares de cada sitio. Los textos de Catón, Varón, Columella y Palladio, ofrecen información muy útil para interpretar los datos arqueológicos. De este modo, los elementos botánicos se unen a los arquitectónicos para decorar de distintos modos las zonas descubiertas. Apenas hay datos sobre los aspectos botánicos y agrícolas de la villa de Livia, por este motivo los estudios comparativos realizados de otros jardines de la misma época de los que existe mayor documentación, ha sido fundamental para poder interpretar los pocos datos que existían. No ha sido menos importante el estudio de casos como los de Pompeya y Herculano, cuya reconstrucción paleoambiental ha sido posible gracias a su excepcional conservación, permitiendo además demostrar la vinculación de un particular contexto socio-económico y cultural al jardín. El estudio de otros casos ha permitido recuperar solo datos que evidencian la presencia del jardín en los espacios domésticos, aunque la información más común era sobre los restos arquitectónicos o los elementos que lo decoraban. Lo que sí aparece como rasgo común en todos los casos analizados es la importancia que tiene el jardín en época imperial dentro de la vivienda, hasta el punto de convertirse en el núcleo principal de la casa romana. Puesto que el clima apenas ha cambiado desde época romana, las especies vegetales no son muy distintas de las actuales, y el estudio del tipo del suelo y las plantas que en éste se podían dar, ha sido un modo importante para convalidar las hipótesis realizadas.

La mayor parte de la documentación arqueológica disponible acerca de los jardines privados romanos procede de Pompeya (Jashemsky, 1979). Se trata sobre todo de los jardines vinculados a la casa con atrio y peristilo; el módulo más extendido era el del peristilo que rodeaba un espacio central con función de jardín, y las domus más ricas y complejas podían tener dos o más peristilos, a menudo de grandes dimensiones; en cualquier caso el estudio de los casos de Pompeya o Herculano confirman la función escenográfica del jardín.

Para la reconstrucción del jardín “republicano” ha sido fundamental la documentación existente de las excavaciones. En



este espacio se han encontrado fragmentos de cerámica identificados como ollae perforatae¹⁸ de varias dimensiones. Basándome en la disposición de los fragmentos de los tientos he identificado un ritmo que podría corresponder a la distancia entre las columnas que conformarían el pórtico. Se trata de una separación de aproximadamente un metro y medio en los ejes norte-sur y este-oeste, que correspondería a la separación entre columnas de un pórtico de 5x7 columnas.

Figura 29 Villa de Livia, planta reconstructiva del jardín republicano

Puesto que en el lado sur de este espacio no se han encontrado fragmentos cerámicos, parece razonable pensar que podría tratarse de un pórtico de tres lados. Con seguridad la disposición de este jardín cambiaría a lo largo de la vida de la Villa, manteniéndose invariado el carácter de jardín privado. Considerando las dimensiones de este espacio y las características comunes de este tipo de jardines, probablemente contendría arbustos (adelfas, romero y otras plantas aromáticas), plantas de pequeño porte y árboles frutales de tamaño medio (limones, higueras, etc), que se dispondrían en correspondencia con las columnas. Naturalmente además de las diversas especies vegetales, el jardín contendría una serie de elementos ornamentales tales como fuentes, esculturas, etc. (Messineo, 2001). En el antiguo modelo de casa itálica con atrio central, el espacio verde situado en la zona interna tenía una función sobre todo productiva y utilitarista. Generalmente presentaba árboles frutales, arbustos y plantas aromáticas, y también verduras y hortalizas para su uso doméstico¹⁹. En el caso concreto de la villa de Livia hay numerosas noticias históricas que informan de la persona de Livia y de sus costumbres, su afición por las plantas medicinales y la preparación de ungüentos que ella misma hacía con las plantas que cultivaba. De hecho gracias al contacto cultural de Roma con el Oriente helenístico, se convirtió en practica habitual que las salas principales, colocadas tradicionalmente alrededor del atrio, con el tiempo se fueron abriendo hacia el jardín, que fue cobrando importancia y se convirtió en un lugar de ocio y de deleite estético. Aquí, Livia, en la tranquilidad de un espacio privado, podría dedicarse al cultivo de plantas y flores: las fuentes informan de que usaba la émula campana en infusión para aliviar los problemas de digestión, o la liviana, una especie de la familia de las moráceas cuya creación mediante injertos se atribuye a Livia.

En el mundo romano la presencia del jardín asume una función decididamente importante. En las ciudades, además de los espacios verdes públicos, la mayor parte de las superficies destinadas a jardín se localizaban en el

¹⁸ Se han encontrado dos tipos de *ollae*: el tipo A que tenía un único agujero en el fondo y probablemente se usaba para transportar las plantas, y el tipo B, que tenía tres agujeros en la zona inferior y que quizás se usara para los acodos aéreos, tal y como explican Plinio y Catón, dos autores que a menudo han tratado este tema, y que son una referencia absoluta para poder hacer hipótesis sobre el paisaje romano.

¹⁹ Este espacio tenía además un valor simbólico y religioso en el ámbito de la casa y era también el lugar donde estaban los dioses lares familiares y las divinidades protectoras de la casa.

interior de los edificios privados. Espacio rico de vegetación más o menos frondoso, el jardín se convierte en la imagen de la naturaleza delimitada, modelada y forjada por el hombre, y constituye una parte esencial de la casa romana.

El conocimiento de las técnicas de jardinería experimentadas en las ciudades helenísticas determinó la difusión del *ars topiaria* en el ambiente romano. Este oficio se puede definir como el arte de la jardinería mediante el control de la vegetación y la poda de los arbustos, creando figuras y formas geométricas, y haciendo que las plantas crezcan en los muros, columnas u otros soportes, todo ello unido a diversas instalaciones hidráulicas y distintos elementos arquitectónicos o escultóricos. Esta técnica se encuentra a menudo en las villas residenciales y en los jardines ya sean públicos o privados, sobre todo a partir del siglo I a.C.; sobre todo en las residencias imperiales del suburbio de Roma, donde los espacios verdes predominaban dentro de las viviendas, y las salas de recepción y demás habitaciones importantes de la casa se abrían a estos jardines.

El jardín republicano.

Este pequeño jardín está situado en la zona de los *cubicula*, y su construcción se puede fechar alrededor del año 30 a. C: Como ya hemos visto antes ocupa un espacio de 6x9 metros, y en él se han encontrado unas veinte *ollae perforatae*, dispuestas de forma regular a una distancia entre sí de 5 ½ pies en el eje norte-sur y 5 pies en el lado este-oeste (Klynne 2004). Además se ha encontrado un canal para la evacuación del agua, que estaba cubierta con fragmentos cerámicos y que ha permitido a los arqueólogos datar el jardín entre el 20 y el 40 a.C.

Este jardín, de reducidas dimensiones, reservado y apartado, estaba comunicado con las habitaciones privadas de la casa y probablemente cerrado en su lado sur. Existen jardines parecidos en Oplontis (jardín meridional de la villa de Poppea), en la villa San Marco de Stabia, o en el jardín pequeño de la casa de la Venus de la Concha. De este jardín queda solo la base de una columna que por su tamaño podría ser de orden dórico, que además se adapta bien a las dimensiones reducidas del jardín, y a las alturas dadas por los paramentos verticales que aún se conservan.

Los restos de la decoración mural del pórtico son a duras penas visibles, pero parece que existía un zócalo de color rojo aunque ya no sea perceptible; la propuesta que he elaborado parte de este dato y toma como modelo el pórtico oeste del jardín 25 de la villa de Oplontis, se trata de un esquema decorativo geométrico muy sencillo que además está presente con otras variantes, en ejemplos coetáneos como la villa de la Farnesina en Roma o la casa de Centenario de Pompeya.

Referencias : los paralelismos estudiados para este pórtico son la casa republicana del Palatino que se encuentra junto a las *scalae Caci* (vano G); la casa del Naviglio; el *oecus* de la casa de las bodas de Hércules y la casa del Marinero, todo en Pompeya.



Figura 30: Arriba sección de trabajo del lado norte de la hipótesis reconstructiva. Abajo vista desde el porticó al que abren los cubicula del jardín republicano.

El jardín grande

Considerado por Heinz Kahler como un jardín construido en terrazas, éste ocupa el espacio al este de la zona residencial de la Villa. El hallazgo de *olla perforatae* y de una serie de estructuras murarias confirman la existencia de un jardín de época imperial. Las excavaciones de esta zona se están realizando en diversas campañas desde hace ya algunos años, y por falta de fondos se limitan a zonas muy pequeñas que apenas aportan datos para poder entender cómo funcionaba este jardín. Se han encontrado numerosos fragmentos de columnas de ladrillo con acanaladuras de estuco. Aunque no existe una planta completa con los datos de las distintas excavaciones, el profesor Messineo, que

excavó la parte más importante de la Villa, ha confirmado la existencia de una columna de esquina en la zona noreste que delimita el pórtico que rodea el jardín y nos permite establecer la disposición y luz entre los soportes. Existe un levantamiento de otras tres columnas en el lado norte, una en el sur y otra más en el este, que unidas a la columna que no aparece en la planimetría, ofrecen datos suficientes para poder determinar la escansión de las columnas que conforman el pórtico.

En el lado sur no se ha encontrado ningún fragmento de columna hasta el momento; si bien es cierto que apenas se ha excavado en este sector, hasta el momento solo se han podido encontrar restos de cimentaciones murarias y distintos fragmentos de *ollae perforatae* que atestiguan la presencia de plantas. Sin embargo es difícil pensar que el pórtico pudiera estar abierto y expuesto en su lado sur, y en la reconstrucción se ha optado por cerrar con unas columnas que crean una especie de diafragma que garantiza al mismo tiempo privacidad y visibilidad.



Figura 31: Porticus Liviae, Forma Urbis.

La altura del pórtico está en función de la altura predeterminada de la zona del atrio, y sigue las indicaciones de Vitruvio para columnas de menos de 5 pies. El jardín está hecho con un módulo de 4, con unas medidas de 17x19 módulos y un intercolumnio de 3,5 m. que determina un pórtico de 18x20 columnas.²⁰

El pórtico que propongo es de orden corintio basándome en los fragmentos existentes; éste es el orden más difuso y apreciado en la arquitectura romana augustea, momento en el que se introducen una serie de cambios estilísticos: las proporciones del capitel cambian, se vuelven más esbeltos, y la relación entre altura total y diámetro inferior es de 1,30 o 1,40. En esta hipótesis reconstructiva el entablamento mide aproximadamente un quinto del orden total, los capiteles tienen una proporción de 1,40 y un arquivado descompuesto en tres bandas horizontales superpuestas y escalonadas (*fasciae*).

Al norte del jardín aparecen unos restos visibles de muros que habían sido identificados como muros de un jardín colgante (Klynne y Liljenstolpe, *Ad Gallinas Albas*, 2001) por la presencia de moluscos²¹ *in situ*, pero que prefiero interpretar como muros de contención del terreno. Los restos de moluscos podría deberse al hecho de que éstos se

²⁰ Klynne, A. *The laurel grove of the Caesars: looking in and looking out*, 2002. En este artículo proponen una hipótesis sobre el jardín grande que tendría un pórtico con 19 x 17; yo he ajustado el número de columnas respetando la luz entre ellas pero eliminando la columna que según la teoría de Klynne coincidía con el eje de la puerta que comunica el pasillo 47 con el jardín.

²¹ Ezequiel M. Pinto-Guillaume: *Mollusks from the Villa of Livia at Prima Porta, Rome: the Swedish garden archaeological project*, 1996-1999.

sienten atraídos por los lugares húmedos y protegidos, y un muro de estas características representa sin lugar a dudas un refugio apropiado. Para realizar este análisis he tenido en cuenta el teatro de Basilea, el mausoleo de Augusto o la villa de Horacio de Tivoli, que presentan estructuras similares.

Mediante la comparación con otros ejemplos coevos, sobre todo el Porticus Liviae, he realizado una hipótesis en la que introduzco unas hornacinas con esculturas en las paredes, en el espacio que queda entre las columnas.

Hay que recordar que el Porticus Liviae fue un lugar muy importante en época augustea; y una referencia fundamental para la arquitectura de Augusto.

Respecto al aparato decorativo que se propone para el jardín grande, se han encontrado fragmentos de pinturas al fresco que demuestran que las paredes estuvieron inicialmente revestidas de color rojo y posteriormente se introdujo el color amarillo con detalles blancos y azules. La decoración propuesta emplea un esquema geométrico a base de rectángulos que siguen en ritmo de las columnas del pórtico.

La decoración mural presenta un esquema a base de rectángulos: el mayor sigue las proporciones del rectángulo áureo y mide 10 x 6 pies, o lo que es igual, $2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ módulos. El módulo de las columnas de este pórtico es de 1/10 respecto a su altura (figura 32, derecha). El tejado del pórtico estaba cubierto por tejas y la cornisa estaba decorada por lastras de barro cocido. Se han encontrado al menos tres fragmentos de simas decoradas con motivos vegetales de palmas y otra dentellada del mismo tipo que las que se encontraron en los años 70 y 80 en las excavaciones de la zona residencial de la Villa, y que se dataron en época augustea.



Figura 32. Reconstrucción del jardín imperial con una vegetación hipotética.

Referencias : los paralelos encontrados para el jardín son entre otros el gran jardín porticado del siglo II d.C. de la villa de Sette Basi, el Portico Liviae del que sólo se conoce la planta de Forma Urbis, el pórtico A de la villa de Castelfusano conocida como la villa de Plinio (II d.C.) (Ramieri, 1995), y el peristilo de la casa de Iulia Felix en Pompeya.

3.3. LA ZONA DEL PÓRTICO RUSTICO 43 Y DEL JARDÍN REPUBLICANO

Triclinio (vano 58)

La sala identificada como triclinio se asoma al atrio de la Villa, ligeramente desplazada respecto al eje central. Dentro de la habitación hay dos estructuras rectangulares de tamaño pequeño (58 a-b) situadas en las dos esquinas, que podían tener función de alacenas. Esta sala tiene una disposición parecida al triclinio de la villa de Oplontis, que además estaba directamente comunicado con la cocina. En la Villa no se ha identificado el lugar donde podía estar ubicada la cocina, pero seguramente estaría cerca del triclinio. A veces las cocinas y las hornillas estaban en espacios abiertos para evitar los posibles incendios, o tenían la lumbre en el centro, cubierta por una bóveda con una abertura en el centro para la evacuación de los gases.

El triclinio sigue las indicaciones de Vitruvio sobre la orientación al oeste para los triclinios invernales, que al igual que los estivos, éstos *“están orientados sobre todo, hacia zonas ajardinadas; y en su parte central poseen unas puertas de dos hojas. Su longitud y su anchura deben permitir que se puedan ubicar dos triclinios, uno en frente de otro y un espacio suficientemente amplio a su alrededor; a derecha y a izquierda se abren unas ventanas de doble hoja, para poder contemplar los jardines desde los mismos lechos del triclinio. Su altura será equivalente a su propia anchura más la mitad.”* Además Vitruvio da una serie de indicaciones para la decoración de estos espacios:

“En los triclinios, por ejemplo, no ofrece ninguna utilidad adornarlos con pinturas de grandes objetos ni con delicadas molduras en las cornisas bajo las bóvedas, ya que se echan a perder por el humo del fuego y por el hollín continuo de las antorchas. En estos comedores deben labrarse y pulimentarse unos rectángulos de negro sobre zócalo, intercalando unos triángulos de ocre, o bien de bermellón; las bóvedas se terminan simplemente pulidas. Irá bien con el pavimento mantener la práctica de los griegos respecto a sus comedores de invierno, pues no son nada suntuosos y su disposición es bastante práctica. Así es, se ahonda el suelo del triclinio aproximadamente dos pies, dejándolo bien nivelado; se apisona el suelo y se tiende una capa de ripio o de ladrillo molido, dejando el pavimento ligeramente inclinado de manera que tenga sus propios desagües en el canal. Posteriormente se echa una capa de carbón, bien apretado y consistente, que se cubrirá con una mezcla de arena gruesa, cal y ceniza, con un grosor de medio pie. Perfectamente nivelado y pulimentado «con piedra de afilar», adquiere el aspecto de un pavimento negro. Durante los banquetes, lo que se derrame de las copas y los esputos se secan al momento; quienes sirven a la mesa, aunque vayan descalzos, no se mancharán con el vino vertido, debido a esta especial clase de pavimento”. (Vitruvio, 7, IV,3).

En el caso del triclinio de la Villa, basándome en los restos arqueológicos, el pavimento de edad augustea debía de ser un sencillo mosaico blanco, en contra de las prescripciones vitrubianas.²² El mobiliario debía de ser sencillo, y la reconstrucción del triclinio se ha realizado siguiendo esta idea²³.

²² *“Anche per i pavimenti sarà opportuno rifarsi alla disposizione degli ambienti invernali dei Greci: sobrietà modica spessa e grande funzionalità. Viene infatti praticato uno scavo per la profondità di circa due piedi sotto il livello del triclinio e battuto per bene il suolo vi si sparge uno estratto di pietrisco o di cocci con una pendenza che termini in un canale di fuoriuscita. Si passa quindi un secondo strato di carboni ben pressati su cui fare una gettata di calcestruzzo misto di sabbione calce e cenere per uno spessore di mezzo piede. Levigato per bene e lisciato a riga e livella il pavimento assumerà un colore nerastro e così nei loro triclini tutto ciò che viene versato a terra o sputato si asciuga subito e anche gli schiavi che svolgono le loro mansioni a piedi nudi non soffrono grazie a questo pavimento”.* (Vitruvio, 7, IV,3)

La altura de la pieza se ha calculado siguiendo las recomendaciones de Vitruvio, que indica que su largo será el doble de su anchura. La altura de todas las habitaciones de planta rectangular suele ser igual a la mitad de la suma del largo y del ancho de ésta. “La sala del triclinio será en su largo el doble de su ancho. La altura de todas las salas de planta rectangular corresponderá a la mitad de la suma de su largo y ancho. Si se trata de exedras o salas cuadradas, su altura debe de ser una vez y media su largo” (Vitruvio, 6, III).

Referencias: Casa republicana del Palatino que se encuentra junto a las *scalae Caci* (vano C); Domus del criptopórtico de Vulci. La propuesta de decoración mural del triclinio se basa en las comparaciones con algunos ejemplos similares como la Villa de Agrippa Postumus de Boscotrecase, o los frescos de las paredes del tablinio de la Casa de Marcus Lucretius Fronto de Pompei.



Figura 33: Sección reconstructiva de la zona del triclinio

Atrio 43

De planta cuadrada, tenía cuatro pilares de ladrillo en el centro, la zona delimitada entre éstos probablemente fuese un pequeño jardín en un primer momento. Parece ser que bajo en actual *impluvium* se han encontrado restos de tuberías de una fase anterior a la actualmente visible; y al no haber restos de ningún recipiente para acumular el agua, se puede pensar que este espacio en origen no fuese un atrio sino un pórtico con un pequeño jardín, que serviría como entrada secundaria de la Villa desde una calzada empedrada con cantos rodados de gran tamaño que bordeaba la cisterna²⁴.

²³ Svetonio dice a propósito de la casa de Augusto del Palatino. “*Il suo materiale domestico e il suo arredamento erano semplicissimi, come si può vedere dai letti e dalle tavole giunte fino ai nostri giorni, l a maggior parte dei quali appena appena si addicono ad una privata eleganza.*” *Vita dei Cesari*, 73.

²⁴ Calci 1984, p. 54 e 56; Messineo 1991, p. 224 e 230.

Los restos actualmente visibles de este espacio están realizados en *opus latericium* y *opus listatum* excepto el muro sur que separa el atrio de la habitación 51 y que está hecho en *opus reticulatum*. En el lado sur se ha encontrado una base de *opus latericium*, de 1,20 x 1,75 m. y 45 cm. de altura, probablemente un larario, que ocultaba restos de la decoración de época augustea.

Se propone la reconstrucción de un ambiente con cuatro columnas dóricas que sujetan el *compluvium*, calculadas según lo indicado por Vitruvio, con una proporción de dos módulos de diámetro y 14 de altura (1/7). La altura de estas columnas hasta las vigas que sujetan la cubierta siguen las recomendaciones de vitrubianas, siendo inferiores a un cuarto de la altura total, este espacio lo ocuparán el soffito y los casetones. Las vigas del atrio según estos cálculos tendrán una altura igual a su largo²⁵. Siempre según el autor romano, las entradas de los atrios de pequeñas dimensiones tendrán que tener unas medidas en relación con el ancho del *tablino* (dos tercios del largo de éste), mientras que en los más grandes será igual a su mitad. Estas medidas no se verifican en el caso de la villa de Livia, si bien es cierto que la disposición del atrio no sigue la regla general de las casas romanas.



Figura 34 Hipótesis reconstructiva del atrio 43 en época augustea.

Referencias: Villa de Casal Bianco (atrio residencial del II-I a.C.) (Calci, 1988), la Villa de Casale Ghella con atrio residencial y atrio rustico (I sec. a.C.) (Messineo, 1988), la Villa de la Cecchignola (del II-I a.C. datos de las excavaciones de 1939), la Villa del Cimitero Flaminio (I sec. a.C.) (Mancinelli, 1992) y la villa de Castel di Guido. Para la hipótesis decorativa de este espacio se sigue el esquema del fragmento encontrado que se ha conservado detrás del

²⁵ Para calcular el ancho y largo de los atrios, Vitruvio indica tres modos: en el primero el ancho será igual a los tres quintos del largo, en el segundo caso será de dos tercios, y en el último caso, una vez determinado el valor del largo, se trazará una diagonal del cuadrado construido sobre este lado y ésta será la medida exacta del ancho de la habitación.

larario²⁶ parecido al del atrio de la Villa San Marco. Además esta decoración presenta también analogías con la del triclinio de la Casa de Ganimedes de Pompei²⁷.

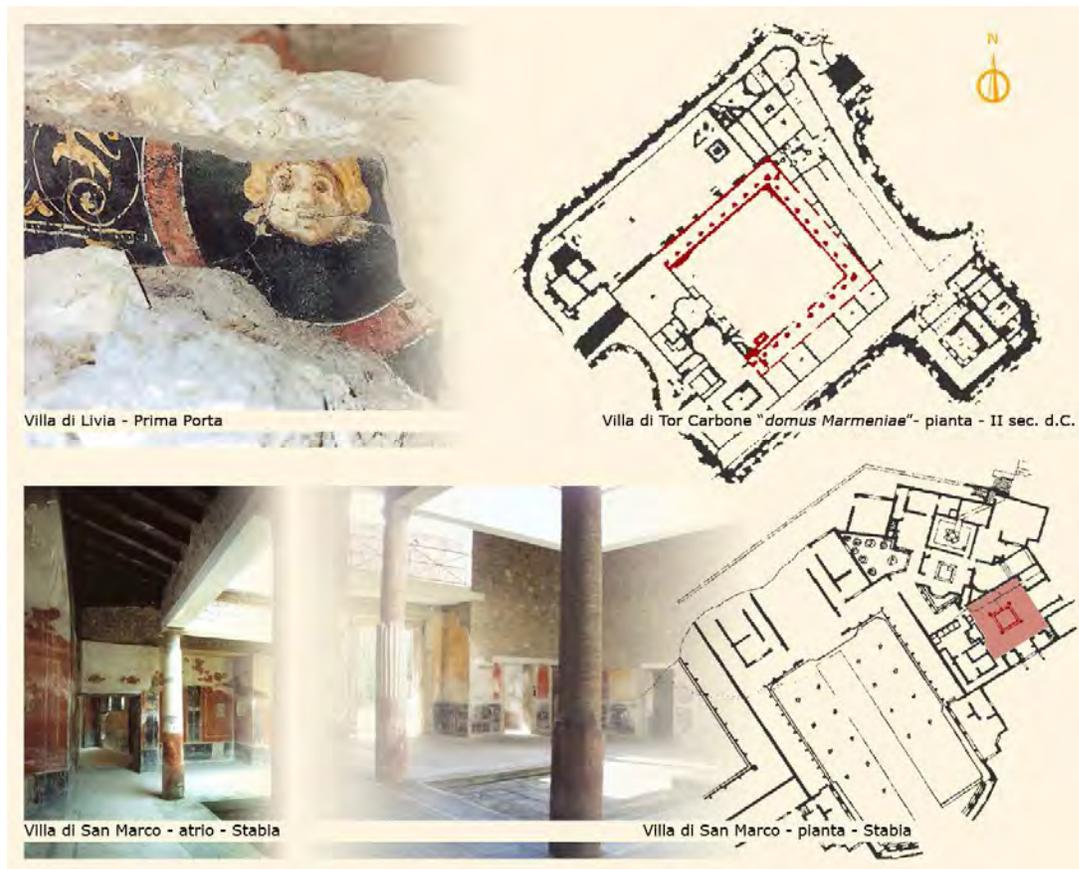


Figura 35. Ficha con los paralelismos estudiados para la sala 43

Sala 56:

Se ha conservado el pavimento original con un motivo decorativo a base de rombos negros sobre fondo blanco, y quedan restos de color amarillo y negro del zócalo. Con estos datos se ha reconstruido la sala calculando la altura según las prescripciones de Vitruvio para las habitaciones de planta rectangular y teniendo en cuenta los espacios adyacentes. Además, por tratarse de una habitación que unía el jardín republicano con el peristilio, se ha optado por un motivo decorativo con esquema modular y repetitivo como era práctica habitual en este tipo de estancias.

En la villa de Oplontis la habitación n.º 11 tiene un esquema decorativo que recuerda a los vestigios encontrados en la villa, y se ha tomado como referencia. La decoración del techo se ha querido armonizar con el conjunto, y se ha cogido como modelo el techo de una sala situada al este del peristilio 22 de la misma Villa.

²⁶ Vitruvio 7, V, 1. A propósito de la decoración mural, Vitruvio escribe "Nelle altre stanze che si è soliti usare in primavera, autunno ed estate e inoltre negli atri e nei peristili vengono adottati ormai per antica consuetudine dei soggetti pittorici desunti della realtà secondo una precisa tipologia. Infatti l'immagine pittorica rappresenta ciò che esiste o che può esistere: persone, edifici, navi e altri soggetti della cui precisa e definita identità corporea riproduciamo nelle copie. Ecco perché gli antichi che dettero inizio alla decorazione parietale imitavano dapprima la varietà e la disposizione dei rivestimenti marmorei, poi la varia distribuzione di corone, di baccellature, di figure triangolari e le loro possibili combinazioni".

²⁷ de Vos 1982 tav. 119 n.2, casa delle pareti nere di Pompei "La peinture", 1993, II, p. 337 n.77

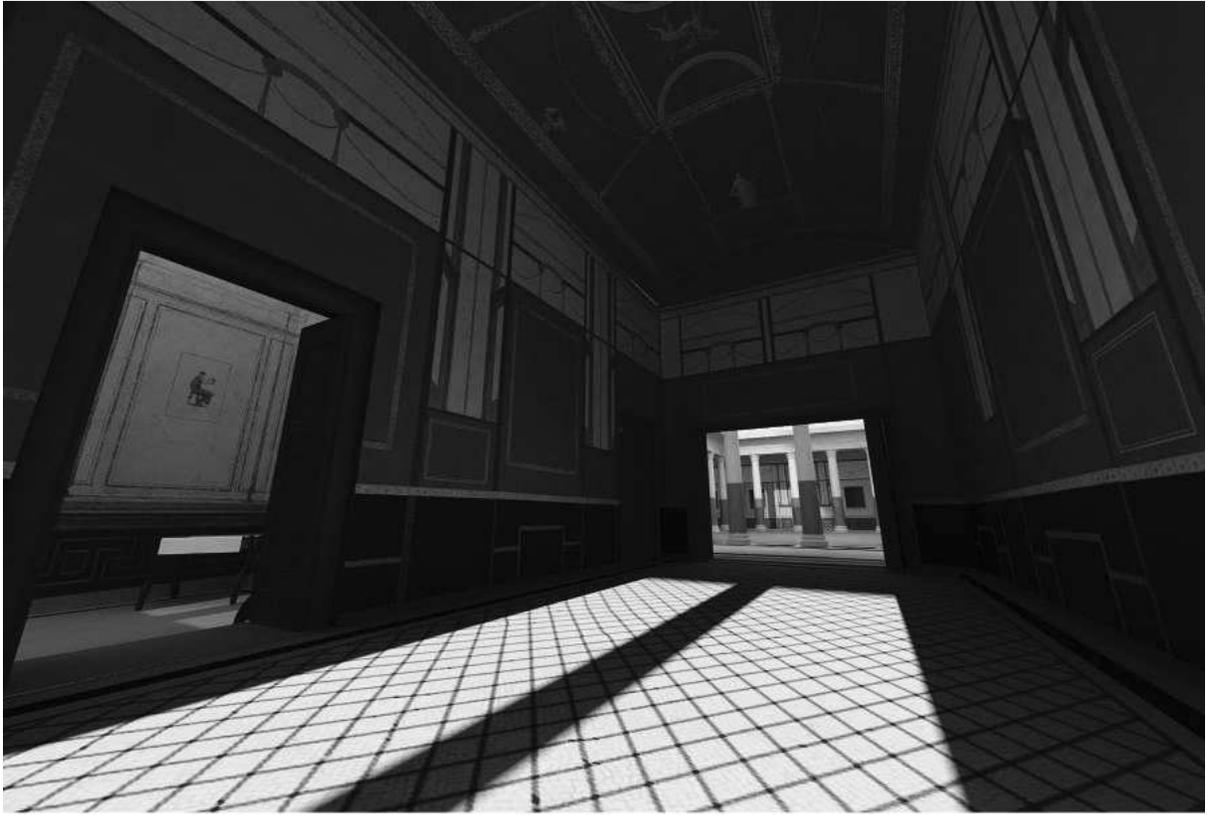


Figura 36. Reconstrucción de la sala 56 de la Villa en época de Augusto.

Pasillo 44

Se ha propuesto como hipótesis reconstructiva un pasillo cubierto con bóveda de cañón y suelo de mosaico blanco y negro con borde negro. La decoración mural sigue los modelos usados para los pasillos, con un motivo decorativo similar al de la villa romana de Commugny²⁸. Como suele ocurrir en las habitaciones de paso, la decoración de la pared sigue un patrón geométrico simple, hecha de rectángulos que marcan el espacio y se repiten a lo largo de las paredes como en nuestra propuesta. Al ser un pasillo angosto, las paredes son de tonos claros para que aporten luminosidad al ambiente.

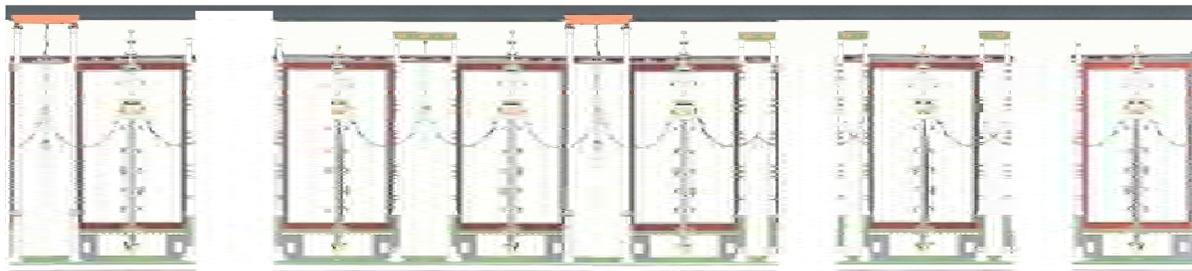


Figura 37 Estudio de la decoración de las paredes del pasillo 44

Referencias: Domus fulminata de Ostia (Becati 1961); mosaico de las Termas de Caracalla (Balmelle et alii 1985). Villa de Comugny.

Cubicolo 50:

Esta habitación se ha querido identificar como dormitorio de los propietarios de la Villa. El pavimento está restaurado, con decoración en la zona del umbral con círculos negros y hexágonos curvilíneos, que no aparece hasta el siglo II d.C. en Tívoli, Villa Adriana y Villa del Cementerio Flaminio (De Franceschini, 2005). El mosaico blanco con un borde decorado con esvásticas también se encuentra en el Palatino.

Para cubrir este espacio se ha realizado una hipótesis reconstructiva de una falsa bóveda, como suele ocurrir en otros *cubicula*, como en Villa de la Farnesina u Oplontis. Se trata de un sistema para cubrir este tipo de espacios muy común. Vitruvio describe como construir una falsa bóveda apoyándose en una estructura de madera para obtener el efecto de una bóveda real (Vitruvio, VII, 3); el empleo de la falsa bóveda permite una mayor libertad para cubrir este espacio sin tener que considerar las alturas de las zonas limítrofes. La altura de este cuarto se ha calculado confrontándolo con las proporciones de otros espacios conocidos, como los cubículos E, D, y B de la Villa de la Farnesina y el cubículo con escenas mitológicas de una villa romana de Castel de Guido. La decoración que se ha planteado en la reconstrucción es del todo hipotética porque apenas quedaban restos de una decoración de una fase posterior, por lo que el grado de fiabilidad de la decoración es puramente evocativo, ya que se basa en los paralelismos con la villa de la Farnesina. Además se ha querido introducir una serie de alusiones al mundo egipcio y a su paisaje, en referencia a la conquista de Egipto, tras la derrota de Marco Antonio y Cleopatra por Octavio²⁹ (más tarde Augusto) en 31 a.C.

²⁸ Colonia Iulia Equestris il cui centro era Nyon (Noviodunum). De estas pinturas B. Gubler ha realizado una restitución gráfica que ha servido para la propuesta de decoración mural del pasillo 44.

²⁹ La primera fase de la Villa se puede fechar en torno al 30-25 a.C.: la presencia de este tipo de decoración sería del todo posible.

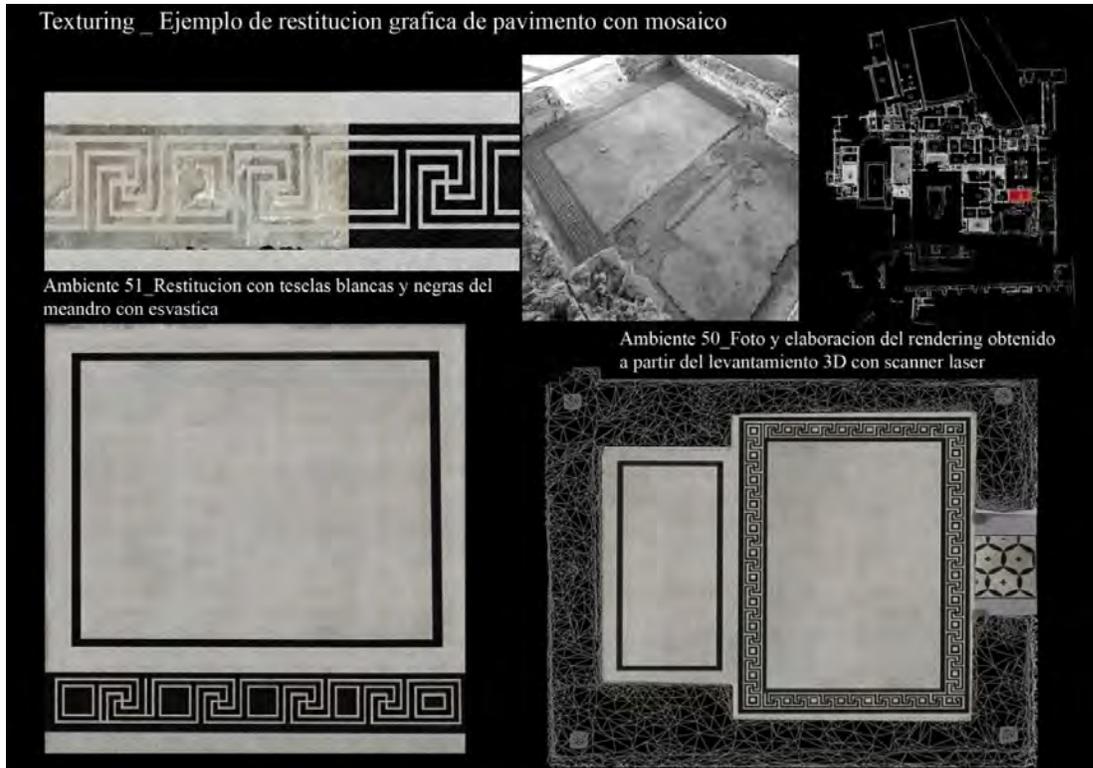


Figura 38. Restitución gráfica del pavimento de mosaico de las salas 50 y 51.

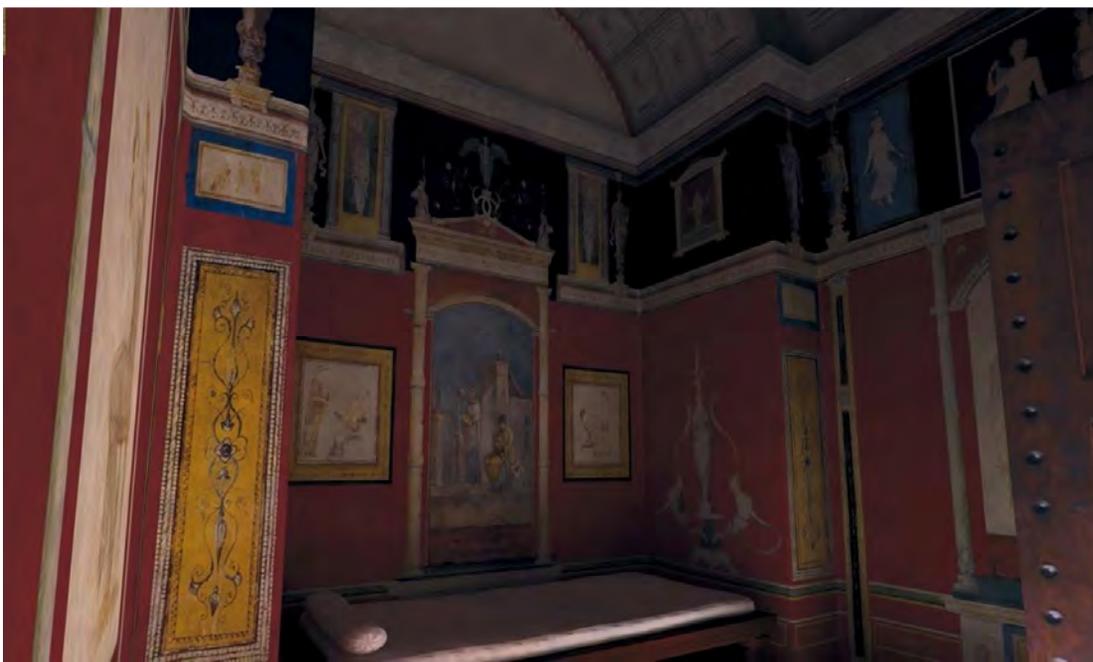


Figura 39. Reconstrucción virtual del cubículo 50.

Tablino o exedra 51:

El tablino 51 está situado en posición central axial y se abre hacia el jardín republicano. Para este tipo de ambientes Vitruvio afirma: "*la anchura del tablinum será equivalente a dos tercios de la anchura del atrio si ésta mide 20 pies, la mitad si mide entre 30 y 40 pies, dos quintos si mide de 40 a 60 pies. Para atrios más pequeños estas relaciones de simetría no sirven, pues si se siguiesen, ni el tablinum ni las salitas adyacentes serían de utilidad, y si, por el contrario, adoptamos una relación simétrica respecto a un atrio pequeño, se traduciría en una fuerte desproporción entre los elementos*".

Realizando el cálculo de las medidas del vano n°. 51 en relación con el atrio, resulta que las proporciones indicadas por el arquitecto romano no se corresponden con las medidas presentes en la villa. Por esta razón, se decidió simplemente realizar una reconstrucción de la sala a partir de la geometría observada *in situ*³⁰. El umbral de la puerta tiene una banda decorativa con un meandro con forma de esvástica que da lugar a unos cuadrados. Originalmente policromado, fue restaurado con teselas en blanco y negro; este motivo decorativo era típico de los *tablinum* y villas, como las de S. Basilio o la Marcigliana. El suelo de la habitación consistía en un mosaico de teselas blancas. En la reconstrucción se ha recreado el umbral antes de su restauración (Figura 38).



Figura 40. Vista de la exedra 51 desde el jardín republicano

Referencias: habitaciones bajo el peristilio S de la casa de Livia en el Palatino; casa republicana bajo la iglesia de San Pedro in Vincoli de Roma. Para el suelo mosaico republicano bajo el hospital de Santo Spirito in Sassia (Frhlich 1995), y mosaico del museo de Alatri (Vincenti, 1998)

³⁰ Probablemente el ambiente, identificado por los arqueólogos como tablino, debía de tener en pasado una función diversa, porque además esta zona se construye sobre los restos en parte visibles de la villa republicana sobre la que se construye la villa de Livia.

Cubículo 52:

El ambiente n. 52 podría identificarse con otro *cubiculum* de propiedad de la familia imperial. En los muros quedan restos de pintura de color rojo, quizás de una intervención posterior a Augusto; y de una estructura en la esquina oeste que podría haber servido para alojar una recámara³¹. También se conservan restos de mosaico blanco (116 teselas/100cm²). La hipótesis reconstructiva de este cubículo sigue los mismos principios que el cubículo n°50.



³¹ Calci 1984, p. 50-52

3.4. LA ZONA TERMAL

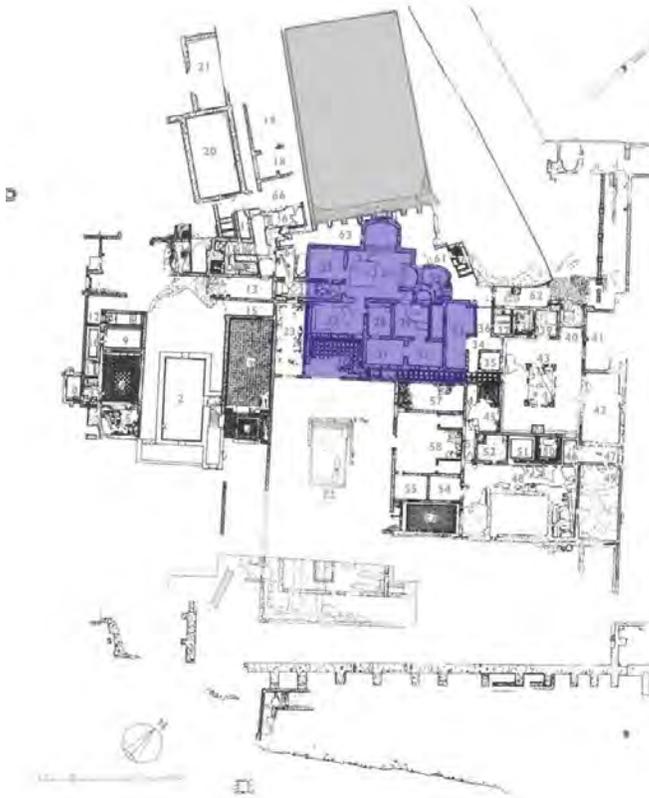


Figura 41. Planta de la Villa de Livia. En color violeta la zona termal con una planta subterránea de ambientes de servicio. En color gris la gran cisterna enterrada que abastecía de agua la Villa.

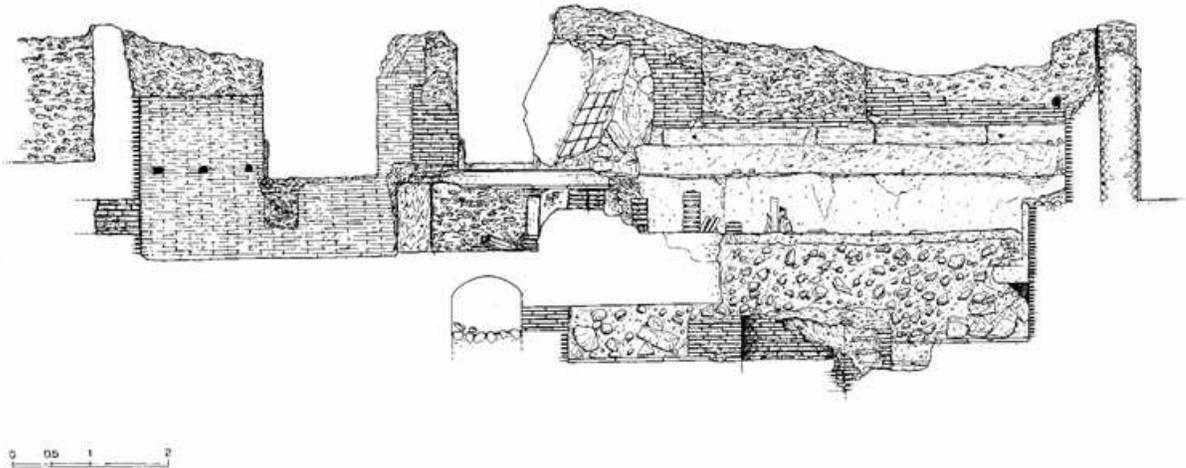


Figura 42. Sección transversal por las salas 27-30 en la que se aprecian los ambientes subterráneos de servicio de la zona termal..



Figura 43. Levantamiento con escáner laser del sector termal.

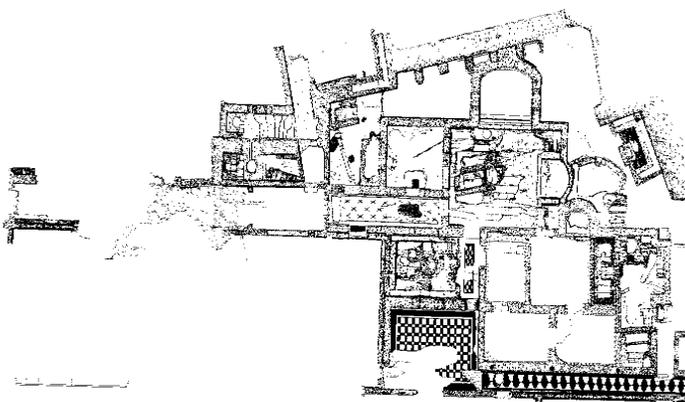


Figura 44. Planimetría del sector termal según Sabatini.

El complejo termal de la Villa de Livia es muy común, a pesar de los condicionamientos planimétricos determinados por su inclusión en un edificio existente, para el que probablemente tuvieron que destruir un sector de la Villa para la construcción de las termas. En la zona termal se reconocen al menos dos fases, la primera está fechada entre el tiempo de Claudio, Nerón, y Domiciano (se ha podido fechar gracias a los sellos de los ladrillo encontrados *in situ*). La segunda fase se puede situar en el período de los Severos.

Para realizar la hipótesis reconstructiva de la zona termal ha sido muy importante el estudio de los sistemas de distribución del agua que han permitido distinguir las dos fases.

Vitruvio ofrece poca ayuda sobre este tema, de modo que he tenido que recurrir a la observación y estudio de los paralelos tipológicos. Además, los edificios termales que están mejor documentados son aquellos de uso público, mientras que las termas privadas de las villas son menos conocidas. Es imposible hacer ningún tipo de hipótesis reconstructiva sobre la zona termal de la zona de la villa en la época de Augusto. De hecho no hay noticias de este tipo de termas privadas antes del siglo II a.C., y uno de los casos más antiguos que se conocen es el de unos pequeños baños equipados con bañeras móviles y calderas calentadas con braseros provenientes de algunas domus del siglo II a.C. en la ciudad romana de Cosa (Broise, 1991 pg 81-82).

El uso del hipocausto se extiende durante el siglo I a.C. y evolucionará con los sistemas de calefacción radiante, con el paso del aire caliente a través de los túbulos de terracota. Es muy probable que en la fase augustea de la villa de Livia, existiera al menos, un pequeña terma, tal y como indica Fabbricotti para las domus del aérea vesubiana, donde se han encontrado instalaciones termales domésticos con una o dos habitaciones con hipocausto, calderas y braseros de bronce. En el siglo I a.C. y durante el siglo II a.C. las instalaciones termales tuvieron un gran desarrollo, creciendo hasta convertirse en verdaderos pabellones independientes, con habitaciones climatizadas y salas de baños de agua fría.

La ubicación al suroeste prescrita por Vitruvio no se cumple en la Villa de Livia, probablemente debido a que se trata de un cuerpo añadido: los *calidari* y *tepidari* deben recibir la luz desde el sur-oeste, o al menos recibirla a partir del mediodía (la hora a la que se solían utilizar los baños). Vitruvio en el diseño de las termas recomienda, siempre que sea posible, elegir el lugar más caliente y mejor protegido del viento. En este caso si podemos decir que la colocación de las

termas sigue lo indicado por el autor latino, puesto que el situar la zona termal junto a la gran cisterna facilita el suministro de agua y además cumple con el requisito de búsqueda de un lugar protegido.

Referencias: Algunos de los paralelismos estudiados son: las termas de Herculano, la Villa de Oplontis, la Villa de Massenzio de la via Appia, con las termas añadidas en el s.II. d.C. (Pisani, 1976), la Villa del Podere Anna con las termas del II-III d.C. (Carbonara 1995), la Villa del Cimitero Flaminio, con la termas añadidas en el s.II d.C y ampliadas en el s.III. d.C; (Mancinelli, 1992), la Villa dei Quintili de la via Appia con las termas del s. II. d. C. (Quintili, 2000).

Ambiente 23

La sala 23 tiene planta rectangular, y originalmente tenía un pavimento de mosaico blanco. El muro este, realizado en *opus reticulatum*, se reforzó en una fase posterior, mediante unos pilares de *opus latericium*, probablemente para consolidar la estructura. La presencia de estos elementos de ladrillo, colocados a una determinada altura respecto a la cota del suelo, puede hacer pensar a la presencia de ventanas que fueron tapiadas en una fase sucesiva (Messineo, 2008), pero en realidad es un sistema para reforzar las fabricas de *opus reticulatum*, que no son estables en altura. Otra hipótesis identifica estas pilastras con una solución estática en correspondencia con las vigas del techo.



Figura 45 detalle del muro que separa las habitaciones 23 y 27-30.

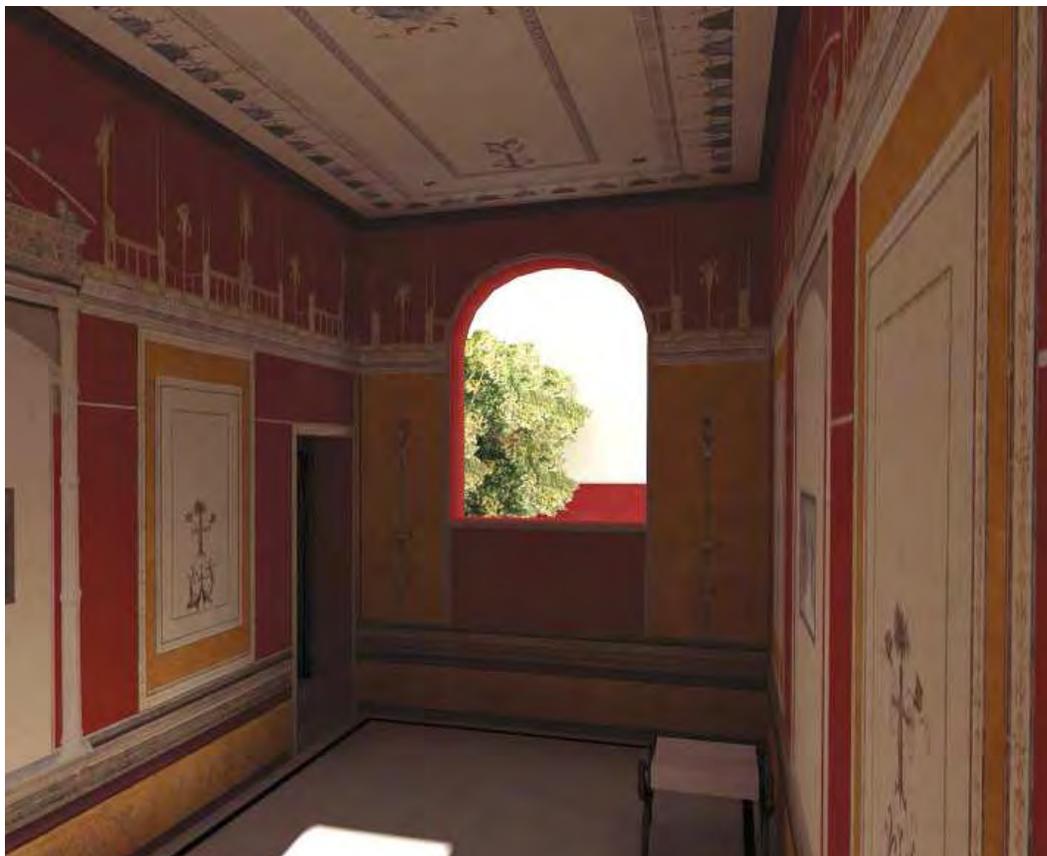


Figura 46. Vista de la reconstrucción virtual de la sala 23.

Para la reconstrucción he optado por interpretar estos restos en el muro, no como huecos sellados, sino como la solución estructural apenas indicada.

La decoración de la pared en esta habitación presenta un zócalo amarillo con un motivo decorativo que aparece en la Villa Farnesina. La zona intermedia es de color rojo con paneles de color amarillo y blanco y figuras en el centro.

3.5. ESPACIOS CUBIERTOS POR BÓVEDAS: LAS SALAS TERMALES 25 Y 26, Y EL TRICLINIO SEMI-SUBTERRÁNEO

Las termas de la villa de Livia son probablemente los elementos más complejos desde el punto de vista estructural de toda la villa, junto con la sala 2. Los muros portantes de las termas son de fábrica de ladrillo, pero las bóvedas son de *opus caementicium*. En la construcción de bóvedas el *opus caementicium* desarrolla todo su potencial, y desde una óptica constructiva, las bóvedas de la villa de Livia son probablemente los elementos más interesantes desde el punto de vista estructural. Las bóvedas cuya reconstrucción virtual se ha propuesto en esta tesis, se han estudiado mediante estática gráfica y uno de los casos mediante la teoría del análisis límite.

3.5.1. Sala 25 (*apodyterium*).

El caso que nos ocupa es el estudio de la hipótesis reconstructiva según la cual el *apodyterium* pudo haberse cubierto mediante una bóveda de arista. El análisis estructural se ha realizado mediante el análisis límite, concluyendo que aunque se trata de un análisis válido, es demasiado largo para la finalidad que persigo, es decir, encontrar un método rápido y eficaz para analizar el comportamiento estructural de las hipótesis reconstructivas.

Se trata de una habitación de pequeñas dimensiones dotada de calefacción y situada en proximidad de la entrada a las termas, por lo que se ha querido identificar como *apodyterium*. Está construida con fábrica de ladrillo y en el suelo hay dos grandes fragmentos de la bóveda que debió de cubrir este espacio y cuyo acabado era en *opus spicatum*³²; hay también restos de unos lucernarios que iluminaban las habitaciones subterráneas de servicio.

Para la reconstrucción de este espacio se ha estudiado el tipo de cubierta a partir de la geometría de la habitación y de los restos encontrados de bóveda. Esta habitación es de planta cuadrada, y se ha planteado el uso de la bóveda de arista que en arquitectura romana se solía utilizar para cubrir espacios pequeños y cuadrangulares; y resulta de la intersección de dos bóvedas de cañón que se cruzan perpendicularmente. Geométricamente, está generada por dos superficies semicilíndricas ortogonales cuyas líneas de intersección, o aristas, son arcos de elipse que se cruzan en el vértice superior. Además se trata de un tipo de bóveda de fácil construcción que se usaba con mucha frecuencia en arquitectura romana.

Referencias: Villa Adriana. Los dos triclinios estivos, conocidos como las *bibliotecas*, cuyas salas principales se cubren con bóvedas de aristas. La *caserma dei vigili* presenta distintas salas cubiertas con bóveda de aristas. Los criptopórticos que rodean al gran peristilo de la Plaza de Oro también están cubiertos con una serie de bóvedas de arista. La sala situada al sur del *frigidarium* de las Termas Grandes, de planta cuadrada, también está decorada con bóveda de arista y decorada con estuco.

Mercado de Trajano, con la gran sala de planta rectangular cubierta con seis bóvedas, rodeada lateramente por una serie de salas cubiertas por bóvedas de cañón y con dos plantas que contrarrestaban los esfuerzos, con los muros transversales que funcionaban como contrafuertes.

Basílica de Majencio, construida en honor a Constantino, con un vano central cubierto e iluminado por tres bóvedas de arista que apoyan sobre ménsulas de piedra empotradas en las fabricas laterales. En los dos lados mayores hay una serie de estancias cubiertas por tres bóvedas de cañón perpendiculares a la sala central; estos espacios laterales son importantes para el funcionamiento del edificio, porque además de contrarrestar los esfuerzos de las bóvedas de aristas, proporcionan una continuidad espacial gracias a sus aperturas mediante arcos. En los dos lados más cortos, un ábside y un pórtico colaboran recibiendo los últimos esfuerzos de las bóvedas.

Termas de Diocleziano. En el aula central se encuentra la basílica de Santa María de los Ángeles, en cuyo transepto se conservan tres bóvedas de aristas apoyadas en ocho columnas monolíticas de granito.

³² Messineo 2001, b, p. 63.

3.5.1.1. Opción 1. Comprobación de la hipótesis de bóveda de aristas en la sala 25.

Hipótesis de la bóveda que cubriría las sala: bóveda de aristas. El análisis se hará mediante la teoría del análisis límite.

- *Bóveda de arista: forma de trabajo*

Los esfuerzos se concentran sobre las cuatro esquinas de la zona a cubrir; la bóveda de arista transmite los esfuerzos a los muros a través de los arcos diagonales eliminando las tensiones en las líneas de imposta y debe quedar contrarrestada por algún muro con suficiente dimensión, o estar atirantada. Este comportamiento se debía de tener en cuenta durante la concepción del espacio, articulando adecuadamente las zonas angulares; para no desequilibrar los empujes se solían usar plantas cuadradas, o al menos se trataba de que fuesen lo más cuadradas posibles. Si los arcos de imposta eran de medio punto, las diagonales resultaban ligeramente rebajadas. Este tipo de bóveda se utilizó sobre planta rectangular en el aula del Mercado de Trajano o en la basílica de Majencio; a menudo cuando se trataba de espacios rectangulares, se cubría un cuadrado central con esta bóveda, y las dos zonas laterales que quedaban se cubrían mediante una bóveda de cañón, más baja que la bóveda central de arista. Además, la diferencia de cota se utilizaba para poder contrarrestar mejor los empujes de la bóveda central y además abrir ventanas.

La estabilidad de este tipo de bóvedas depende de la estabilidad de los estribos, puesto que la mayor parte de las reglas que se recogen en los antiguos tratados de construcción se refieren a éstos.³³

Referencias: Villa Adriana. Los dos triclinios estivos, conocidos como las bibliotecas, cuyas salas principales se cubren con bóvedas de aristas. La *Caserma dei Vigili*, con distintas salas cubiertas con bóveda de aristas. Los criptoporticos que rodean al gran peristilo de la Plaza de Oro también están cubiertos con una serie de bóvedas de arista. La sala situada al sur del *frigidarium* de las Grandes Termas, de planta cuadrada, también está decorada con bóveda de arista y decorada con estucos.

Mercado de Trajano, con la gran sala de planta rectangular cubierta con seis bóvedas, rodeada lateramente por una serie de salas cubiertas por bóvedas de cañón y con dos plantas que contrarrestaban los esfuerzos, con los muros transversales que funcionaban como contrafuertes.

Basílica de Majencio, construida en honor a Constantino, con un vano central cubierto e iluminado por tres bóvedas de arista que apoyan sobre ménsulas de piedra empotradas en las fabricas laterales. En los dos lados mayores hay una serie de estancias cubiertas por tres bóvedas de cañón perpendiculares a la sala central, estos espacios laterales son importantes para el funcionamiento del edificio, porque además de contrarrestar los esfuerzos de

33 La utilización de la bóveda de arista a partir del Imperio romano se vio favorecida por su fácil construcción con cimbras, y porque permite distribuir los empujes de las cubiertas hacia los muros exteriores con gran facilidad. Además de emplearse en la arquitectura románica, se recupera después de haberse dejado de utilizar en el gótico, en el Renacimiento, sobre todo en el quattrocento italiano. Las reglas tradicionales que se conocen no son romanas, sino posteriores; Fray Lorenzo escribe sobre el funcionamiento estructural de estas bóvedas y la importancia de los arcos cruceros, si bien la descripción que realiza no corresponde a una bóveda de crucería gótica, sino a la derivada de la intersección de dos cilindros rectos. Frézier aun sin dar reglas para el cálculo de los estribos, realiza una serie de observaciones interesantes sobre ventajas y aspectos de este tipo estructural.

las bóvedas de aristas, proporcionan una continuidad espacial gracias a sus aperturas mediante arcos. En los dos lados más cortos, un ábside y un pórtico colaboran recibiendo los últimos esfuerzos de las bóvedas.

Termas de Diocleziano. En el aula central se encuentra la basílica de Santa María de los Ángeles, en cuyo transepto se conservan tres bóvedas de aristas apoyadas en ocho columnas monolíticas de granito.

- Bóveda de arista: análisis mediante la teoría del análisis límite.

Se considera la estructura de fábrica formada por un material rígido unilateral, que resiste a compresiones pero no a tracciones. Suponemos que las tensiones son bajas y no hay peligro de fallo por resistencia, y que el rozamiento es suficientemente alto como para impedir su deslizamiento. Estas tres premisas suponen que la fábrica tiene una resistencia a compresión infinita (1), la fábrica presenta una resistencia a tracción nula (2), y el fallo por deslizamiento es imposible (3).

El supuesto (1) va ligeramente en contra de la seguridad, la hipótesis (2) va a favor de la seguridad, mientras que la última suposición está en contra de la seguridad, aunque en caso de movimientos sísmicos se puede dar deslizamiento.

La condición de estabilidad de una fábrica construida con un material que cumpla los principios anteriores exige que la línea de empuje esté contenida dentro de la estructura; esto es, para cada sección hipotética de la estructura la resultante de las fuerzas debe de estar contenida en su interior.

La seguridad está determinada en cada sección por la distancia del empuje a los bordes. El coeficiente de seguridad³⁴ es geométrico, y definirá la posición que este empuje no deberá sobrepasar dentro de cada sección. Si como es habitual la estructura es hiperestática, será posible encontrar infinitas líneas de empujes contenidas dentro de la fábrica, que corresponden a las infinitas situaciones de equilibrio posibles.

Si se cumplen los principios del análisis límite enunciados antes se puede demostrar³⁵ el siguiente Teorema Fundamental del Análisis Límite (Teorema de la Seguridad o del Límite Inferior):

“Dada una estructura, si es posible encontrar una situación de equilibrio compatible con las cargas que no afecte la condición de límite del material (es decir, que no aparezcan tracciones) la estructura no colapsará”. Aplicando este principio a las fábricas, se puede afirmar que si es posible dibujar una línea de empujes contenida dentro de la estructura, ésta no se hundirá.

Siguiendo este teorema, la línea de empujes, que representa la situación de equilibrio, puede ser elegida libremente. Una vez elegida una línea, podremos aplicar las condiciones de seguridad a cada una de las secciones que atraviesa y obtener un límite inferior para el coeficiente de seguridad geométrico: sabemos que la estructura tiene al menos ese coeficiente de seguridad (en general, sería posible encontrar una línea de empujes que diera una situación más favorable). De los tres criterios fundamentales que debe cumplir una estructura (resistencia, rigidez y estabilidad),

³⁴ Los coeficientes de seguridad dependen del tipo y uso de la estructura, y tienen un carácter empírico. En particular, para el caso de edificios, son distintos para arcos y bóvedas y para estribos; el coeficiente de éstos últimos es mucho más restrictivo, pero puesto que en nuestro caso se trata solo de verificar hipótesis para la reconstrucción virtual, no vamos a entrar en este tipo de detalles.

³⁵ Véase Kooharian (1953); Heyman, y Huerta (1989).

es éste último el que condiciona el proyecto de las fábricas, en las que generalmente las tensiones son bajas y las deformaciones pequeñas. El criterio de estabilidad conlleva una visión de las estructuras de fábrica basada en la geometría: la forma es la que hace posible que las trayectorias de esfuerzos estén siempre dentro de los límites de la fábrica.

Una bóveda de arista o crucería es una estructura con un alto grado hiperestático que puede resistir sus cargas de infinitas maneras. Mediante el Teorema de la Seguridad del Análisis Límite, se puede elegir la situación de equilibrio, siempre que respete la condición de que la fábrica debe trabajar a compresión.

El espesor de la bóveda que cubriría este espacio, que según algunos arqueólogos era de unos 10 cm, recuerda a los espesores de la bóveda tabicada, pero no hay datos que puedan aportar más información, como sería poder saber la manera de disponer la carga en los riñones, porque con un espesor tan pequeño cabe pensar que en lugar de verter relleno existiera una contrabóveda, una hoja cóncava que cubriera el seno, apoyando en el muro y en los riñones de los cañones. En las bóvedas de planta cuadrada, los cañones que se intersecan podrían ser originalmente de sección recta circular, resultando las aristas de la intersección según arcos de elipse³⁶. Para simplificar el cálculo, los cañones pueden ser divididos en arcos elementales que apoyan sobre las aristas. El modelo de funcionamiento permite un cálculo muy aproximado del empuje de la bóveda pero muestra cómo en las aristas se van a producir las concentraciones de tensión³⁷. El cálculo del empuje de la bóveda por el Método de los Cortes es laborioso pero conduce a un valor fiable del empuje; este enfoque se seguía usando a mediados del siglo XX (Zorn 1933), y es perfectamente seguro (Huerta, 2006).

Algunos autores se dieron cuenta de que el empuje depende de la forma general de la bóveda, y acometieron cálculos rápidos aproximados (Ungewitter y Mohrmann, Heyman). En efecto, conocidos la resultante de los pesos y cargas que actúan sobre la bóveda y su línea de acción, para una bóveda simétrica en la que el empuje debe ser horizontal en la línea de clave, solo queda decidir la inclinación del empuje, que queda determinado por el perfil general de la bóveda. Esta es la idea que siguió Mohrmann y que ha sido aceptada por Heyman como un método rápido muy aproximado del cálculo del empuje de la bóveda. La Figura 47 explica el equilibrio global de la semibóveda.

³⁶ Otras bóvedas tienen planta rectangular, aunque no es el caso que nos ocupa, hasta una proporción 4:5, y en esos casos, si se mantienen circulares las secciones de los cañones, la arista resulta alabeada. Hay sin embargo maneras de obtener una arista plana. No es fácil distinguir a simple vista si se trata de un caso u otro, pues el alabeo, en caso de existir, es muy pequeño, y puede ser fácilmente corregido en la ejecución.

³⁷ Una de las funciones del nervio crucero gótico era reforzar la sección en la zona en que los esfuerzos se incrementan, pero en arquitectura romana todavía no se conocía.

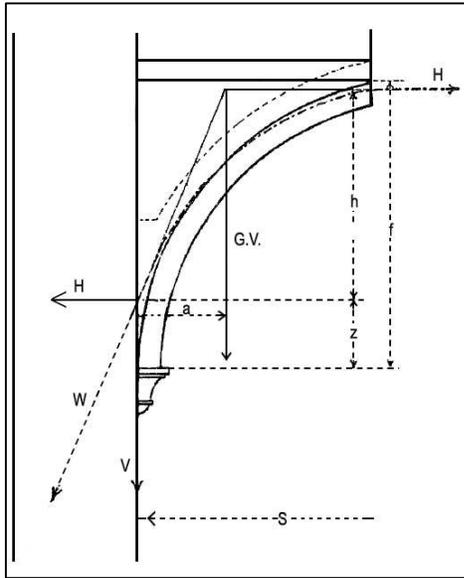


Figura 47. Equilibrio global de la semibóveda para el cálculo rápido de su empuje, conocida la resultante de todas las cargas y su línea de acción (Ungewitter/Mohrmann 1890)

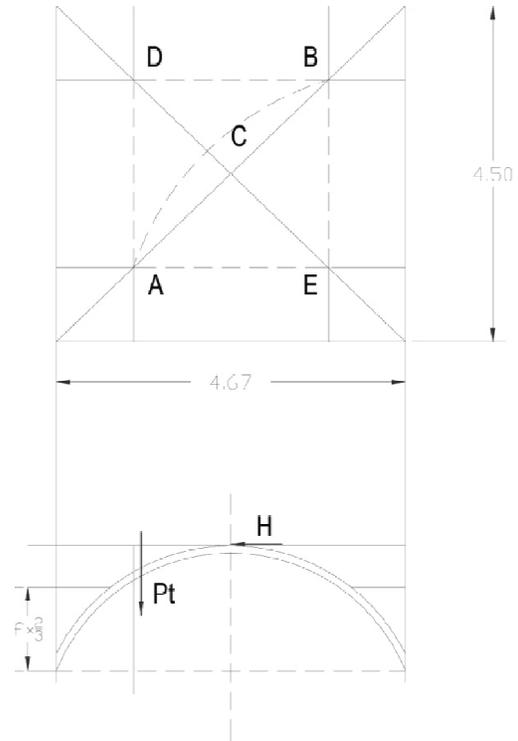


Figura 48. Planta y sección de la bóveda estudiada.

Altura / luz f/h	1/8		1/5		1/2		2/3		5/6 a 1/1	
	V_v	H_v	V_v	H_v	V_v	H_v	V_v	H_v	V_v	H_v
a. $\frac{1}{2}$ ladrillo ligero	2.0	3.6-4.0	2.3	1.6-1.8	2.6	1.1-1.2	2.9	0.9-1.0	3.4	0.8-0.9
b. $\frac{1}{2}$ ladrillo resistente	2.7	5.0-5.5	3.1	2.2-2.4	3.5	1.4-1.6	3.8	1.1-1.3	4.5	1.0-1.1
c. $\frac{3}{4}$ ladrillo resistente	3.7	7.0-7.5	4.2	3.0-3.3	4.8	1.9-2.2	5.3	1.6-1.8	6.5	1.5-1.6
d. 200 mm arenisca	5.0	9.5-10.0	5.7	4.2-4.5	7.0	2.8-3.2	7.5	2.2-2.5	9.0	2.1-2.3
e. 300 mm mampostería	8.5	16-17	10.0	7.1-7.5	12.0	4.8-5.5	13.0	4.0-4.3	15.0	3.5-3.7
Brazo de palanca h/y	0.90		0.85-0.75		0.80-0.70		0.80-0.72		0.80-0.75	

Figura 49. Tablas de Mohrmann/Ungewitter para el cálculo directo del empuje de una bóveda de crucería. La tabla de las componentes vertical y horizontal del empuje, así como la altura de su punto de aplicación (Heyman)

En este caso se calculará el empuje de la bóveda sometido a las cargas y al solado de *opus spicatum*. Con este empuje se podría estudiar después la estabilidad de un sistema de contrarresto si fuese útil, que habría sido necesario a la vista de los resultados. Las dimensiones generales de la bóveda se especifican en la Figura 47 que describe la forma general. En cada tramo de una bóveda sobre arcos, actuará un empuje que tiene por componente vertical la mitad del peso del tramo y por componente horizontal la composición de las componentes horizontales que actúan según los planos de los arcos.

En este caso de estudio las cargas que se han considerado son:

El peso de la semibóveda, $P_b = 2,3$ toneladas (línea de acción a 1,11m. de la pared)

El peso del relleno, $P_r = 1,0$ toneladas (línea de acción a 0,35m. de la pared)

El peso total de la semibóveda PT= 3,3 toneladas y su línea de acción está situada a 1,05 m. de la pared, sin considerar el peso del solado con *opus spicatum* ni la sobrecarga de uso; estas cargas sin mayorar, hace que la seguridad dependa del coeficiente geométrico del sistema de contrarresto (estribo si lo hubiera)

Los rellenos hacen que los arcos elementales sean muy rebajados, de hecho, la bóveda estaría contenida en el cuadrado interior ADBE. El peso total de la bóveda interior ADBE será equilibrado por cuatro fuerzas inclinadas según las diagonales. La inclinación de estas fuerzas será aproximadamente la de la tangente a la arista en las esquinas. Dado que el cuadrado central pesa un total de $(2,7 \times 2,7 \text{ m}^2) \times 1 \text{ t/m}^2 = 7,29$ toneladas, en cada arista habría una fuerza vertical de 1,8 toneladas. La tangente a la arista tiene una inclinación aproximada de 24° . La fuerza inclinada en cada arista sería de $1,8/\text{sen}(24^\circ) = 4,42$ toneladas. Para una tensión admisible de 1N/mm^2 , la arista tendría que tener una sección de 440 cm^2 . Pero según los arqueólogos el espesor era de unos 10 cm. y del cálculo que acabamos de ver se desprende que la arista tendría que tener 34 cm más a cada lado. Es decir, que para que esta bóveda, si es cierto que tenía un espesor de 10 cm, necesitaría un sistema de contrarresto del que no han quedado huellas. A la vista del resultado caben dos opciones: o no se da por válida la hipótesis del espesor de 10 cm., puesto que no existen datos ciertos y se trata de conjeturas, o se descarta este tipo de bóveda y se analizan otras opciones. Hay que recordar además, que hay un fragmento de bóveda en la habitación contigua, que debió de caer con la explosión de una bomba durante la II Guerra Mundial, y que podría pertenecer a éste espacio, y tiene un grosor (45cm.), muy superior a los 10 cm. de la opción anterior.



Figura 50. Reconstrucción virtual del *apodyterium* (sala 25) cubierto con bóveda de aristas

3.5.1.2. Opción 2. Comprobación de la hipótesis de bóveda de cañón en la sala 25.

La opción de cubrir este espacio mediante una bóveda de cañón se plantea ante la dificultad de conseguir el equilibrio de la bóveda de aristas sin ningún tipo de contrafuerte.

- Bóveda de cañón: forma de trabajo

Originada por el desplazamiento de un arco de medio punto a lo largo de un eje longitudinal, produce empujes en los dos laterales de apoyo. Necesita de un muro convenientemente dimensionado si no existen bóvedas laterales que sirvan de contrarrestos.

- Bóveda de cañón: análisis estructural

Se ha analizado gráficamente mediante estática gráfica la posición de la resultante de todas las fuerzas presentes en la bóveda, suponiendo que las cargas y las sobrecargas son simétricas. En este caso se considera el grosor de la bóveda de 45 cm.. Para su cálculo, se ha supuesto un peso asimilable a un relleno uniforme, con peso específico del 30% del peso específico de la fábrica.



Figura 51. A la derecha estática gráfica para la opción de la bóveda de cañón, a la derecha imagen con la reconstrucción virtual.

Mi conclusión es que ambas opciones son posibles si se considera el grosor de la bóveda de 45 cm., como me inclino a pensar que debió de ser en lugar de los 10 cm. de los que algunos arqueólogos hablan. Lo que sí me parece claro es que para un tipo de análisis como éste, el empleo de la estática gráfica es el método más eficaz, por ser fiable y rápido.

Las paredes de la sala 26 se han revestido con las lastras de *cipollino* que se alternan con mármol amarillo *numidico* y rojo antiguo, basándome en los restos encontrados y las huellas de las losas. La bóveda se ha revestido con un estuco con estrigilaturas, y aunque no quedaban restos de ningún tipo, he optado por esta solución, tan frecuente en todas las bóvedas de las salas termales calefactadas.

3.5.2. Ambiente 26 (frigidarium severiano).

Este espacio se debió de cubrir mediante bóveda de cañón, según se desprende de la geometría y las hipótesis del profesor Messineo, pero el levantamiento y actual estado de conservación superponen etapas diferentes sin un criterio visible, y no resulta fácil identificar los apoyos de los mismos periodos (

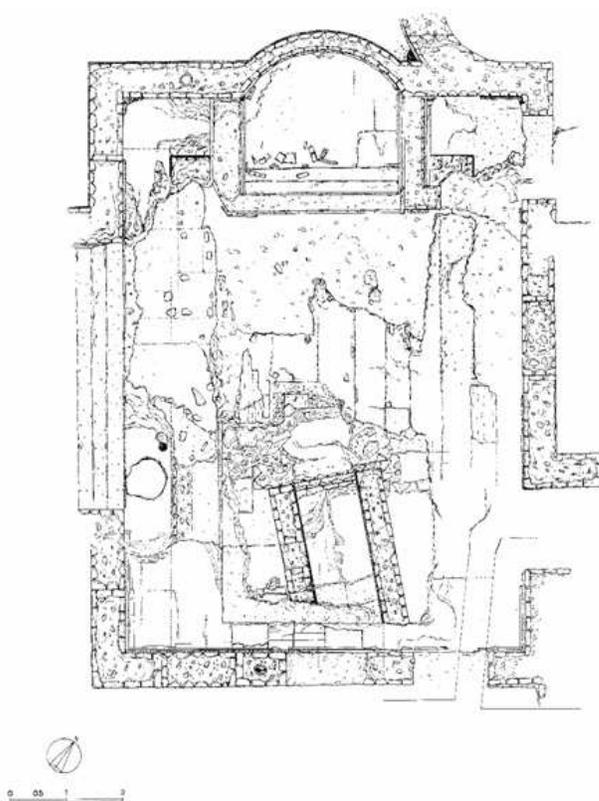


Figura 52). En el caso del estudio de la bóveda que cubre la sala 26, y gracias a las sugerencias hechas por el prof. Messineo, he considerado un hecho constatado en arquitectura romana: a menudo dentro de la masa del *opus caementicium* se encontraban filas de ladrillos o piedras dispuestos de forma que colaboraban con la estructura; y que yo he simplificado para el cálculo equiparándolas en el caso de la bóveda de cañón, al funcionamiento del arco fajón.

Figura 52. Planta detallada de la zona del frigidarium (26). (Planimetría de Sabatini).

- Bóveda de cañón: análisis estructural

Para la comprobación de equilibrio de la bóveda consideramos una longitud de 3 m. que es la longitud entre los arcos fajones de un tramo de la sala. Se ha realizado la siguiente hipótesis:

- Comprobación de la hipótesis de bóveda de cañón en la sala 26 del sector Termal de la Villa de Livia
- He supuesto que los nichos que aligeran el muro están presentes a ambos lados, de modo que se va a favor de seguridad.
- No se tiene en cuenta el arco del *calidarium*, que por su escaso peso se sujeta a sí mismo. El muro en el tramo del *calidarium* no tiene nichos. La geometría del tramo cubierto con la bóveda se ha dibujado en la siguiente figura, donde se puede apreciar que el muro se considera perforado por nichos simétricos. Se han representado también los planos de corte considerados en el cálculo.

HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA

- Para el cálculo de la bóveda, se ha supuesto un peso asimilable a un relleno uniforme, con peso específico del 30% del peso específico de la fábrica.

Se ha tomado un sistema de planos de corte verticales, ya que en el caso de piezas curvas la forma de la línea de empujes apenas varía (Huerta, 1990). El primer paso consiste en calcular los pesos y centros de gravedad de cada una de las partes, calculados por separado para el arco y la bóveda. En la Figura 54 aparece el dibujo con las líneas de empujes.

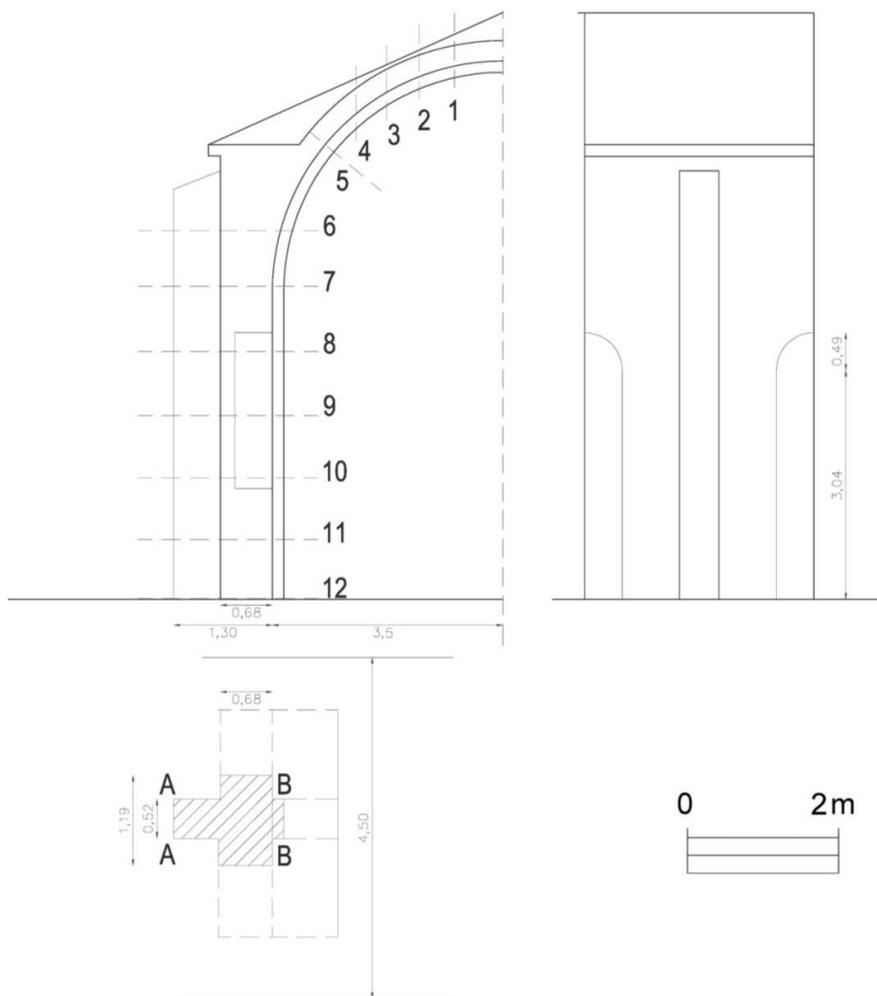


Figura 53. Tramo de la bóveda estudiado.

Se ha calculado la línea de empujes por separado para el arco fajón y la bóveda, suponiendo un tramo hipotético de 1 m. El empuje total del arco se obtiene multiplicando este valor por metro por el ancho del arco (52 cm). El empuje total de la bóveda resulta de multiplicar el empuje por metro lineal por la longitud (4,5 m) del tramo considerado. Como puede verse el empuje del arco fajón es muy pequeño respecto al de la bóveda (Figura 56).

Se ha calculado la resultante del empuje total de la bóveda y el arco fajón para el tramo considerado: unas 18 toneladas con una inclinación de aproximadamente 50° respecto a la horizontal (Figura 53). Este empuje deberá ser

contrarrestado por el estribo formado por el muro, que por sus dimensiones necesitaría de un elemento que haga las veces de contrafuerte.

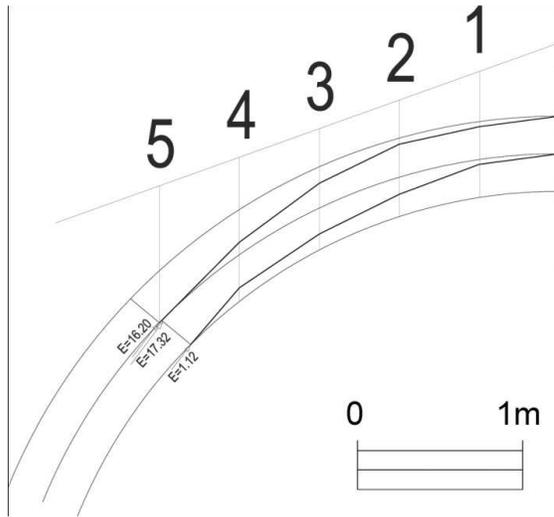


Figura 54. Línea de empujes para el tramo en estudio

En este caso de estudio las cargas que se han considerado son:

ARCO

	A (m ²)	P (t/m)	P (t)	Xg (m)	E V (t)	E H (t)	Ea (t)
1	0.14	0.34	0.20	0.25	0.20	0.84	0.73
2	0.14	0.34	0.20	0.75	0.40	0.84	0.93
3	0.15	0.36	0.22	1.25	0.82	0.84	0.81
4	0.16	0.38	0.23	1.75	0.85	0.84	0.91
5	0.09	0.22	0.13	2.12	0.98	0.84	1.12
		Pr=1,64	P=0.98	1.14			

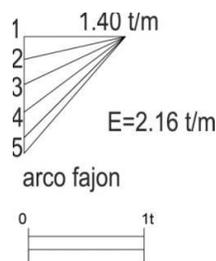


Figura 55. Funicular del arco

BÓVEDA

	A b (m ²)	Pb (t/m)	Pb _t (t)	xg (m)	Eb V (t)	Eb H (t)
1	0.15	0.58	2.61	0.25	2.61	16.20
2	0.15	0.52	2.34	0.75	4.95	16.20
3	0.16	0.52	2.34	1.25	7.29	16.20
4	0.17	0.55	2.47	1.75	9.76	16.20
5	0.21	0.71	3.2	2.25	12.96	16.20
		Pbr=2.88	Pb=12.96	1.30		

Donde:

Xg= abscisa del centro de gravedad respecto al eje de simetría

Ea, Eb= valor del empuje en los respectivos planos de corte, con sus componentes H horizontal y V vertical.

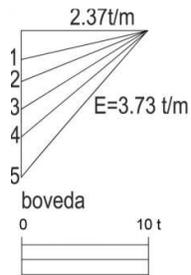
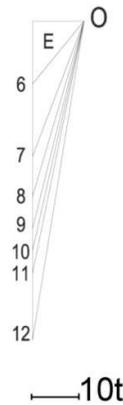
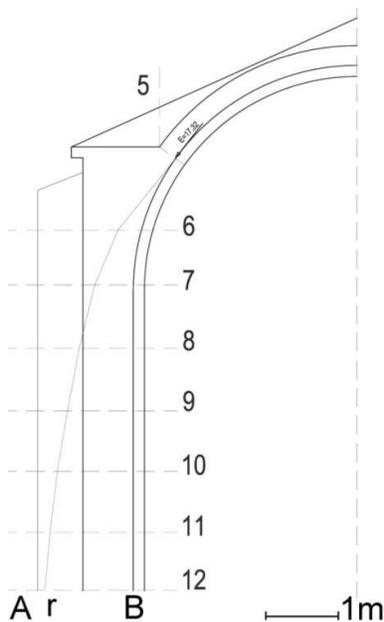
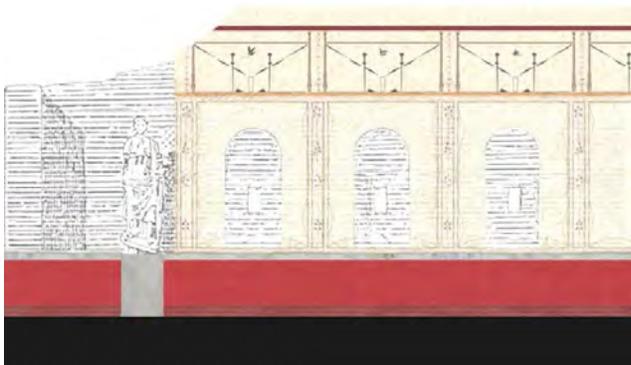


Figura 56. Funicular de la bóveda



Resulta claro que la bóveda de cañón necesita un sistema de contrarresto para que sea estable tal y como se puede observar en la Figura 57. Este sistema de contrarresto lo realizan los muros de los ambientes adyacentes al frigidarium, con las dimensiones especificadas en el dibujo.

Figura 57. Línea de empujes y polígono funicular.



Quedan huellas de las grandes losas de mármol cipollino que cubrían paredes y suelo (figura 52). Unos ventanales se abren hacia el frente de la cisterna, transformado en ninfeo, con pilastras decoradas con motivos vegetales, el revestimiento tenía un zócalo color rojo, la pared era ocre con motivos vegetales.

Figura 58. Hipótesis decorativa de la pared del ninfeo.

Las paredes de la sala 26 se han revestido con las lastras de cipollino que se alternan con mármol serpentino, basándose en los restos encontrados y las huellas de las losas.



Figura 58 Reconstrucción virtual del *frigidarium* con el *calidarium* al fondo.

3.5.3. VANO 27

La sala 27 se ha reconstruido en edad augustea, ignorando la complejidad de la superposición de fases y capas sucesivas, de las que se distinguen al menos dos fases desde su transformación en zona termal.

Recordemos que en época de Augusto, según la hipótesis del profesor Messineo, la sala pudo ser una sala de recepciones, una especie de salón del trono, con un escalón que la dividía en dos zonas.

Para la hipótesis de reconstrucción virtual, se ha cubierto mediante cerchas, puesto que la luz es de más de 7

metros y los muros tienen un espesor de 70 cm., el muro oeste aparece reforzado y tiene un grosor de 105 cm. Se ha abierto también un hueco del que quedan restos hacia el lado norte, y se ha realizado una propuesta decorativa partiendo de los restos encontrados, que toma elementos prestados de la Casa de Livia del Palatino, con zócalo negro y zona intermedia decorada con guirlandas sobre fondo claro. La sala se cubre con un falso techo decorado, como era la práctica habitual cuando se ponían cerchas de madera.



Figura 59. Reconstrucción virtual de la sala 27.

3.6 TRICLINIO SUBTERRÁNEO

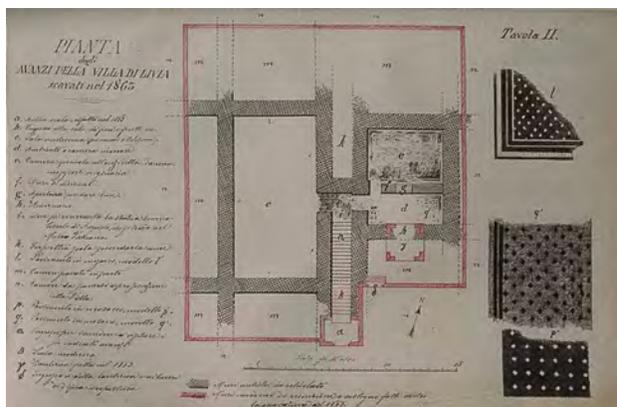
Esta sala hipogea fue descubierta en 1863, y mide aproximadamente 40 x 20 pies romanos. Los muros están contruidos en *opus caementicium* con grandes bloques de toba, colocadas sobre una capa de aislante realizado mediante *tegulae mammatae* sobre la que se aplicaba el revestimiento. La sala estaba cubierta probablemente por una bóveda de cañón, aunque no han quedado restos, sin embargo hay algunas fotografías de época que muestran andamios colocados probablemente para apuntalarla. La bóveda fue descrita por Sulze, y según este autor su punto más alto estaba a 3,58 m. respecto al suelo. En el momento del descubrimiento, en 1863, por encima de la bóveda se encontró un pavimento en *opus sectile* (del cual sólo quedaban las huellas, pertenecientes a un gran espacio de época imperial). Según Messineo, la bóveda original que cubría la sala semi- subterránea se derrumbó con el terremoto del 17 a. C., y sobre la sala abandonada y llena de escombros se construyó otra planta qua apoyaba en la primera. Los frescos, que, junto con los del Auditorio de Mecenate en Roma son las más antiguas representación de la "pintura en el jardín", representan de manera realista un jardín con plantas ornamentales y frutales, flores y pájaros. La bóveda estaba decorada con estucos en relieve. Las pinturas se pueden fechar entre los años 20- 10 a. C.



Figura 60. El triclinio subterráneo después de la restauración de 1937 (Messineo, 2001).

Al realizar la propuesta reconstructiva se plantearon también una serie de preguntas sobre este espacio: su función y significado, el tiempo que se mantuvo en uso, de qué manera estaba iluminado y ventilado, su accesibilidad, su integración en el espacio circundante, (especialmente de qué manera se integraba la parte superior que sobresalía de la tierra) y cómo interpretar los restos de pavimento en *opus sectile* encontrados sobre los restos de la bóveda.

Para hacer una hipótesis de la geometría de este ambiente se han realizado unas comprobaciones estáticas que se verán más adelante. Parece natural pensar en una bóveda plana o en una bóveda de cañón rebajada, aunque con una altura ligeramente mayor que la indicada por Sulze por razones constructivas, porque la altura que este autor proponía



era insuficiente, considerando los antiguos niveles del terreno, además, ha estudiado la ventilación e iluminación, con la posible existencia de un hueco en la pared sur que permitiría la iluminación natural del triclinio, poniendo de relieve la valencia simbólica de la decoración de la pared (G. Caneva ha realizado un estudio donde analiza distintas hipótesis sobre el significado simbólico de las pinturas de jardín de la Villa de Livia, Boletín de la Comisión Arqueológica de Roma, 1999).

Figura 61. Plano con los datos de las excavaciones de 1863 de la sala hipogea de la Villa.

3.6.1. Comprobación de hipótesis de bóveda en la sala 2 de la Villa de Livia: Bóveda de plana: análisis estructural.

Si partimos de la idea de que la bóveda se pudo hundir como consecuencia del terremoto, los mecanismos de colapso son dos: aumento del empuje vertical por el sismo o colapso horizontal por desplazamiento. Al no haber datos sobre si la estructura del triclinio estaba aislada o no, mi hipótesis es que se trataba de una bóveda construida en opus caementicium, y no estaría aislada e introduzco unos elementos que funcionarían como tirantes asegurando el equilibrio de la bóveda. Además se ha rebajado la bóveda, de manera que aunque el empuje horizontal aumente, el empuje vertical que transmite disminuye. En este caso se estudia la hipótesis de una bóveda con una luz de unos 6,0 m. Se ha optado por esta bóveda para cubrir la sala hipogea de la Villa, siguiendo la descripción de Sulze de 1863, porque además es factible desde el punto de vista tipológico y estructural, como vamos a ver a continuación.

Estabilidad de la bóveda de cañón rebajada

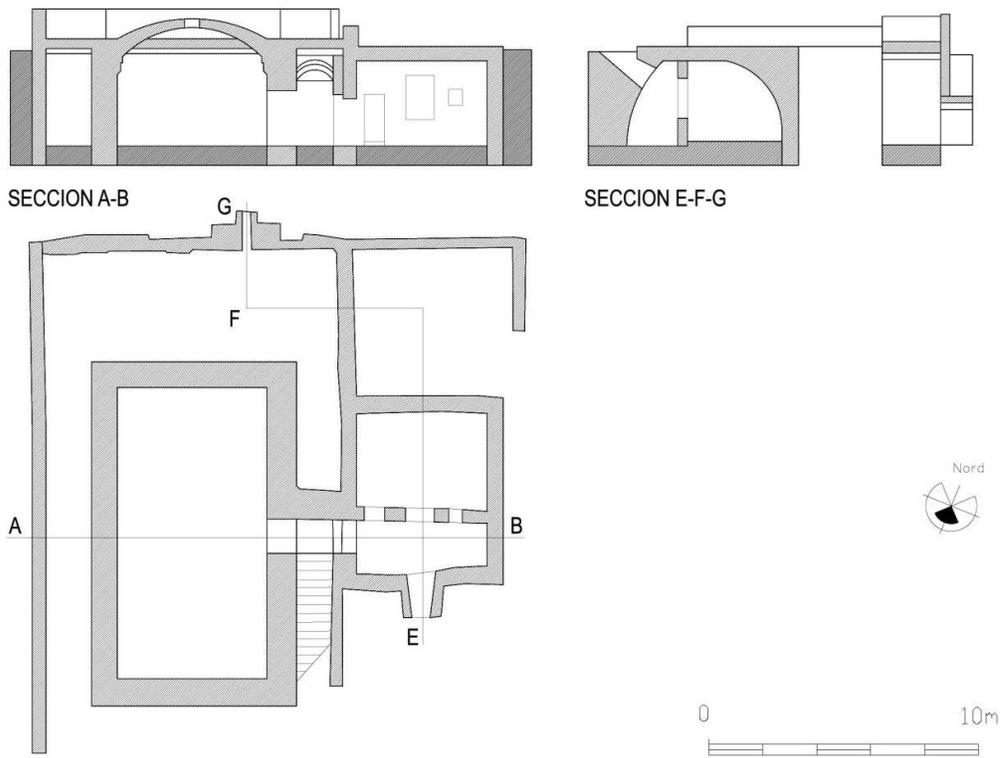


Figura 62. Levantamiento según los datos de Sulze de 1932³⁸

Se considera que los apoyos indeseplazables y que el material empleado en la construcción del triclinio semienterrado presentaba resistencias de entre 30 y 70 kg/cm².

He estudiado un modelo a escala de la bóveda para ver los puntos críticos:

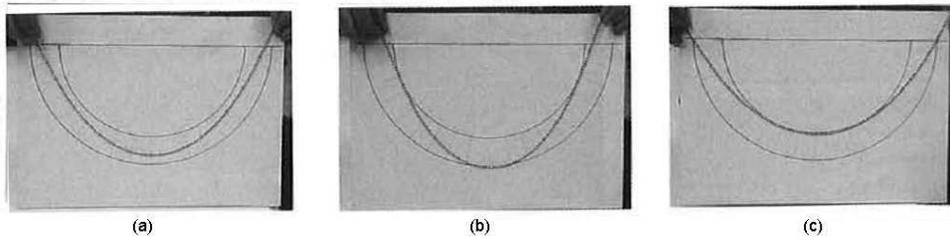


Figura 63. Algunas de las infinitas catenarias posibles

³⁸ El levantamiento de Heinrich Sulze de 1932 es fundamental porque se trata del estudio más completo antes de los bombardeos de 1944 que destruyeron parte de la Villa, aunque parece que la bóveda de la sala 2 desapareció en el siglo II d.C. y él la representa en la planimetría del estado actual.

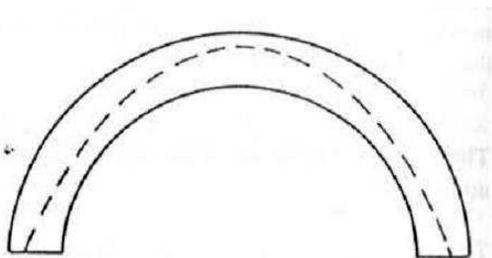


Figura 64. Esquema del arco

He estudiado el esquema de los pesos:

Donde H = empuje horizontal en la clave

L = luz = 6,00 m

F = flecha = 0,10 m

P = carga repartida (peso propio) = $1,7 \text{ t/m}^3 \times 0,11 \text{ m} = 0,19 \text{ t/m}^3$

Para estos datos, $H = 400 \text{ kg/m}$, que produciría una tensión de compresión máxima de 4 kg/cm^2 . Este empuje se transmitiría después a través del relleno de los riñones de la parte curva hacia los estribos. El empuje total para el tramo de 2,5 m, será:

$$H_1 = 0,4 \times 2,5 = 2 \text{ tons}$$

Para una tensión de compresión máxima de 4 kg/cm^2 , el empuje es $H_1 = 0,4 \times 10,8 = 4,32 \text{ tons}$

$P_1 = 4,72 \times 0,8 \times 10,8 = 40,78 \text{ tons}$, es el peso del muro

$P_2 = 10,8 \times 5,5 \times 0,60 = 35,64 \text{ tons}$

Se ha considerado la existencia de un elemento que ejerce una función de tirante, con una tracción H_t , de manera que

$$H_t < \mu (P_1 + P_2)$$

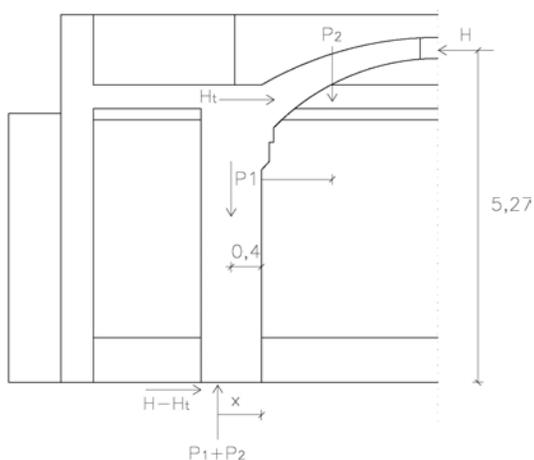


Figura 65. Esquema de pesos.

HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA

He querido modelizar el comportamiento de una parte de la Villa, en concreto del triclinio subterráneo, porque me parecía muy interesante como método para validar la hipótesis reconstructiva. El problema es que los programas informáticos que conozco para hacer esta simulación no consideran la posibilidad de usar técnicas como las del *opus caementicium* romano, y he tenido que optar por una serie de simplificaciones e hipótesis dentro de mi hipótesis de trabajo.

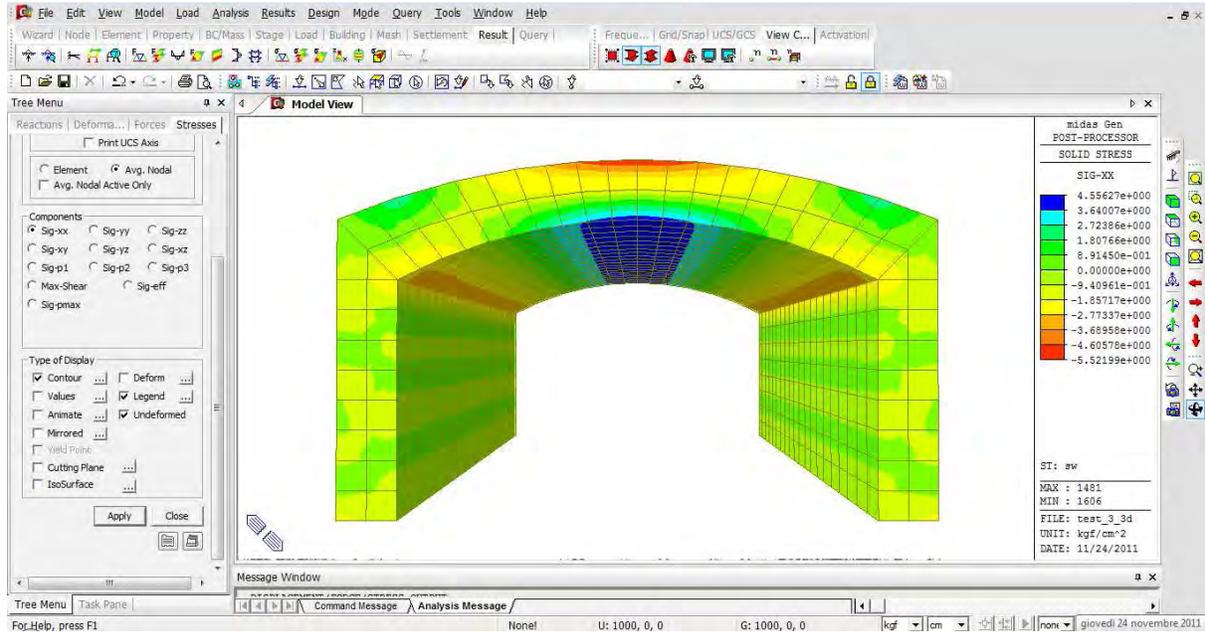


Figura 66. Tensiones sigma X-X. La zona crítica aparece en el centro de la bóveda en color azul.

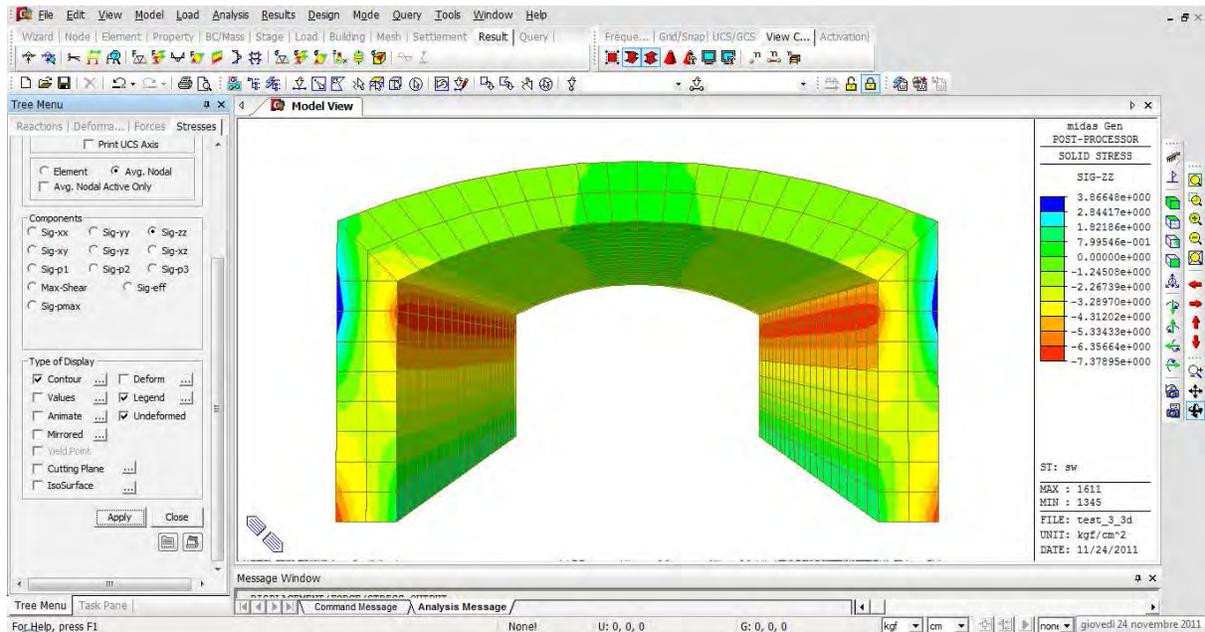


Figura 67. Tensiones sigma Z-Z. La zona crítica aparece en los dos lados en color azul

Después de haber estudiado mediante midasGen esta sala, he llegado a la conclusión de que es excesivamente complicado, y poco adecuado para comprobar si una hipótesis reconstructiva es válida o no, constatando que la

estática gráfica es un método más adecuado, y perfectamente válido por su eficacia y rapidez, pero antes de llegar a esta afirmación he querido recorrer este camino.



Figura 68 Reconstrucción virtual del triclinio semi- subterráneo (2)

3.7. EL SECTOR OCCIDENTAL: SALA 3.

Se trata de una gran sala rectangular pavimentada con *opus sectile* del que quedan las huellas que permiten estudiar el tipo de dibujo que formaba el pavimento; el dibujo era muy sencillo, con unos cuadrados de 41x41 cm., decorados con un cuadrado oblicuo que genera cuatro triángulos.

Esta sala no se ha reconstruido en edad augustea porque los datos que tengo a disposición pertenecen a la II fase de la Villa, pero sí se ha realizado el dibujo reconstructivo para poder relacionar este espacio con las zonas contiguas y poder determinar las alturas de las cubiertas y el funcionamiento del conjunto de la Villa, a pesar de que la decoración mural y el pavimento sean sucesivos.

3.7.1. Esquema para la comprobación del equilibrio de las cerchas propuestas para las sala 3

Para poder realizar un cálculo rápido que nos permita saber si la estructura está en estado de equilibrio³⁹ se puede utilizar el método de la tensión admisible y la flecha máxima⁴⁰.

Los datos de partida son los siguientes:

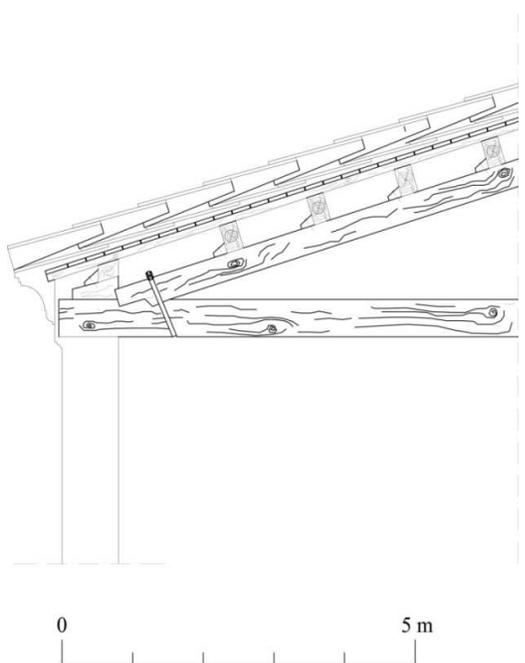
B_c base del tirante (cm)

H_c altura (cm)

B_p base del par (cm)

³⁹ Era frecuente que el tirante de la armadura sirviera para sujetar el falso techo, en este caso habría que tener en cuenta el peso y la carga del falso techo.

⁴⁰ Para el equilibrio de este tipo de vigas se tienen que dar dos condiciones: que la tensión admisible sea menor que la tensión máxima y que la flecha máxima sea menor que $l/500$



- H_p : altura del par (cm)
- γ : peso específico de la madera de la cercha⁴¹
- l' : luz efectiva del par = $l/\text{sen } \alpha$ (cm)
- P_{pp} : peso propio del par = $B_p \cdot H_p \cdot \gamma$ (kg/cm)
- $q = p \cdot i + P_{pp}$ (l' / l)
- $Q = q \cdot l'$ carga total (kg)
- $R: Q/2$ (kg) reacciones en los apoyos
- $P: R \cdot \text{sen } \alpha$ (kg)
- $C = R/\text{tg } \alpha$ tracción en el tirante (kg)
- $\delta_{np} = P/(b_p \cdot h_p)$ (kg) compresión en el par
- $M_{\text{max}} = q \cdot l'^2/8$ momento máximo (kg*cm)
- $F_{\text{max}} = 5/384 \cdot p \cdot l'^4$ flecha máxima en el centro
- $\delta_{\text{tot } p} = \delta_{np} + \delta_{\text{max } fp}$ tensión máxima en el par
- $\delta_{nc} = C/(b_c \cdot h_c)$
- i : separación entre viguetas

Figura 69. Detalle de la cubierta propuesta para la sala de recepciones 3 de la villa de Livia

La cubierta propuesta para la sala 3 tiene:

Luz 6m. Vigas de 37x35, viguetas de 14x9 cada 1,75, tablazón de madera 2x2,2x0,32



Figura 70. Sección reconstructiva de la sala de recepciones 3 de la villa de Livia en época adrianea.

⁴¹ g en la madera de castaño es aproximadamente de 750 kg/m³ mientras que las maderas resinosas tienen pesos específicos de alrededor de 600 kg/m³. Los estribos metálicos que he dibujado colocados en los extremos, entre el tirante y el par, están inclinados para absorber el esfuerzo horizontal desde el primer momento, si estuviera en posición vertical recibiría la componente horizontal de la fuerza solo después de que se hubiese producido un desplazamiento.

3.7.2. Hipótesis de forjado para el sector occidental de la Villa de Livia

No hay información sobre las plantas altas que debieron de existir en la Villa, sólo se tiene certeza de la existencia de una parte en la zona oeste de la Villa en la que debió de existir al menos una planta sobre la conservada, a juzgar por el arranque de escaleras aún visible. De manera que como hipótesis se ha optado por dotar esta zona con dos alturas. Se han barajado distintas opciones de forjados para la primera planta del sector occidental, desde la solución más simple hasta el casetonado. Una de las soluciones más comunes consiste en colocar una fila de vigas apoyadas sobre un vuelo del muro o en empotramientos preparados en la mampostería. Estas vigas tienen una sección muy variable en función de su luz o de la calidad de la madera. He aquí algunas de las dimensiones recogidas por Adam (Adam, 2006) en casas pompeyanas:

LARGO (cm)	ALTO(cm)	DISTANCIA(cm)	UBICACIÓN
14	34	28	VI, 1,8
15,5	29	29,5	Pórtico oeste foro
17	25	28	IX, 6,1
14-18 (sección circular)		25	IX, 6, 1

Pese a que en la Villa no han quedado restos de mechinales, porque tampoco se conservan muros con suficiente altura, se sabe que con frecuencia están cuidadosamente preparados con recuadros de cerámica que aíslan la madera de la mampostería y permiten sustituirla con facilidad si fuese necesario (Adam, 2006). Algunas vigas eran utilizadas con su sección circular natural, lo cual permite el uso de piezas de poco diámetro; en este caso, su diámetro se recibía en la mampostería del muro. Sobre estas vigas y perpendicularmente a ellas se colocaba, simplemente apoyado o bien clavado, un suelo o entarimado de tablas unidas por los bordes que constituía, no una superficie transitable (salvo, probablemente en los edificios rústicos, a pesar de que no tengamos ningún testimonio), sino un soporte. Sobre este suelo se aplicaba una capa de mortero de 15 a 30 cm de grosor que a su vez se recibía un revestimiento transitable de *opus signinum* (argamasa que incluía cascajos de piedra y de cerámica) o de mosaico.



Figura 71 Pompeya, izq. Mechinales de las termas del Foro.



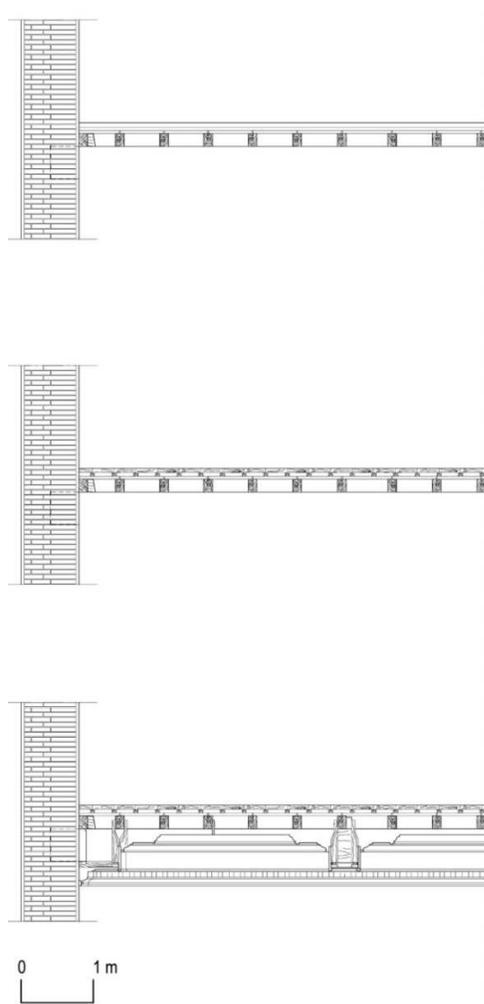
Dcha. Mechinales de la casa de la Caza Antigua

Un ejemplo de esto lo encontramos en la planta superior de la casa nº 20 del Decumanus Maximus de Herculano que nos da las dimensiones siguientes: vigas 17,5 x 13 cm; luz 5m; grosor de suelo 2,8 cm; grosor capa y hormigón de tejoleta 28,5 cm.

Visible solamente en Herculano y Pompeya, esta técnica debía estar muy generalizada ya que Vitruvio da una descripción conforme en todos sus puntos a estos ejemplos conservados (VII, 1). Este autor da, además, unas recomendaciones no comprobadas pero que seguramente serían de uso corriente, como la que consiste en extender sobre el entarimado una capa de helecho o de paja antes de colar la losa de mortero, con el fin de que la madera no estuviera en contacto directo con la cal. Este tipo de procedimiento daba suelos extremadamente pesados que justificaban el canto de las vigas, como se puede comprobar sobre todo en Pompeya; su ventaja, residía en el excelente aislamiento que proporcionaba.

Cuando el espacio que hay que salvar supera los 5 metros, la necesidad de aumentar la sección de las vigas podía hacer que el consumo de madera fuera excesivo, razón por la cual se conserva dicha sección de las vigas, pero asegurándose un apoyo complementario que limitara su luz. Este apoyo o estos apoyos, dependiendo de las dimensiones de la sala, estaban constituidos por una o varias jácenas de gran sección, que apoyaban en los muros según el lado de la anchura y recibían el plano de las correas o durmientes.

En la Figura 72, aparecen tres propuestas, que van desde el forjado más elemental *contabulatio* hasta el de *lacunares* decorado. Este tipo de forjados se siguieron construyendo en la Roma renacentista, con ligeras variaciones respecto a los romanos.



En el caso del forjado propuesto para el sector oeste, donde se ha realizado una hipótesis con la existencia de dos plantas en el edificio, el peso recae sobre las viguetas el cálculo es el siguiente:

Carga en la vigueta $q = 2,75 \text{ kN/m}$, momento en la vigueta $M = 6,50 \text{ Nm}$,

Características de la madera de pino

Masa volumétrica = 500 kg/m^3

$E = 10000 \text{ N/mm}^2$

Resistencia a flexión $f_w = 65 \text{ N/mm}^2$

Tensión admisible a flexión $\sigma_w = 8,5 \text{ N/mm}^2$

$J_w = 4096 \text{ cm}^4$

$W_w = 512 \text{ cm}^3$

$\sigma_w = M/W_w = 12,7 \text{ N/mm}^2$

flecha $u_w = 3,13 \text{ cm}$; $u_w/L = 1/139 > 1/300$

Figura 72. Hipótesis estudiadas para el forjado propuesto en el sector occidental de la villa de Livia, muros de fabrica de ladrillo.

4. EL PAISAJE ANTIGUO DE LA VILLA DE LIVIA.

Si consideramos que el paisaje no existe como modelo estático y estético (escena, fondo, o panorama), sino como un sistema en evolución, un ecosistema visible, entonces, en este sentido, la reconstrucción virtual del paisaje resulta ser el paradigma de la memoria, donde se produce una visión holística del lugar a lo largo del tiempo. Es interesante imaginar el paisaje como un territorio con múltiples situaciones, en las cuales la comunicación será validada por la transparencia de los datos, por los comportamientos de los usuarios, y por la regeneración-interacción producida por el ecosistema virtual.

Para la reconstrucción del paisaje antiguo de la Villa de Livia se ha definido previamente la situación geológica e hidrográfica del terreno, valorando otras cuestiones como la organización agrícola, fundamental para entender, en el caso de las villas romanas, los fenómenos antropizantes.



Figura 73. Reconstrucción del paisaje antiguo de la Villa de Livia en Prima Porta.

La villa de Livia está situada muy cerca del río Tíber, en la milla IX de la Via Flaminia, antigua calzada romana que conectaba Roma con los territorios de la Galia Cisalpina. La villa de Livia estaba construida sobre una colina, en el cruce entre dos de las calzadas más importantes de la zona, la Via Flaminia, que compartía un tramo inicial con las vías Cassia y Clodia, y la Vía Tíberina (Messineo-Carbonara, 1993).

Probablemente en época romana hubo cambios importantes en los márgenes del río debidos a distintos motivos: cambio de uso del suelo agrícola, variaciones del nivel del mar y cambios climáticos, todos ellos documentados y que

probablemente supusieron una intensidad mayor de aluviones (documentados en noticias históricas) que tuvieron como consecuencia un aumento de sedimentaciones en el valle Tiberino y también en la costa.

La distribución del territorio en la zona donde surge la villa de Livia no responde a criterios de centuriación, pero tampoco es casual ni obedece a los criterios de ocupación sistemática del territorio, sino que sigue una distribución de tipo *clusterizado*, es decir, agrupada por áreas según criterios de elección. Este dato resulta del análisis material de territorio, que manifiesta una clara irregularidad en su distribución. El análisis espacial de las villas del territorio del Agro Romano, con particular atención a cuestiones como la distancia que hay entre las diferentes villas, pueden aportar datos sobre la existencia de una planificación en la ocupación del territorio, pero el resultado de esta comparación en el caso de la villa de Livia ofrece pocos datos de interés (Pescarin, 2007).

El paso sucesivo consiste en determinar cuáles son las razones y las tipologías de este tipo de asentamientos. Parece innegable la importancia de factores de tipo logístico como la proximidad de redes viarias y de otras aglomeraciones urbanas. Estos factores parecen repetirse en toda la zona estudiada del Agro Romano, al igual que otra cuestión geomorfológica, la importancia de la posición, ya sea en lo alto de las colinas o en situaciones similares, pero siempre en posición dominante (De Gennaro et alii, 2005, p.6). Sin embargo estos factores no recogen los criterios de elección desde el punto de vista agrícola. El análisis de la distribución por zonas lito-estratigráficas arroja un dato interesante: un elevado número de villas se sitúan en zonas de tufo volcánico y depósitos aluviales, mientras que son muy raros los casos en que éstas se encuentran en zonas arenosas o puzolánicas.

En la actualidad se trata de un paisaje fuertemente antropizado, con grandes movimientos de tierra que han dividido la colina en dos mitades, y numerosas construcciones que han modificado el paisaje.

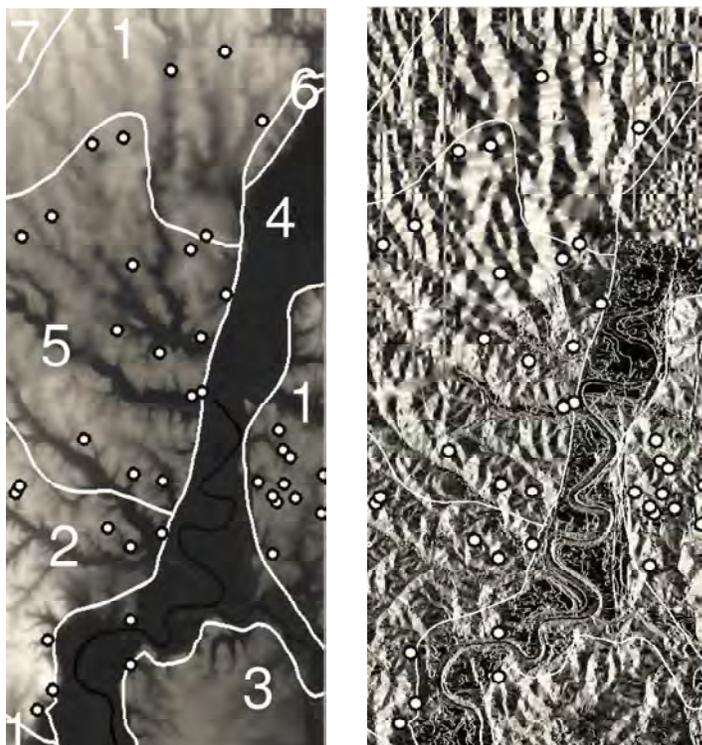


Figura 74. A la izquierda plano altimétrico con la distribución de las villas en las inmediaciones de la villa de Livia. Los valores más claros corresponden a las zonas de mayor altitud. Se representan también los límites de las zonas correspondientes a distintos tipos de suelos. En la figura de la derecha se muestra el mapa de *aspect*, con la exposición al sol a lo largo de la jornada (las zonas claras corresponden a una mayor exposición). (Pescarin, 2007)

Quien observara la Villa desde el cruce de Via Flaminia con la Vía Tiberina obtendría una imagen impactante: la Villa en posición dominante junto a un frondoso valle frente a una de las orillas del río Tíber. La mirada debía de detenerse en la *frons porticata* y en el gran jardín aterrazado, que constituían los marcadores más relevantes del paleoambiente. Es difícil imaginar hoy día, con todas las modificaciones que ha sufrido el paisaje, cómo debía de ser esta línea de horizonte que comprendía el Tíber, la Flaminia, la colina monumentalizada de la Villa, y la urbe al fondo. Era un paisaje fuertemente antropizado, donde numerosas villas rústicas de tamaño grande y mediano organizaban el territorio desde el punto de vista agrícola y ganadero, siguiendo un esquema menos rígido que en las colonias del norte de Italia con la centuriación⁴². Además, respecto al territorio circundante, llama la atención la colocación estratégica de la Villa sobre la colina, a 64m. de altura sobre el nivel del mar, rodeada de bosques y zonas agrícolas densamente cultivadas. En la época augustea se debía de apreciar la secuencia de vacíos y llenos representada por campos cultivados, huertos, recintos para guardar el ganado, villas y zonas boscosas. En este contexto la Via Flaminia, con sus monumentos y sus construcciones rurales tenía un fuerte impacto simbólico y visual sobre el paisaje antiguo y presentaba una importante correlación con la villa de Livia, de manera que ésta constituía en cierta medida una puerta de acceso a la calzada romana.

De estas consideraciones previas se desprende la importancia que tiene el paisaje antiguo para poder comprender el funcionamiento de la Villa y sus relaciones con éste, de manera que para poder realizar una hipótesis coherente sobre este conjunto residencial y agrícola, es necesario analizar su relación con su entorno. Sin embargo, recordemos que sigue sin conocerse la localización y dimensiones de la *pars rustica* de la villa de Livia, pese a que se han hecho diversos intentos con diferentes técnicas (excavaciones tradicionales, geo-radar, tomografía eléctrica 2D, etc.), con la dificultad que conlleva a la hora de poder comprender el funcionamiento del complejo residencial.

⁴² La centuriación en la época romana era el sistema habitual para repartir entre los colonos las tierras de los territorios que iban siendo incorporados a Roma. El establecimiento de una centuriación era un proceso largo y costoso, dirigido por un agrimensor o un equipo de ellos, al final del cual todo el terreno que iba a ser objeto del reparto quedaba dividido en espacios, normalmente de forma cuadrada llamados centurias y delimitados por una red ortogonal de caminos que se prolongaba sobre el terreno durante kilómetros con una orientación constante. Cada centuria era a su vez dividida en lotes más pequeños, que eran los que se asignaban. La perdurabilidad del sistema venía asegurada por la colocación de mojones, epigráficos o no, que señalaban las centurias, las cuales, además, recibían una numeración. En las épocas más antiguas los repartos de tierras presentaban módulos diversos. Tras un proceso de experimentación, a finales del siglo III o principios del siglo II a.C. empieza a generalizarse lo que será la centuria clásica: divisiones de 200 actas de lado, es decir, entre los 704 y los 710 m., según el valor del pie usado como base del reparto (cada una de las actas equivalía a 120 pies romanos), aunque subsisten módulos variados según las necesidades y la amplitud del espacio a dividir. Beltrán Martínez; pp. 220-222, 1978.

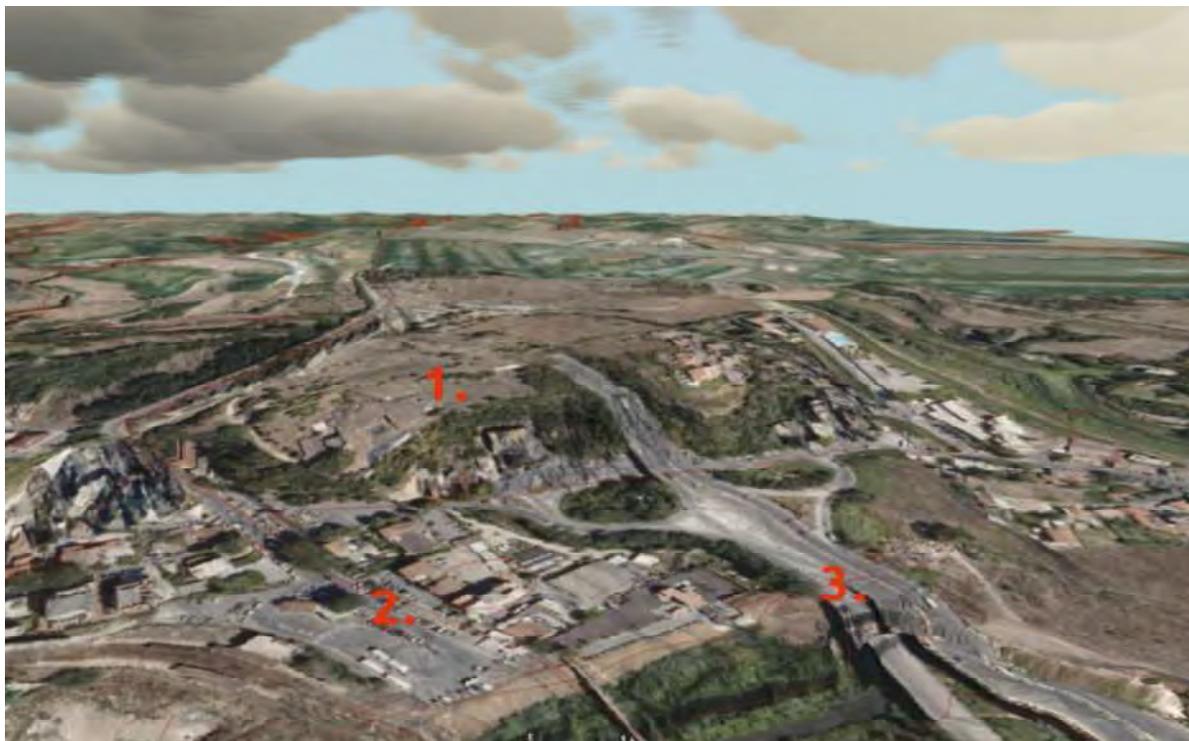


Figura 75. Comparación entre el paisaje arqueológico (arriba) y el paisaje antiguo (abajo). Se pueden observar la zona de la Villa (1), la via Flaminia romana (2) y la Flaminia moderna (3). En la figura de abajo se ha posicionado la Villa reconstruida y una imagen de un arco (maqueta tipológica) que debía de encontrarse en el cruce entre la Flaminia y la Tiberina.

HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA

Una vez identificados los epicentros agrícolas (Figura 74) que pueden modificar el paisaje, se puede plantear una hipótesis delimitando una zona alrededor de la villa sujeta a alternaciones humanas. Partiendo de la base de que el territorio susceptible de ser utilizado se encuentra en un radio en las proximidades del asentamiento, determinado mediante estudios como el *site catchment analysis*, se plantea una hipótesis reconstructiva del paisaje que incluye la red viaria, perfectamente documentada, el terreno agrícola (zonas de cultivo y pastos), y fuentes de agua conocidas.

Para modelar el terreno alrededor de la villa de Livia, se ha optado por trabajar directamente con programas de tipo GIS, por tratarse de grandes extensiones, sin embargo para poder hacer un levantamiento detallado del terreno sobre el que se levanta la Villa se ha trabajado con el escáner laser, obteniendo una superficie topográfica a partir de curvas de nivel que dan lugar a un relieve tridimensional complejo, capaz de ser modificado con procedimientos tan sencillos como si se tratase de un cuerpo regular.

1. EL LEVANTAMIENTO 3D Y LA RECONSTRUCCIÓN DEL ESTADO ACTUAL COMO BASE PARA LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL.

El modelo 3D que se ha realizado en este trabajo, tiene por finalidad probar la metodología desarrollada en esta tesis, mediante el estudio y análisis visual y perceptivo de la Villa de Livia, que como hemos visto a lo largo de este trabajo de investigación, ha sufrido numerosos daños de diversa índole haciéndole perder su forma original. La planimetría que configura la base geométrica del modelo ha sido realizada ex-novo al haberse verificado numerosos errores en la existente, fruto probablemente de las diferentes campañas de excavaciones realizadas en la Villa, con técnicas y niveles de tolerancias diversos.

La planimetría general de la Villa se ha obtenido mediante el uso del escáner láser y el apoyo de la estación total, que ha producido los puntos de apoyo para poder posicionar los modelos 3D obtenidos con el escáner (Figura 7), sirviendo también como comprobación de la planimetría. Se ha procedido a un levantamiento del monumento con un escáner láser de triangulación, consiguiendo una nube de puntos con una red muy estrecha de 3x3 mm. El resultado del escaneado es un modelo numérico definido por una serie de puntos muy elevada; una vez optimizado el modelo numérico, se transforma para conseguir una superficie, a través de una serie de triángulos (*mesh*). Seccionando la superficie definida por las *mesh* con una serie de planos ortogonales entre ellos, se han conseguido unas secciones que pueden ser editadas bajo forma de proyección gráfica bidimensional, y que han resultado muy útiles, por ejemplo, para medir en verdadera magnitud los restos de las bóvedas que se encuentran en la Villa. También se han podido completar las geometrías de las columnas del pórtico del Jardín Imperial, a partir del levantamiento de los numerosos fragmentos que se han encontrado en las distintas excavaciones .

El levantamiento con escáner láser se tuvo que realizar por sectores ya que la estructura actual está protegida por una cubierta (Figura 1) que dificulta la visión de conjunto y la comprensión de éste. El control, elaboración, definición y montaje del modelo mediante el ensamblaje de las diferentes partes en que se ha dividido la zona para su levantamiento, ha sido imprescindible puesto que la cubierta actual hacía imposible que se pudiese usar el escáner haciendo barridos completos, de manera que se ha tenido que estructurar todo el proceso en fases preestablecidas.

Previamente a la generación del modelo reconstructivo 3D digital, se ha realizado la maqueta virtual del estado actual con las técnicas de escáner láser y el apoyo de la estación total. Este modelo tridimensional digital de estado actual, ha sido la base de la maqueta virtual, que posteriormente se ha simplificado tal y como se ha apuntado en el apartado anterior.

CONCLUSIONES

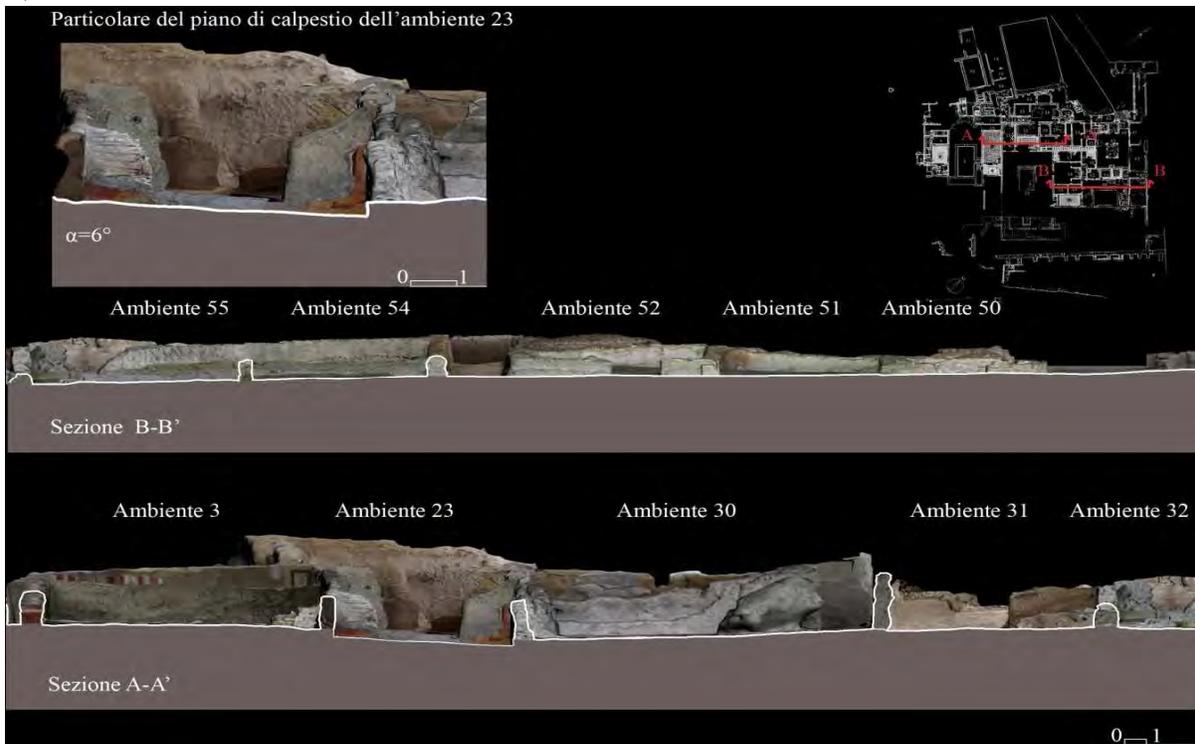


Figura 1. Imágenes del estado actual de la Villa con la cubierta que protege la estructura.

El levantamiento del edificio con escáner láser me ha proporcionado también información gráfica sobre los niveles de la Villa y la diferencia de cotas del pavimento, de difícil lectura en algunas zonas a causa de los daños sufridos a raíz de la explosión de una bomba durante la Segunda Guerra Mundial.



2a)



2b).

Figura 2. a) Imagen de trabajo del modelo obtenido con escáner láser en la zona termal de la Villa. b) Sección A-A' donde se observa la falta de planeidad del suelo debida a los hundimientos parciales por la explosión de una bomba.

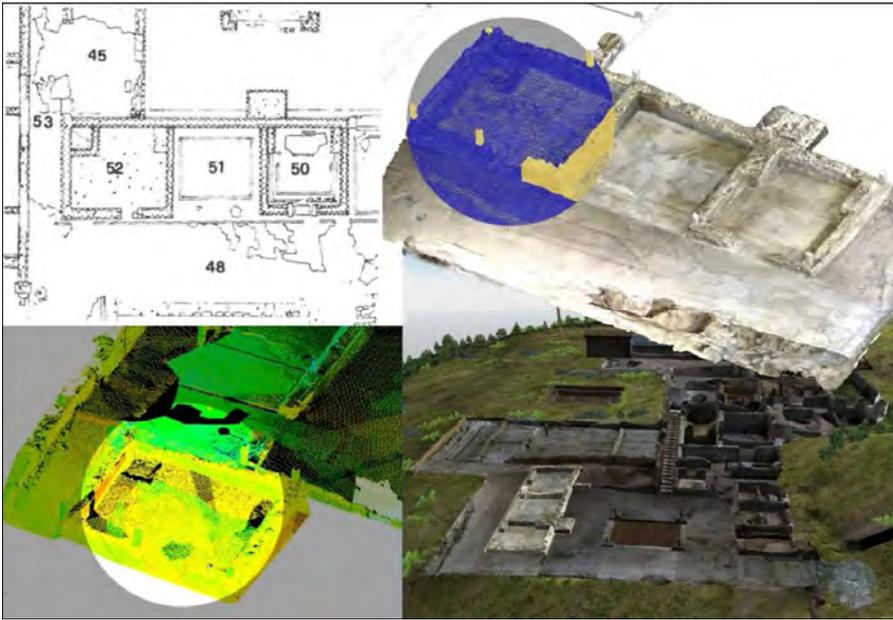


Figura 3 Post-processing del levantamiento con laser scanner: de la nube de puntos a la *mesh* de alta definición, de la aplicación de texturas a la optimización del modelo 3D Studio, al modelo *lowpoly* para la realidad Virtual.



Figura 5. Proceso de regularización y esquema de estudio para la resolución de las cubiertas de la planta de la Villa

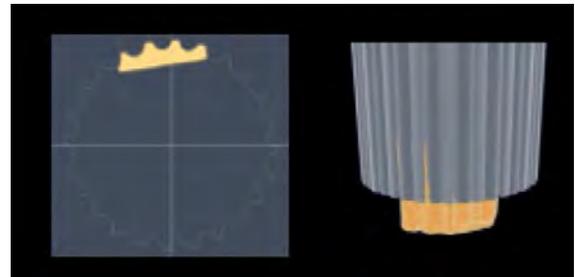
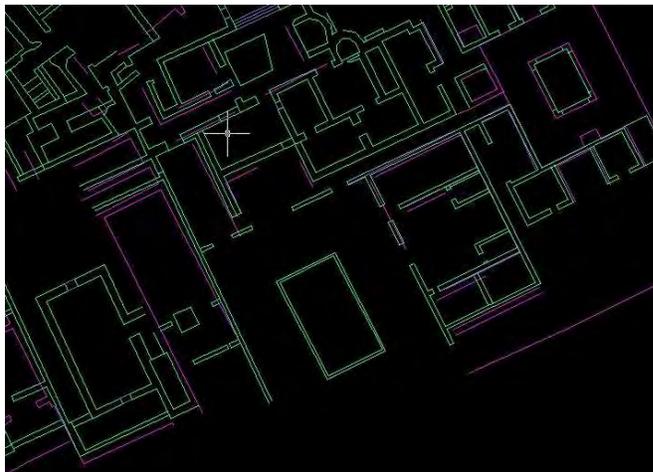


Figura 4. Integración de la geometría de una de las columnas del pórtico del Jardín Imperial a partir de los datos del levantamiento obtenidos con escáner láser.

CONCLUSIONES

Esta planimetría (figura 5) se ha regularizado y ortogonalizado para realizar la maqueta 3D, aunque para análisis y estudio se ha trabajado con la planimetría sin modificar. A partir de la planimetría original, he tenido en primer lugar que regularizar la planta general y el esquema de resolución de las cubiertas, en segundo lugar el perfil general de los alzados y secciones, y por último lugar la base geométrica de los elementos decorativos siguiendo la regularización de la planta.



Las correcciones respecto al levantamiento real contribuyen también a la búsqueda de la génesis geométrica en la que se basó el proyecto original, en una especie de reconstrucción de la idea del proyecto (Docci et alii, 2002). Esta regularización de todo el conjunto responde a la necesidad de agilizar el trabajo, considerando la existencia de ejes especulares y de traslación.

Figura 6. Superposición del levantamiento original en 2D (magenta) y la regularización de la planta (verde)

Esta consideración simplifica enormemente los elementos que se repiten según una cierta ley geométrica, y permite tratar una serie de elementos o unidades de modelación, sobre los cuales realizar operaciones de repetición matricial y por simetría axial o de traslación, facilitando el trabajo siempre y cuando sea posible poder regularizar la planimetría general y los elementos singulares.

Los aspectos más destacados del proceso de dibujo previo a la construcción de la maqueta 3D de la Villa se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Elección del sistema de referencia, coincidente con los ejes ortogonales en torno a los cuales se estructura la *natatio* situada al centro del *peristilio* del complejo edilicio.
- Determinación de los ejes de simetría para los sectores del *peristilio*, jardín republicano y jardín Imperial
- Análisis de los espacios y su geometría, determinación del modulo en pies romanos de cada sector.
- Análisis de la geometría de los elementos decorativos y pinturas murales
- Regularización de intercolumnios en los pórticos y distancias entre elementos.
- Determinación de los elementos que se puedan generar por repetición en matriz, sobre todo en los pórticos.



Figura 7. Colocación del modelo 3D sobre los puntos obtenidos con la estación total.



Figura 8. Imagen de la superposición del atrio en su estado actual y su reconstrucción en época de Augusto.

1.1. Problemas afrontados a la hora de realizar el modelo 3d de la villa de Livia

1.1.1. Dimensiones de la base de datos espaciales

Una de los primeros y más importantes problemas encontrados, ha sido la gestión y optimización de la enorme base de datos espaciales a disposición para permitir el acceso del usuario en la red. 35 GB de fotografías aéreas se han convertido, después de una fase inicial de trabajo de optimización, en 12 GB de paisajes tridimensionales, que también han sido tratados de forma que sean navegable en la red, gracias a las técnicas de "paging", y de los niveles de detalle que permite el Generador de Terrenos (Terrain Generator) utilizado (OSGdem)¹.

1.1.2. Sistemas diferentes de coordenadas y de la resolución de los datos

Ha sido indispensable crear un único sistema de coordenadas geográficas que contuviera todos los datos. Se ha optado por el sistema UTM32 con *datum* WGS84, que es el sistema en que estaban la mayor parte de los datos (geotiff) que teníamos a disposición.

1.1.3. Dimensiones de las maquetas 3D (geometría y texturas)

Una de las actividades más onerosas ha sido la optimización de modelos tridimensionales complejos para permitir un acceso más fácil a través de internet. Hemos trabajado con más de 20 millones de polígonos para conseguir geometrías que, al subdividirse en objetos más sencillos, fueran más eficaces desde el punto de vista de la visualización y navegación por internet. La optimización de maquetas complejas es una cuestión importante para poder poner a disposición del público objetos tridimensionales. Las conexiones de internet son ya muy rápidas, pero todavía no están suficientemente extendidas, sobre todo para los usuarios particulares, y esto nos lleva a establecer un límite más bajo para el tamaño de los modelos tridimensionales. Sin embargo, se plantea la siguiente cuestión: ¿es mejor que prevalezca la calidad del modelo (mejor resolución), o la velocidad de la navegación por la web?

Este problema se afronta con distintas técnicas, que nos permiten superar esta cuestión, pero nos llevan a plantear otra nueva. Los videojuegos en internet han sido los primeros en desarrollar estas técnicas que se han usado en este trabajo. El uso de *shaders* aplicados a los modelos tridimensionales nos permite obtener efectos gráficos de buena calidad, incluso con una geometría de tamaño reducido.

Se han adoptado tres técnicas para los modelos 3D: la *paginación* (el modelo total se divide en unidades llamadas páginas, que están organizadas con una jerarquía). Los niveles de detalle (LOD: cada objeto está representado con varios niveles de detalle que dependen de la distancia del observador); y la "multiplicación" (*instancing*: repetición de los mismos elementos iguales en la escena tridimensional).

Se ha establecido un límite de 300-400 Kb para cada modelo. Cada maqueta se ha dividido en partes progresivamente más pequeñas y con diferentes niveles de detalle, tres en nuestro caso, como ya hemos visto. De esta manera, cada elemento se puede visualizar con el grado de detalle adecuado en función de la posición del espectador, sin perder la posibilidad de poder acceder al nivel de detalle más alto.

¹ Herramienta de la biblioteca de código abierto OpenSceneGraph.

1.1.4. Construcción de un único sistema de interacción válido para macro y micro contexto.

Los niveles de interacción a escala territorial e interterritorial necesitan de un tratamiento distinto desde un punto de vista informático. Hemos visto cuáles pueden ser los problemas que se plantean a la hora de hacer una reconstrucción virtual de una arquitectura compleja, y lógicamente los problemas se multiplican cuando se trata de introducir en el paisaje reconstruido cientos de edificios construidos virtualmente. El riesgo más evidente es que la navegación sea casi imposible a causa de la complejidad de la escena (terreno, maquetas 3D, vegetación y capas vectoriales).



Figura 9. Exploración en macro y micro escala de la Villa de Livia (Prima Porta, Roma).

En algunos casos es preferible separar completamente los dos niveles de interacción, dejando a la navegación a vista de pájaro la percepción completa del paisaje, y permitiendo a través de la selección de una zona limitada, la exploración en detalle dentro de un ambiente concreto que será tratado como una escena nueva y distinta (Figura 10). Esta solución, que en determinados casos puede ser preferible desde un punto de vista comunicativo, tiene como inconveniente el que el usuario puede perder la sensación de continuidad espacial, dificultando la lectura del paisaje. Se ha tratado de conservar la continuidad perceptiva en la exploración a macro-escala (visión holística del paisaje) y a micro-escala (visión de detalle de cada monumento), precisamente gracias a las técnicas para optimizar los modelos que hemos visto (Vico, 2007).



Figura 10. Maqueta 3d del paisaje arqueológico: wireframe con los diferentes niveles de detalle (izquierda): visión del territorio con resolución de 20 cm (centro); detalle de *Plaza del Popolo* (nivel de detalle con mayor definición).

1.1.5. El uso de programas *webGIS* 3d como contenedor de información

Con este caso de estudio se ha podido constatar que las nuevas tecnologías aplicadas al Patrimonio, contribuyen a mejorar los procesos de investigación, conservación y difusión del patrimonio arquitectónico y arqueológico, gracias a la aplicación de métodos y técnicas digitales de investigación, conservación y difusión arqueológica. De la Villa de Livia hasta ahora se disponía de información muy fragmentaria, con una serie de datos incompletos procedentes de distintas campañas de excavaciones, realizadas con mayor o menor rigor científico, que habían producido una planimetría incorrecta, en parte por la complejidad del lugar, porque cada excavación había sido llevada a cabo por un equipo diferente, pero también por descuido².

La investigación científica en sí tiene una dimensión pública, puesto que trata del estudio y conservación de los Bienes Culturales. La aplicación de un enfoque de código abierto (OpenSource) a la investigación en el campo de la arqueología puede abrir nuevos horizontes, tanto en términos de los instrumentos utilizados, como de los métodos aplicables a proyectos. En el ámbito del patrimonio cultural faltan algunas de estas herramientas para el intercambio de información, y la realización de un entorno 3d cooperativo puede ayudar a abrir nuevos horizontes.

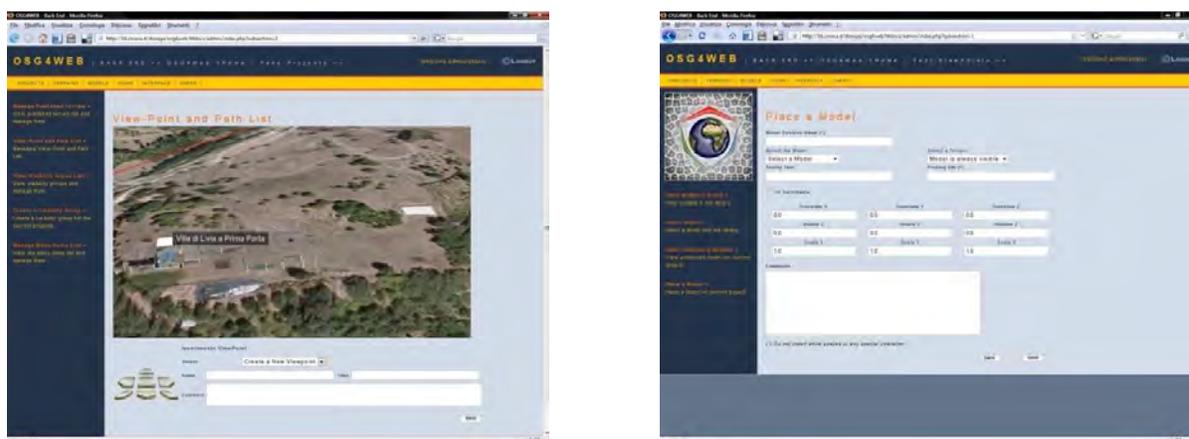


Figura 11. Interfaz de OSG4WEB, que funciona como una gran base de datos y permite incorporar las maquetas 3D a través de internet en tiempo real.

Para esta tesis he recopilado toda la información disponible sobre la Villa, que se ha integrado mediante una aplicación de realidad virtual basada en datos GIS y maquetas 3D geo-referenciadas, que funciona mediante un *plug-in open source*³ para navegadores de internet mediante una pantalla provista de una serie de funciones avanzadas de interacción con el territorio, maquetas y contenidos.

² La omisión en la planimetría de la Superintendencia, de dos columnas del pórtico del jardín grande, que estaban colocadas en el ángulo superior derecho, dificulta la lectura de los límites del jardín. El profesor Messineo me informó de este hecho, ayudándome a reconstruir la planimetría original.

³ Con el término *open source* se alude al concepto de libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir y modificar el código fuente, para los productos de software libre. El el término "código abierto" elimina la ambigüedad de libertad frente a precio (en el caso del inglés), pero introduce una nueva: entre los programas que se ajustan a la definición de código abierto, que dan a los usuarios la libertad de mejorarlos, y los programas que simplemente tiene el código fuente disponible, posiblemente con fuertes restricciones sobre el uso de dicho código fuente. Un programa de abierto tiene ciertas código características que determinan su resultado final (el código fuente está disponible y abierto) y las distintas modalidades de realización de éste por parte de los programadores. Se habla de "comunidad de programadores" porque, la mayoría de los programadores

Esta aplicación se llama *webGIS 3d open source*, y ha sido realizada en colaboración con CINECA y VHLab⁴ ITABC, del CNR. El sistema, realizado por el equipo de informáticos de CINECA, en cuyo interior se han podido introducir los datos de la Villa, incluye la realización de un sistema para la fruición web basado en las librerías *open source*, en concreto OpenSceneGraph, que han desarrollado para Explorer y Mozilla.



Figura 12 Villa de Livia, maqueta optimizada para la navegación en tiempo real a través de internet, para el proyecto Virtual Rome.

La parte que me concierne ha sido la organización e introducción en la gran base de datos, de los datos de la Villa, donde se puede encontrar toda la información sobre la arquitectura de ésta el territorio en su estado actual y también en época augustea. Además, las nuevas tecnologías han facilitado la manipulación de gran cantidad de datos de forma fácil automática para completar el levantamiento arquitectónico.

El hecho de que mi trabajo se pueda integrar dentro de un sistema más amplio, muestra de manera clara hasta qué punto es importante que todo el proceso de trabajo sea abierto y transparente para permitir a cualquier profesional seguir este proceso e intervenir en él si fuera necesario, y también la importancia que tiene que en este tipo de proyectos participen equipos multidisciplinares.

pueden colaborar a distancia en la creación del código, redistribuyéndolo y dejando que otros puedan acceder, aportando mejoras, añadiendo características, adaptándolo a sus necesidades, eliminando errores, en definitiva, ayudando a desarrollarlo de manera rápida y eficaz. El modelo propuesto por el movimiento Open Source nace en el mundo de la informática, pero también puede ser aplicado al mundo de la arqueología, gracias al aspecto "social" del trabajo y al potencial para el desarrollo de la investigación y, lógicamente del conocimiento.

⁴ El laboratorio en el que he realizado parte de esta tesis doctoral, tiene un gran interés en los programas de código abierto, no sólo en el uso y desarrollo de software abierto (GRASS, OpenSceneGraph, GDAL, OSG4WEB, etc.), sino también en su desarrollo general.

2. EL MÉTODO COMO CONCLUSIÓN

A menudo las reconstrucciones virtuales publicadas en diferentes formatos, carecen de rigor científico, no se puede acceder a los criterios seguidos para la reconstrucción, no existe transparencia ni el proceso ni en su comunicación, y no se puede demostrar la validez de las hipótesis de trabajo. Frente a esta situación, ha surgido la idea de esta investigación.

Esta Tesis doctoral ha tratado, además del desarrollo de una metodología que prevé la aplicación de criterios constructivos y estructurales para la reconstrucción virtual del espacio arquitectónico, (con el caso de estudio concreto de la Villa de Livia), otro aspecto fundamental: el campo de la reconstrucción virtual del Patrimonio.

A través de la infografía se ha planteado una reflexión sobre la metodología, con la aplicación de ésta al caso de estudio de la Villa de Livia, considerando el conjunto arquitectónico en toda su extensión dentro del paisaje antiguo, y estudiando soluciones para los componentes necesarios que definen el organismo estudiado. El resultado de este trabajo tiene un impacto visual y comunicativo muy alto, y además permite al público en general acceder a una serie de datos que normalmente se encuentran codificados, comunicando el Patrimonio Cultural antiguo. La arquitectura y arqueología virtual permiten conocer el pasado, comunicando una serie de información compleja sobre los restos existentes e hipotéticos, que se representa mediante el dibujo y la imagen. El procedimiento reconstructivo implica considerar el objeto de estudio en toda su extensión, definiendo soluciones para cada uno de los detalles que definen el organismo arquitectónico, de manera que el proceso de trabajo es iterativo, tal y como hemos visto en el apartado que trata de la metodología. Con la realización del modelo se pueden considerar espacialmente las hipótesis de trabajo planteadas de forma que la maqueta se revisa continuamente, comprobando las diferentes hipótesis propuestas y actualizando el modelo en un proceso reversible.

Hasta ahora el conocimiento sobre las residencias romanas se había basado fundamentalmente en los datos que derivaban de las excavaciones arqueológicas, consistentes en un conjunto de noticias que ayudaban a la comprensión de la estructura de manera limitada, proporcionando una información básica y obligada sobre el organismo objeto de estudio. La documentación, recogida y análisis de los restos materiales del pasado siguen estando ligados a un tipo de estudio y de atención taxonómica que no tienen en cuenta la reconstrucción virtual de un ambiente o de un contexto más amplio. El carácter digital de estas tecnologías aplicadas a los bienes culturales, y la posibilidad de modificación y actualización constantes, permite que se traten como un sistema abierto de información, una especie de gran base de datos fácilmente modificable en cualquier momento. Este concepto es importante porque garantiza la transparencia del proceso reconstructivo y por tanto el rigor científico.

Mi hipótesis de partida se podría resumir de este modo: *se puede desarrollar un método mediante el cual se puede dar rigor a las reconstrucciones virtuales desde un punto de vista arquitectónico-constructivo en la arquitectura romana.*

La reconstrucción virtual tiene que recoger los aspectos constructivos reales. La metodología planteada para poder llevar a cabo este tipo de reconstrucción virtual, difiere radicalmente de la habitual en la inclusión de un método específico para analizar el comportamiento estructural. De este modo, se puede comprobar la estabilidad de arcos,

bóvedas, muros (ya sean aislados que como soportes del arco) de estribos, línea de empujes de arcos y la estabilidad del arco en sí mismo.

Estas reflexiones son aplicables a las reconstrucciones virtuales de arquitectura romana, ya que está codificada desde la primera edad Imperial, pero la metodología que he desarrollado en esta Tesis se puede extrapolar y en general es válida en los casos de construcciones históricas, desde la arquitectura clásica, hasta la arquitectura gótica.

A partir del estudio que he realizado, he llegado a la conclusión de que desde el punto de vista del rigor científico, se tienen que tener en cuenta una serie de cuestiones constructivas y estáticas a la hora de hacer maquetas virtuales, de modo que he desarrollado un método que resumo a continuación:

- Estudio de las fuentes. Análisis del paisaje antiguo y de la arquitectura: espacios y geometría.
- Comprobación de los sistemas codificables originales y determinación del módulo (en pies romanos) de cada sector.
- Análisis de la geometría de los elementos decorativos, pavimentos y pinturas murales.
- Análisis de la reconstrucción histórica, estudio de los aspectos constructivos.
- Análisis estático del edificio: estabilidad de los elementos constructivos.
- Realización de la maqueta 3D arquitectónica, interrogable y modificable de acuerdo con el principio de la transparencia de datos.
- Validación de la hipótesis de trabajo a través de la comprobación del comportamiento estructural de las hipótesis estudiadas, mediante el empleo del polígono funicular, el polígono de fuerzas paralelas y el de fuerzas concurrentes.
- Reconstrucción 3D del paisaje antiguo y de los ecosistemas.
- Comprobación de las hipótesis realizadas (proceso de retroalimentación).

Desde un punto de vista arquitectónico y constructivo, interesan todos aquellos aspectos relacionados con la imagen, la forma y las dimensiones; no en vano la forma deriva del buen comportamiento estructural y funcional. Sin embargo hay determinadas cuestiones que no tienen interés a la hora de hacer una reconstrucción virtual: no interesa la construcción histórica en sentido amplio, sino una parte de ésta. Por ejemplo, la composición del mortero romano no es relevante, pero sí lo son las cuestiones ligadas a los gruesos de muros, las pendientes de las cubiertas, que se deben de adaptar en función del lugar, o la estática. El tipo de aparejo empleado interesa solo si va a quedar visto, en este caso, si por ejemplo, se trata de un muro de *opus reticulatum*, hay que conocer su trazado correcto, saber la forma de trazarlo y la resolución de la apertura de huecos o esquinas. Los dinteles y vigas tendrán que tener los cantos adecuados dependiendo de si son de piedra o madera. Las cimentaciones en principio no se verán nunca en una reconstrucción virtual, salvo que queden al aire en una ruina.

CONCLUSIONES

- La transparencia.

Es importante determinar cuál es el grado de fiabilidad aceptable para una reconstrucción virtual. A la hora de realizar hipótesis reconstructivas se abordan cuestiones tipológicas, pero también constructivas, como la determinación de elementos arquitectónicos o decorativos que faltan, e inevitablemente se hacen una serie de hipótesis implícitas, como decidir el tipo de material o las cargas que pudieron gravitar sobre la estructura sobre la que se realizan las hipótesis; es algo que recuerda a las cajas chinas: existen unas hipótesis dentro de otras. Por eso la transparencia de los datos en la construcción de la maqueta es fundamental.

La maqueta se ha realizado según el método expuesto, partiendo de un proceso de estudio basado en fuentes y tipologías. Está construida siguiendo una división en niveles en función del tipo de datos y su fiabilidad; es accesible e interrogable, y se indica el grado de fiabilidad de la reconstrucción con una leyenda que diferencia la arquitectura del aparato decorativo, distinguiendo tres niveles: indiscutible, probable, evocativo. Las simulaciones con las hipótesis de estudio constituyen un acto dinámico integrable que se puede modificar fácilmente a medida que aparezcan nuevos datos o paralelismos.

- Verificación del método: comprobación de la hipótesis reconstructiva.

Cuando me planteé de qué forma podría comprobar que la hipótesis elaborada fuese correcta desde un punto de vista constructivo y estructural, la solución más convincente fue realizar una tabla donde se incluyen una serie de parámetros que ayudan a comprender si los criterios con se ha hecho la maqueta son correctos desde un punto de vista teórico. Los elementos que se pueden controlar de este modo son, por ejemplo, el esquema constructivo de las cubiertas y sus pendientes, los sistemas de evacuación de las aguas, el grosor de los muros, las dimensiones de los pilares, los elementos de recogida del agua de las cubiertas, la presencia de aleros, el tipo de revestimiento, la solería, los huecos o la carpintería, entre otros. Además se indica si se han efectuado cálculos y de qué tipo son éstos, para las diferentes cuestiones estructurales estudiadas.

La posibilidad de modelizar el comportamiento estructural de un edificio como la villa de Livia, con muros portantes realizados con diversas técnicas, como *caementicum*, *reticulatum*, y las variantes con ladrillos, me interesaba mucho, pero resulta algo muy complejo, porque las simplificaciones que se pueden hacer cuando se estudian estructuras de acero u hormigón armado, no se pueden realizar en edificios de este tipo. Los programas de cálculo que se basan en el estudio de elementos finitos, como Midas GEN, LUSAS, SAP2000 o ANSYS, por citar solo algunos, permiten el análisis de las tensiones de los modelos 3D, y son más útiles para estudiar las deformaciones y las solicitaciones, que para efectuar las comprobaciones que me interesan sobre la estabilidad de la estructura. Aun así he querido comprobarlo realizando una simulación del triclinio subterráneo de la Villa (pg. 68, parte III)

La modelización resulta muy difícil porque no hay un material con el que se pueda simular de forma completa el complejo comportamiento de la estructura que se estudia. La dificultad aumenta en el caso en que se quieran modelizar determinados elementos como los refuerzos que se realizaron durante las numerosas intervenciones que sufrió la villa. El grado de complejidad de esta modelización depende del nivel de fiabilidad que se quiera obtener del modelo

numérico, y las simplificaciones y esquematizaciones se plantean en función del tipo de resultado deseado. Además, se trata de casos en los que no se puede considerar como referencia válida la normativa actual, ya sea la normativa nacional o los euro códigos, por las fuertes restricciones que imponen.

Considerando la dificultad que una comprobación de este tipo supone, es oportuno no perder de vista que no se trata de una intervención real, y que la maqueta 3D permanece en el ámbito de la virtualidad. Por lo tanto la forma de valorar si una reconstrucción virtual es correcta desde un punto de vista constructivo, se hará mediante una tabla de recoge los parámetros con que se ha realizado el modelo virtual.

PARÁMETROS DE CONTROL	
RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE LA VILLA DE LIVIA, PRIMA PORTA	
LOCALIZACIÓN	
Municipio: Prima Porta, Roma	Acceso: desde la via Flaminia Antica
Altitud: 150 metros	Otros: Situada en una explanada en lo alto de una colina
Orientación de fachada principal: Sur	
DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y SU ENTORNO	
La villa se divide en seis grandes zonas (zona oeste destinada a invitados, zona termal, zona del atrio, zona del peristilo, zona del jardín republicano y jardín imperial)	
Alturas(n° plantas): pl. subterránea, planta baja y en algunas zonas primera planta (al menos zona 9-10-12)	Habitaciones privadas: 13
	Habitaciones para los huéspedes: 8
	Habitaciones para recepciones: 5
	Habitaciones termales: en época augusta desconocidas, en fases sucesivas: 10
	Habitaciones uso doméstico: 12 en la zona excavada, sin contar la parte subterránea ligada a las termas, y a falta de localizar la <i>pars rustica</i> .
Edificios Anexos: <ul style="list-style-type: none"> - Zona destinada a cuadras de caballos - Cisterna para el almacenamiento del agua. - Criptopórtico en la parte sur de la explanada 	Habitaciones de uso desconocido: 8
ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DAÑOS OBSERVADOS	
Ha perdido toda la cubierta, buena parte de los muros no superan el metro de altura, y el conjunto está muy deteriorado. Al mal estado de la villa debido al paso del tiempo y un incendio hacia el siglo III, hay que sumar los daños sufridos por la caída de una bomba durante la II Guerra Mundial. Se ha excavado sin criterio, resultando muy difícil entender el funcionamiento de la villa.	

CONCLUSIONES

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO	
Muros de carga realizados con diferentes técnicas constructivas, que se superponen a lo largo del período de vida de la Villa (s. I a.C. –s. IV d.C.). Cubiertas inclinadas de madera, bóvedas en <i>opus caementicium</i> (ver parte II)	
CUBIERTAS	
Dependiendo del grosor de los muros, de las luces a salvar, y del tipo de habitación de que se trataba, se han planteado diferentes tipos de cubiertas empleados en la reconstrucción virtual (ver parte III). En función de la cubierta propuesta, se ha estudiado la evacuación de las aguas y el tipo de revestimiento exterior.	
<p><u>Cubiertas inclinadas</u> con estructura de madera o cerchas, en función de las luces a salvar.</p> <p>Cerchas: las luces mayores que se encuentran en la Villa son de unos 10 m. Para dimensiones menores se han usado cubiertas simples, con esquemas similares a la cubierta a la molinera, picadero, par e hilera, o par y nudillo.</p> <p>El canto de las vigas proyectadas oscila entre 0,30-0,45 cm.</p>	<p>Pendiente 30%</p> <p>Material de Cubrición en cubiertas inclinadas: Teja. Las dimensiones de las tejas en Roma eran: 39x46cm. (opción elegida), y 49x66 cm.</p> <p>Aleros: sobresalen al menos 15 cm. (1/3 de la longitud)</p> <p>Equilibrio analizado con estática gráfica</p>
<p><u>Bóvedas</u>: cañón, arista, cañón rebajada (ver detalles en parte III)</p> <p>Material de construcción: <i>opus caementicium</i></p>	Equilibrio analizado con estática gráfica
<p><u>Evacuación de aguas</u>: Se han usado gárgolas y acroteras en los espacios en que se tenía constancia de su uso, y se han proyectado las cubiertas "virtuales" teniendo en cuenta los puntos donde hay restos de posibles arquetas y canalizaciones para la evacuación del agua.</p>	
FORJADOS	
<p><u>Zona 9-10-12</u> Una planta de altura</p> <p><u>Características</u>: Vigas de 17,5x17cm., pavimento 2,8 cm., capa mortero 28,5 cm. Separación del entrevigado⁵: 50 cm. Otros datos: capa de mortero con/sin tejoleta de 15-30 cm. como base del pavimento (<i>opus signinum</i>, mosaico, etc.)</p>	<p>Luz: 4-5 m.</p> <p>Tablazón: madera, 2m. Largo, 2,2x0,32 m. sección</p>
<p><u>Sala 3</u>: Una planta de altura</p> <p><u>Características</u>: Vigas 37x35. Viguetas: 14x9 cm. cada 1,75 m.</p>	<p>Luz: 6m</p> <p>Tablazón: madera, 1,80m. Largo, 2 x0,26 m. sección</p>
<p><i>Medidas estimadas basadas en la comparación con ejemplos de la zona vesubiana. Comparación con lo descrito por Vitrubio (VII, 1). Datos confrontados con construcciones históricas romanas (Manuale del Recupero del Comune di Roma, 1997)</i></p>	

⁵ Según Adam (L'arte di costruire presso i romani, 2006), en las casas pompeyanas estudiadas por él, la distancia oscila entre 25-29.5 cm.

CERRAMIENTOS (TABIQUES Y MUROS DE VIVIENDA)	
Zona termal y triclinio subterráneo, grosor muros:	0,75 m., máximo: 1,05 m. (muro doble)
Resto de la Villa, grosor muros:	Muros portantes 0,50-0,60 m. tabiques 0,36 m
Datos existentes: Los cerramientos se han conservado en todos los casos, no se han hecho hipótesis reconstructivas.	
Los aparejos estarán bien trazados si quedan vistos, así como las trabas y soluciones para esquinas: las soluciones constructivas no son visibles en el caso de la villa de Livia porque no hay constancia documental ni gráfica de que haya muros vistos.	
SOPORTES VERTICALES	
Pilares atrio	0,42 x 0,90cm. en L
Pilastras cisterna	0,65 x 0,85 cm.
Datos a disposición: se han conservado en todos los casos.	
DINTELES	
Huecos pequeños (hasta 0,60 m.)	Dimensiones: dinteles de madera de altura 0,10-0,20 m.
Huecos de dimensiones medianas (0,60-3,80 m.)	Dimensiones: Combinados con arcos de descarga, aunque en la reconstrucción no se ve porque todos los muros están revestidos, altura 0,20-0,30 m.
Huecos grandes de la zona termal cubierta con bóvedas (más de 4m.)	Dimensiones: Dinteles de piedra, altura superior a 0,35 m.
Pórtico del Jardín Imperial	Dimensiones: Luz de 3,55 m., cubierta a dos aguas: altura arquitrabe: 0,69 m. (4,80 m. altura columna)
Pórtico del <i>peristilio</i> y del jardín republicano	Dimensiones: Luz de 1,70 m., dinteles de madera altura 0,45 m. (3,46 m. altura columna)
<i>El canto del dintel tiene que ser el adecuado dependiendo de si se trata de piedra o de madera. (Dimensiones confrontadas con los ejemplos vesubianos)</i>	
SOLERÍA	
Pavimento exterior: <i>opus spicatum</i> , <i>signinum</i> y <i>cocciopesto</i>	Disposición: <i>spicatum</i> en espina de pescado
Pavimento interior: <i>sectile</i> y <i>musivum</i> de distinto tipo según época	Nº teselas: variable, entre 90-155/100cm ²
<i>Reconstruidos sobre la base de los restos existentes en todos los casos</i>	

CONCLUSIONES

REVESTIMIENTOS:	
Interiores: pintura al fresco sobre base de estuco en paredes y techos.	Estilos: de finales del II estilo al IV estilo pompeyano
Exteriores: Estuco con pintura de color blanco, ocre, rojo	
Termas: paredes con estuco y planchas de mármol (las huellas permiten determinar dimensiones y tipo de mármol)	Termas: bóvedas revestidas internamente con estuco con estrigilaturas en salas calefactadas según paralelismos tipológicos
Hipótesis decorativa a partir de los restos existentes y los paralelismos tipológicos	
ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN VERTICAL	
Escaleras interiores: Huella: 31-35 cm. Tabica: 17-18 cm.	Nº: 6 (1 de bajada a triclinio subterráneo, 3 a zona termal, 1 de subida a primera planta, 1 de acceso a villa desde exterior)
Estructura:	Piedra, ladrillo, mortero de cal Probablemente el segundo tramo de acceso a la primera planta fuese de madera, pero no se han conservado restos
Escaleras exteriores: huella: 32 cm, tabica 16 cm.	acceso lado sur, con rampas
FALSOS TECHOS PLANOS Y ABOVEDADOS	
<i>Cubicula</i>	Falsa bóveda decorada y suspendida
Espacios cubiertos con armaduras y cubiertas simples	Falsos techos decorados
Solo se han conservado fragmentos de los que se ignora su colocación, y que se han reconstruido gráficamente. En este caso la hipótesis reconstructiva se basa en el estudio de paralelismos tipológicos a partir de los fragmentos encontrados.	
CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA	
Exterior: madera	Interior: madera
Rejas:	No quedan restos y no se han reconstruido, aunque eran habituales en las casas romanas
Alfeizares con goterones, tal y como aparecen en Villa de Misteri y Oplontis	
Se han tomado como referencias la carpintería descrita por Adam (<i>L'arte di costruire presso i romani</i> , 2006) y los ejemplos de la zona vesubiana	

ELEMENTOS DECORATIVOS Y UTENSILIOS

Esculturas: fragmentos varios conservados, que debían de adornar la Villa, la más importante de las esculturas es la del Augusto de Prima Porta. Neudecker enumera múltiples fragmentos de otras esculturas localizadas en el área de la Villa, algunas colosales, otras bustos o cabezas, y además existen aún cientos de fichas en los archivos de la SAR que no se han publicado nunca, con información sobre material vario.

Se han encontrado numerosos fragmentos de *oscilla* usados en la reconstrucción, todo tipo de útiles de cocina, y elementos decorativos como lastras campanas.

Larario reconstruido según paralelismos vesubianos.

OTROS DATOS

Criptopórtico: se ha dibujado el volumen con el fin de comprender mejor el funcionamiento de la villa, pero no hay datos suficientes para poder plantear una reconstrucción más detallada.

Muros de contención: los muros al norte del Jardín Imperial los he interpretado como muros de contención y no como el jardín colgante que proponía Klynne (*The laurel grove of the Caesars: looking in and looking out, in Roman villas around the urbs. Interaction with landscape and environment*, 2004), (pg. 37, Parte III)

Cisterna: queda enterrada y no se reconstruye por no verse, pero se ha estudiado el ninfeo que debió de colocarse en la fachada hacia la zona termal, y que debía de verse a través de las ventanas desde el interior de las salas termales

Cuadra: reconstruida según datos arqueológicos

3. LA MAQUETA VIRTUAL DE LA VILLA DE LIVIA COMO EL RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO

La maqueta que recoge la hipótesis reconstructiva de la villa de Livia se ha realizado usando como base el levantamiento 3D realizado con escáner laser. La hipótesis reconstructiva de este conjunto arquitectónico se centra en el periodo augusteo, a excepción del complejo termal, que se ha estudiado y reconstruido de manera aislada cronológicamente, ante la inexistencia de datos sobre la zona de las termas en época de Augusto.

A lo largo de esta tesis se han visto en detalle los distintos ambientes reconstruidos, pero conviene recordar algunas cuestiones antes de llegar a las conclusiones.

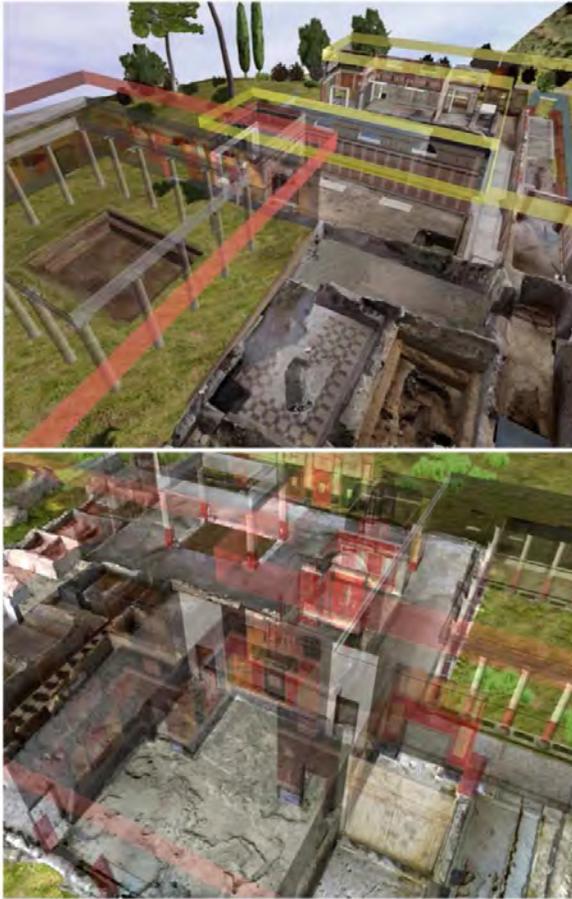


Figura 13. Estado actual y reconstrucción en transparencia del atrio.

A la hora de realizar el modelo digital, es necesario definir el nivel de detalle de la representación, porque en función de éste se realizará la maqueta con mayor o menor detalle. En el caso de esta tesis, se ha trabajado con tres niveles de detalle, que van de la visión holística a la visión monográfica, y coinciden con la realidad observada o primer nivel de visión holístico, realidad clasificada o segundo nivel de visión, y realidad reconstruida o tercer nivel de visión detallado.

Para construir la maqueta ha sido necesario definir los límites de la Villa. El objetivo es poder obtener una visión hipotética pero lo más completa posible de la residencia imperial y proporcionar así al espectador una idea de la forma que debía de presentar en la época de Augusto. Se ha reconstruido el volumen de toda la *pars urbana* de la Villa, incluyendo zonas de las que no se ha podido estudiar el interior por falta de datos, aunque sí ha sido posible reconstruir el contorno y estudiar la Villa de manera unitaria para comprender la relación entre los diferentes espacios.

Puesto que no ha sido excavada en su totalidad en lo que se refiere a la *pars urbana*, y se desconoce la ubicación de la *pars rustica*, he definido los límites necesarios para poder hacer el modelo 3D: Al sur se conservan restos de un criptopórtico, aun visibles, existe un levantamiento parcial, pero el criptopórtico no ha sido estudiado en profundidad. He optado por reconstruirlo basándome en la observación directa, los datos obtenidos a partir de la restitución de la planta y el estudio de paralelismos. El límite por el lado este lo conforma el jardín imperial. Hacia el norte tenemos la gran cisterna. Es probable que ésta, antes de la construcción del ninfeo y de las termas ocupara un área más grande, puesto que el muro NE continúa más allá del muro que delimita las termas, y los pilares del ninfeo que aparecen revestidos en

todas sus caras, indican que podrían ser anteriores al muro perimetral de la cisterna. Esta hipótesis aparece reflejada en la construcción del modelo 3D de la Villa. Constituye el límite de la Villa hacia el oeste la zona residencial con el triclinio semi- subterráneo. En la reconstrucción se ha optado por cerrar el área entre la colina y la Villa mediante a la construcción de dos puertas de entrada, una desde el patio (n. 64), y la segunda desde la entrada principal de la Villa (n. 62).



Figura 14. Vista de la reconstrucción virtual de la villa de Livia desde la via Flaminia.



Figura 15. Imágenes de la reconstrucción virtual de la villa de Livia desde el norte.



Figura 16 A la izquierda: vista desde el pórtico del jardín imperial. Derecha: vista aérea del jardín Imperial de la Villa.

CONCLUSIONES

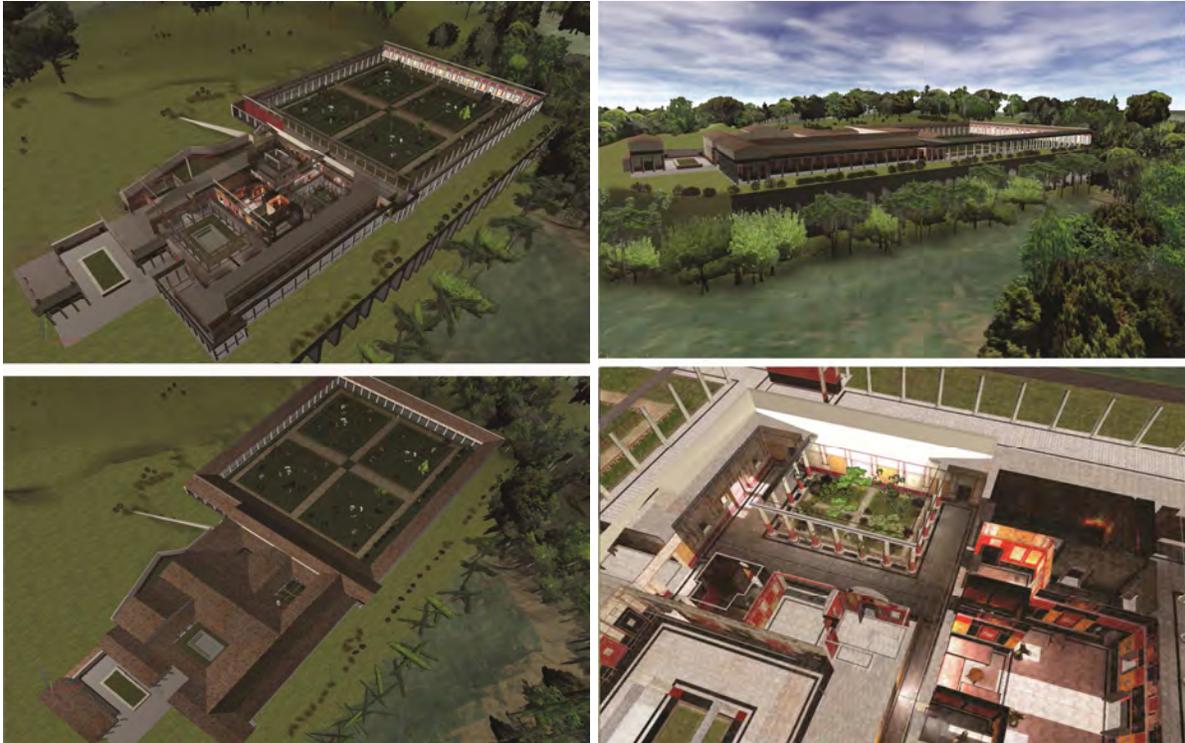


Figura 17. A la izquierda: vistas de pájaro de la reconstrucción virtual de la Villa de Livia, con y sin cubierta.

Derecha: arriba imagen de la fachada sur de la Villa; abajo imagen en transparencia de la reconstrucción de la zona del atrio.



Figura 18. Izquierda: Vista del conjunto de a Villa desde el lado norte; izquierda: jardín Imperial de la Villa de Livia

4. PROPUESTAS

De las conclusiones de esta tesis se desprenden varias consideraciones. En primer lugar la frecuente falta de rigor y de control en las reconstrucciones virtuales, incluso en aquellas que provienen de medios científicos. Después de pasar los últimos años en contacto con muchos equipos que trabajan con Realidad Virtual, he podido constatar que al no haber unos criterios claros, se puede dar por válida casi cualquier cosa. Creo que sería muy interesante, aparte de adoptar un código deontológico, que ya se está haciendo con la Carta de Sevilla, controlar desde un punto de vista arquitectónico la calidad de las reconstrucciones virtuales; podría ser algo parecido a un control de calidad, que demuestre que la reconstrucción en cuestión ha seguido una serie de principios y de reglas, y es atendible desde un punto de vista científico. Pero sobre todo creo que es importante que los modeladores 3D tengan una formación sólida, que incluya el estudio de la construcción histórica y de la estática, entre otras materias.

4.1. La enseñanza en las aulas de la reconstrucción virtual del Patrimonio: plan de estudios

De las conclusiones de esta tesis se desprende la necesidad de formar adecuadamente al personal que acomete maquetas virtuales tridimensionales. La enseñanza en las aulas de la reconstrucción virtual del Patrimonio, a mi entender, debería de comprender el estudio de una parte de la construcción histórica y de la estática, entre otras materias. Un hipotético plan de estudios, para una especialidad en reconstrucciones virtuales 3D, esbozado de forma muy general, podría ser el que sigue:

1. DEFINICIÓN, ORÍGENES Y DESARROLLO DE LA DISCIPLINA.

1.1. Fundamentos teóricos básicos de arquitectura y arqueología virtual

2. EL ANÁLISIS ARQUEOLÓGICO DE LA ARQUITECTURA: ESPACIOS, GEOMETRÍA.

2.1. Análisis de la reconstrucción histórica, comprobación de los sistemas codificables originales y determinación del módulo.

2.3. Análisis de la geometría de los elementos decorativos y pinturas murales

2.4. El levantamiento en arqueología: escáner láser, fotogrametría, *image base*, rendering, GPS,

2.5. Principios de cartografía, geomorfología, sistemas de teledetección y foto-interpretación

3. MATERIALES, TÉCNICAS Y ARQUITECTURAS HISTÓRICAS

3.1. La forma como resultado del buen comportamiento estructural y funcional

3.2. Elementos arquitectónicos y constructivos relacionados con la imagen, la forma, y sus dimensiones.

3.3. Estudio de los aspectos constructivos: aparejos, soluciones constructivas históricas (pilastras, esquinas, etc.)

3.4. Cubiertas inclinadas. Bóvedas más comunes en la antigüedad: características y forma de trabajo

4. NOCIONES DE ESTÁTICA Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS SIMPLIFICADO (ESTÁTICA GRÁFICA, MÉTODO DE HEYMAN)

4.1. Análisis estático del edificio: estabilidad de los elementos constructivos: arcos, bóvedas, muros, estribos.

5. REALIZACIÓN DE MAQUETAS 3D

CONCLUSIONES

5.1. Elaboración de hipótesis reconstructivas

5.2. Modelado con 3dstudio max, modelos procedurales

5.3. Simplificación de maquetas 3D para Real Time

6. INTRODUCCIÓN AL PAISAJE ARQUEOLÓGICO

6.1. Generación de DTM

6.2. Reconstrucción 3D del paisaje y de los ecosistemas: virtual landscape reconstruction

7. CONCLUSIONES: LÍMITES Y APLICACIONES ACTUALES

7.1. La transparencia en las reconstrucciones: los códigos deontológicos

7.2. Marco jurídico, potencialidades y gestión del patrimonio

4.2. Los criterios internacionales para la gestión del Patrimonio digital

En 2003 se publicaron las Directrices para la preservación del patrimonio digital, que precedían a la Carta con el mismo nombre, aprobada por la UNESCO pocos meses después. Por parte de la UE, IFLA o IPA, también habían surgido iniciativas desde principios del 2000, que confluyeron en esta Carta.

La Carta sobre la preservación del patrimonio digital de la Unesco lo define como “recursos únicos que son el fruto del saber o la expresión de los seres humanos. Comprende recursos de carácter cultural, educativo, científico o administrativo e información técnica, jurídica, médica y de otras clases, que se generan directamente en formato digital o se convierten a éste a partir de material analógico ya existente. Los productos de origen digital no existen en otro formato que el electrónico”.

La segunda vertiente de mi tesis tiene que ver con la gestión y puesta en valor del patrimonio cultural, pero también digital, porque la metodología desarrollada para las reconstrucciones virtuales pertenece al ámbito digital, y prevé la gestión del material producido y estudiado en la investigación. Mi Tesis sigue las líneas estratégicas del departamento de Patrimonio Cultural del CNR (Consejo Nacional de Investigación italiano), en lo que respecta a las estrategias holísticas para la gestión integrada y la fruición del patrimonio cultural del territorio, en cuanto representa un instrumento para la gestión, puesta en valor y comunicación del Patrimonio arquitectónico y arqueológico. Además, sigue las líneas de las políticas europeas sobre la gestión de Patrimonio, en concreto las iniciativas ERA de la Comisión Europea de Investigación (ERANET/NET-HERITAGE), los temas de UNESCO Culture y los aspectos presentes en las Plataformas tecnológicas y en Network en ámbito europeo (ECTP-European construction technology platform-, PHOTONICS21-european technology platform-), y el antiguo EPOCH.

Algunos de los proyectos europeos que he tomado como referencia son: el proyecto EUROPEANA, que constituye el proyecto central, y toda la agregación de contenidos 3D: MICHAEL (Multilingual inventory of Cultural Heritage in Europe), MINERVA, ATENA PROJECT (access to cultural heritage networks across Europe), LINKED HERITAGE (Coordination of standards and technologies for the enrichment of Europeana), CARARE 3D (Su objetivo es agregar el contenido 3D de realidad virtual a Europeana, y reúne a agencias y organizaciones de patrimonio, los museos arqueológicos y centros de investigación especialistas en archivos digitales de toda Europa para establecer un servicio único en que los contenidos digitales de monumentos arqueológicos en Europa y los sitios históricos interoperables con Europeana). El otro nuevo proyecto que acaba de empezar es V-Must, una red europea de excelencia para los museos virtuales y digitales en el ámbito del VII programa cuadro de la comunidad europea FP7.

5. CONCLUSIONI

IL METODO COME CONCLUSIONE

Spesso nelle ricostruzioni virtuali pubblicate in diversi formati, manca il rigore scientifico, non è possibile accedere ai criteri ricostruttivi, non c'è trasparenza, e la validità delle ipotesi studiate non può essere dimostrata. Di fronte a questa situazione è nata l'idea di questo studio.

Questa tesi di dottorato tratta, oltre lo sviluppo di una metodologia che prevede l'applicazione di criteri costruttivi e strutturali per la ricostruzione virtuale dello spazio architettonico (con il caso di studio della Villa di Livia), un altro aspetto fondamentale: il campo della ricostruzione virtuale del patrimonio culturale.

Attraverso la computer grafica si riflette sulla metodologia da applicare al caso di studio della Villa di Livia, considerando l'architettura all'interno del paesaggio antico e studiando soluzioni per le sue varie componenti. Il risultato di questo lavoro ha un impatto visivo e comunicativo molto alto e consente al pubblico l'accesso a una serie di dati che normalmente non vengono codificati (oppure non riescono ad essere codificati). L'architettura e l'archeologia virtuale permettono di conoscere il passato, comunicando una serie d'informazioni complesse su resti esistenti ed ipotetici rappresentati dal disegno e dall'immagine. La procedura ricostruttiva comporta il considerare l'oggetto di studio nella sua totalità e, conseguentemente, la definizione di soluzioni costruttive per ognuno dei dettagli che definiscono l'organismo architettonico, in modo tale che il processo di lavoro sia iterativo. Con la realizzazione del modello si possono considerare spazialmente le diverse ipotesi di lavoro, in maniera tale che esse siano sempre revisionabili, verificandone i diversi scenari proposti e l'aggiornamento del modello in un processo reversibile.

Finora la conoscenza delle residenze romane si è basata principalmente su dati derivati da scavi archeologici che producono una serie di notizie che aiutano la comprensione della struttura fornendo solamente le informazioni di base per l'organismo studiato. La documentazione, la raccolta e l'analisi dei dati sono ancora legate a un tipo di studio tassonomico che non prende in considerazione la ricostruzione virtuale di un ambiente o un contesto più ampio. La natura digitale delle attuali tecnologie applicate ai beni culturali e la possibilità di modifica e aggiornamento costante che forniscono, ci permette di trattare i dati a nostra disposizione come un sistema informativo aperto, una sorta di database di grandi dimensioni facilmente modificabile in qualsiasi momento. Questo è un concetto importante in quanto assicura la trasparenza del processo ricostruttivo e pertanto il rigore scientifico.

La mia ipotesi di partenza si può riassumere come segue: *è possibile sviluppare un metodo attraverso il quale si può dare rigore alle ricostruzioni virtuali da un punto di vista architettonico – costruttivo per l'architettura romana.* La ricostruzione virtuale deve raccogliere gli aspetti di costruttivi reali. La metodologia proposta per svolgere questo tipo di ricostruzione virtuale, differisce radicalmente dalle consuete, con l'inclusione di un metodo specifico per analizzarne il comportamento strutturale. In questo modo è possibile verificare la stabilità di archi, cupole, muri (sia isolati che come supporti di archi) contrafforti, la linea di spinta degli archi e la stabilità generale.

Queste considerazioni sono applicabili alle ricostruzioni virtuali di architettura romana perché si tratta di una architettura assolutamente codificata (già dalla prima età imperiale). La metodologia sviluppata in questa tesi può essere estrapolata, essendo generalmente valida nel caso di edifici storici, dalla architettura classica fino a quella gotica.

Dallo studio condotto ho osservato che, dal punto di vista del rigore scientifico, si devono tener conto di una serie di questioni costruttive e statiche durante la realizzazione dei modelli virtuali, ed ho sviluppato un metodo che si può sintetizzare in questo modo:

- Studio delle fonti. Analisi del paesaggio antico e dell'architettura: gli spazi e la geometria.
- Verifica del sistema originale codificato e determinazione del modulo (in piedi romani) per ciascun settore.
- Analisi della geometria, degli elementi decorativi e delle pitture murarie.
- Analisi della ricostruzione storiche e studio degli aspetti costruttivi.
- Analisi statica del fabbricato: stabilità dei componenti edilizi.
- Costruzione del modello architettonico 3D, che sarà interrogabile e modificabile in base al principio della trasparenza dei dati.
- Validazione delle ipotesi di lavoro tramite la verifica del comportamento strutturale delle ipotesi studiate attraverso l'utilizzo del poligono funicolare, del poligono delle forze parallele e delle forze concorrenti.
- Ricostruzione 3D del paesaggio antico e dell'ecosistema.
- Verifica delle ipotesi fatte (feedback).

Da un punto di vista architettonico e costruttivo risulta interessante tutto ciò che riguarda l'immagine, la forma e le dimensioni, non di meno la forma derivante dal buon comportamento strutturale e funzionale. Tuttavia ci sono alcuni aspetti che non hanno alcun interesse quando si fa una ricostruzione virtuale: non interessa la costruzione storica nel senso più ampio, ma una parte di essa. Per esempio, non risulta di fondamentale interesse la composizione della malta romana, ma piuttosto le questioni legate allo spessore delle mura, la pendenza dei tetti, che dovrebbero essere appropriati in base al luogo geografico, o la statica. Il tipo di muratura ha importanza solo se rimane a vista: per esempio, se si tratta di un muro di *opus reticulatum*, bisogna conoscere come si realizza in modo corretto, sapere come è la soluzione d'angolo o come si fanno le aperture di finestre o porte. Travi ed architravi avranno dimensioni diverse a seconda se di pietra o legno. In linea di principio le fondazioni non si vedranno mai in una ricostruzione virtuale, tranne se si tratta di una rovina e rimangono a vista.

- Trasparenza.

È importante determinare quale sia il livello di affidabilità ammissibile per una ricostruzione virtuale. Quando si valutano le diverse ipotesi ricostruttive, si affrontano sia questioni tipologiche che costruttive, come per esempio la determinazione degli elementi architettonici e decorativi che mancano, ed inevitabilmente si fanno una serie di ipotesi implicite, come stabilire il tipo di materiale o i carichi che possono gravare sulla struttura studiata. In qualche modo ricorda le scatole cinesi: ci sono delle ipotesi che contengono a loro volta altre ipotesi. Di conseguenza la trasparenza dei dati nella costruzione del modello risulta di fondamentale importanza.

Il modello del caso di studio si è realizzato secondo il metodo descritto e attraverso un processo di studio basato su fonti e tipologie. La ricostruzione segue una metodologia che si basa su una divisione dei livelli a seconda del tipo di dati e la

loro affidabilità, in maniera che sia sempre accessibile ed interrogabile. L'affidabilità della ricostruzione è resa con una leggenda sia per l'architettura che per la decorazione, distinguendo tre livelli: indiscusso, probabile, evocativo. Le simulazioni delle ipotesi di studio sono un atto dinamico che può essere integrato o modificato facilmente man mano che compaiono nuovi dati o conoscenza di casi paralleli.

- Verifica del metodo: accertamento delle ipotesi ricostruttive

Quando mi sono posta la questione di come fosse possibile verificare la validità delle ipotesi effettuate da un punto di vista costruttivo e strutturale, la soluzione vincente è stata quella di creare una tabella che comprende una serie di parametri che aiutano a capire se i criteri con cui è stato realizzato il modello siano corretti da un punto di vista teorico. Gli elementi che possono essere controllati in questo modo sono, per esempio, il sistema costruttivo dei tetti, con le falde e le loro pendenze, i sistemi di smaltimento delle acque, lo spessore delle pareti, le dimensioni dei pilastri, gli elementi di raccolta delle acque piovane, la presenza di gronde, il tipo di rivestimenti, pavimentazioni, aperture o gli infissi.

La possibilità di valutare il comportamento strutturale di un edificio come la villa di Livia, con muri portanti realizzati con varie tecniche (quali *caementicum*, *reticulatum* e numerose varianti di mattoni) era molto interessante ma anche molto complessa. La modellazione di un edificio in muratura non è affatto semplice. Ad esempio, ipotesi semplificative quali la schematizzazione a telaio equivalente, di base per molti programmi di calcolo (software quali MidasGEN Lusas, SAP2000 e ANSYS) risulta estremamente semplificativa. Tali programmi, consentono di effettuare un'analisi tensionale su modelli 3D e sono quindi utili per valutare l'andamento delle tensioni e lo stato di agenti di sollecitazione, piuttosto che per effettuare delle vere e proprie verifiche.

La modellazione inoltre risulta molto complessa per il fatto che non è stato sviluppato un materiale capace di simulare in modo esaustivo il complesso comportamento della muratura. Tali difficoltà aumentano nel caso volessero essere modellati anche interventi posteriori, quali l'applicazione di rinforzi esterni (cerchiatura, rinforzi con compositi ecc). Ovviamente il grado di difficoltà va di pari passo con l'accuratezza dei dati che si vogliono ottenere da un modello numerico. Schematizzazioni e semplificazioni sono sempre possibili. Tuttavia ho voluto provare realizzando una simulazione del comportamento della volta del triclinio semi-sotterraneo (vedi pg. 68, parte III). E' da tenere in considerazione che in questo caso non può essere considerata valida l'attuale normativa di riferimento, come le leggi nazionali o euro-codici, perché sono molto restrittive.

Considerando la difficoltà per compiere una verifica di questo tipo, è utile non perdere di vista che non si tratta di un intervento vero e proprio, ma di un modello 3D che rimane nel campo della virtualità. Perciò la correttezza da un punto di vista costruttivo dei modelli virtuali 3D, si farà tramite tabella, dove si raccoglieranno dei parametri per fornire tutte le informazioni sulle modalità di realizzazione del modello.

PARAMETRI DI CONTROLLO :RICOSTRUZIONE VIRTUALE	
VILLA DI LIVIA, PRIMA PORTA	
LOCALIZZAZIONE	
Municipio: Prima Porta, Roma	Accesso: via Flaminia Antica
Quota: 150 metri	Altri: Collocata in uno spiazzo in cima ad una collina
Orientamento facciata principale: Sud	
DESCRIZIONE DELLA COSTRUZIONE E DELL'AMBIENTE	
La villa è divisa in sei grandi zone (zona ovest destinata agli ospiti, zona termale, zona dell' atrio, zona del peristilio, zona del giardino repubblicano e giardino imperiale)	
Livelli (n. ° piani): p. sotterraneo, pianterreno e in alcune zone primo piano (zona 9-10-12)	Stanze private: 13
	Stanze per gli ospiti: 8
	Stanze per ricevimenti: 5
	Stanze termali: in età augusta sconosciute, in fasi successive: 10
	Stanze ad uso domestico: 12 nell'area scavata, senza considerare la parte sotterranea adibita alle terme, e senza conoscere la <i>pars rustica</i> .
Annessi: 1. Stalla 2. Cisterna per le acque 3. Criptoportico nella zona sud dello spiazzo	Stanze di cui non si conosce la destinazione d'uso: 8
STATO DI CONSERVAZIONE E DANNI OSSERVATI	
Non si conserva tutto il sistema di copertura ed in generale le pareti non superano i tre metri di altezza:il tutto risulta molto deteriorato. Alle cattive condizioni della villa dovuta al trascorrere del tempo e ad un incendio nel terzo secolo, si deve aggiungere il danno per l'esplosione di un ordigno durante la seconda guerra mondiale. E' stata scavata in passato senza nessun criterio, e di conseguenza è difficile comprendere il funzionamento della villa.	
DESCRIZIONE DEL SISTEMA COSTRUTTIVO	
Muri portanti realizzati con tecniche costruttive diverse che si sovrappongono per tutto il periodo di utilizzo della Villa (I secolo a.C.. IV d.C). Strutture lignee con tetti a spioventi; volte in <i>opus caementicium</i> (cfr. parte II)	

CONCLUSIONES

COPERTURE	
A seconda dello spessore delle pareti, la distanza tra le strutture di appoggio e il tipo di stanza, nella ricostruzione virtuale si sono ipotizzate diverse tipologie per le coperture (vedi parte III). A seconda della soluzione proposta, si è ipotizzato lo smaltimento delle acque e la finitura esterna delle pareti.	
<p><u>Tetto a falde</u>: con capriate in legno, a seconda della distanza fra gli appoggi</p> <p>Capriate: le luci maggiori che si trovano nella Villa sono circa 10 m.</p> <p>Per le piccole dimensioni sono state utilizzate coperture più semplici, con schemi di grossa orditura e piccola orditura</p> <p>L'altezza delle travi ipotizzate varia tra 0,30-0,45 m</p>	<p>Pendenza delle falde 30%</p> <p>Manti di copertura in tetti a falde: tegole. Le dimensioni delle tegole a Roma erano: 39x46 cm (opzione scelta), e 49x66 cm.</p> <p>Linea di gronda: sporgenza minima 15 cm. (1/3 della lunghezza)</p> <p>Equilibrio analizzato con statica grafica</p>
<p><u>Volte</u>: a botte, crociera, volta a botte ribassata (vedi particolari in parte III)</p> <p>Materiale di costruzione: <i>opus caementicium</i></p>	<p>Equilibrio analizzato con statica grafica</p>
<p><u>Smaltimento e raccolta di acque piovane</u>: Sono stati inseriti gocciolatoi, acroteri e antefisse quando i resti lo confermavano; lo schema "virtuale" del sistema di copertura della villa è stato progettato considerando le zone dove si è verificata la presenza di pozzetti ed elementi per lo smaltimento delle acque.</p>	
SOLAI	
<p><u>Zona 9-10-12</u>. Altezza: un piano unico</p>	<p>Luce: 4-5 m.</p>
<p><u>Caratteristiche</u>: Travi di 17,5x17cm, pavimentazione 2,8 cm, massetto 28,5 cm. Separazione tra travetti⁶: 50 cm. Altri: massetto con/senza frammenti di tegole di 15-30 cm. Base per il pavimento (<i>opus signinum</i>, mosaico, etc.)</p>	<p>Tavolato di legno: 2m di lunghezza; 2,2x0,32 m di sezione.</p>
<p><u>Sala 3</u>: Travi 37x35 cm. Travetti: 14x9 cm. ogni 1,75 m.</p>	<p>Luce: 6 m Tavolato: legno, 1,80m. Lunghezza, 2 x0,26 m sezione</p>
<p><i>Stima delle dimensioni basate sul confronto con esempi dalla zona vesuviana. Confronto come descritto da Vitruvio (VII, 1). Dati confrontati con edifici storici romani (Manuale del Recupero del Comune di Roma, 1997)</i></p>	
PARETI (MURI E TRAMEZZI)	
<p>Zona termale e triclinio sotterraneo, spessore muri:</p>	<p>0,75 m., massimo: 1,05 m (muro raddoppiato)</p>
<p>Resto della Villa (altre stanze), spessore muri:</p>	<p>Muri di sostegno 0,50-0,60 m</p> <p>Tramezzi 0,36 m</p>
<p>Dati certi: le pareti sono state conservate in tutti i casi, ma non sono state proposte ipotesi ricostruttive.</p>	
<p>Le fabbriche a vista dovrebbero essere realizzate con cura, così come le soluzioni d'angolo e incroci, e le tessiture più adatte. Nel caso della villa di Livia, tutte le pareti erano rivestite, non rimanendo niente a vista.</p>	

⁶ Secondo Adam (*L'arte di costruire presso i romani*, 2006) per le case pompeiane da lui studiate, la separazione varia tra 25-29.5 cm.

PILASTRI E PARASTE	
Pilastri atrio	0,42 x 0,90 m. a L
Paraste cisterna	0,65 x 0,85 m
Dati certi: gli elementi verticali quali pilastri e paraste si sono conservati in tutti i casi.	
ARCHITRAVI	
Aperture piccole dimensioni (fino 0,60 m.)	Dimensioni: architravi di legno. Altezza 0,10-0,25 m
Aperture dimensioni medie (0,60-3,80 m.)	Dimensioni: in combinazione con arco di scarico. Non visibile nella ricostruzione perché tutte le pareti sono rivestite. Altezza 0,20-0,30 m
Aperture zona termale (copertura con volte)	Dimensioni: architravi di pietra, altezza $\geq 0,35$ m
Portico del Giardino Imperiale	Dimensioni: Luce 3,55 m., tetto a due falde: altezza architrave: 0,69 m.(4,80 m. altezza colonna)
Portico del <i>peristilio</i> e del giardino repubblicano	Dimensioni: Luce di 1,70 m., architravi di legno; altezza 0,46 m. (3,46 m. altezza colonna)
<i>L'altezza dell'architrave deve essere appropriata, a seconda se si tratti di pietra o legno. (Dimensioni confrontate con esempi dell'area vesuviana)</i>	
PAVIMENTI	
Pavimenti esterni: <i>opus spicatum</i> , <i>signinum</i> e <i>cocciopesto</i>	Disposizione: <i>spicatum</i> (a spina di pesce)
Pavimenti interni: <i>sectile</i> e <i>musivum</i> di diversi tipi a seconda dell'epoca	N° tessere: variabile, tra 90-155/100cm ²
<i>In tutti i casi sono stati ricostruiti sulla base dei resti esistenti.</i>	
RIVESTIMENTI:	
Interni: affreschi su base di stucco in pareti e soffitti	Stili: dal fine del II stile al IV stile pompeiano
Esterni: Stucco bianco, rosso ed ocra	
Terme: pareti con stucco e lastre di marmo (le tracce consentono la determinazione delle dimensioni e il tipo di marmo)	Terme: volte internamente rivestite con stucco con strigliature nelle sale riscaldate secondo lo studio dei parallelismi
L'ipotesi decorativa è stata elaborata a partire dai resti esistenti e da parallelismi tipologici	

CONCLUSIONES

ELEMENTI DI COMUNICAZIONE VERTICALE	
Scale interne: pedata: 31-35 cm. alzata: 17-18 cm.	N°: 6 (1 per scendere al triclinio sotterraneo, 3 alla zona termale, 1 per salire al primo piano, 1 di accesso alla villa dall'esterno)
Struttura:	Pietra, mattoni, malta di calce. Probabilmente la seconda rampa per accedere al primo piano era in legno ma non rimangono resti
Scale esterne: pedata: 32 cm, alzata 16 cm.	Accesso al lato sud tramite rampa
CONTROSOFFITTI PIATTI E A VOLTA	
<i>Cubicula</i>	Finta volta decorata e sospesa
Spazi coperti con capriate o coperture a piccola orditura	Controsoffitti decorati
Si sono conservati frammenti dispersi dei quali non si conosce la provenienza. Partendo da questi frammenti si è cercato di ricomporre i disegni sulla base dei parallelismi tipologici.	
INFISSI E GRATE	
Esterni: legno	Interno: legno
Grate:	Non essendo presenti resti, non sono state ricostruite, anche se la loro presenza era abituale nelle case romane
Davanzali con scanalature, così come appaiono nella Villa dei Misteri ed Oplontis	
I riferimenti tenuti in considerazione sono i casi descritti dall'Adam (L'arte di costruire presso i romani, 2006) e gli esempi dell'area vesuviana	
ELEMENTI DECORATIVI E <i>INSTRUMENTUM DOMESTICUM</i>	
<p>Sculture: si sono conservati diversi frammenti che dovevano decorare la Villa; il più famoso è la cosiddetta statua di Augusto di Prima Porta. Neudecker pubblica un elenco dove cita del materiale rinvenuto, tra cui frammenti di busti, teste, epigrafi, colonne, intonaci, marmi, stucchi, vetri e ceramica. Nell'archivio schedoni della SAR esistono centinaia di schede dei materiali rinvenuti nella villa, mai pubblicati.</p> <p>Sono stati ritrovati numerosi frammenti di <i>oscilla</i> usati per la ricostruzione, una ingente quantità di strumenti per la cucina ed elementi decorativi come le lastre campane.</p> <p>Larario ricostruito secondo i parallelismi vesuviani</p>	

ALTRI DATI

Criptoportico: il volume è stato ricostruito per comprendere meglio il funzionamento della Villa, ma i dati non sono sufficienti per poter ipotizzare una ricostruzione più dettagliata.

Muri: le pareti nord del giardino Imperiale sono state interpretate come muri di sostegno e non come giardino pensile così come proposto da Klynne (*The laurel grove of the Caesars: looking in and looking out, in Roman villas around the urbs. Interaction with landscape and environment*, 2004), (pag. 37, Parte III)

Cisterna: è coperta e non ci sono sufficienti dati per affrontare la sua ricostruzione, ma è stato studiato il ninfeo che doveva essere disposto nella facciata della cisterna, di fronte alla zona termale.

Stalla: ricostruita in base ai dati dello scavo archeologico.

IL MODELLO VIRTUALE DELLA VILLA DI LIVIA COME RISULTATO DALL'APPLICAZIONE DEL METODO

Il modello con l'ipotesi ricostruttiva della Villa di Livia è stato fatto sulla base del rilievo 3D realizzato con scanner laser. L'ipotesi ricostruttiva di questo complesso architettonico si centra nel periodo augusteo, ad eccezione dell'impianto termale che è stato studiato in maniera separata, e ricostruito cronologicamente in età claudia e severiana, a fronte della mancanza di dati per l'età augustea.

In questa tesi sono stati studiati in dettaglio i vari ambienti ricostruiti, ma è utile ricordare alcune questioni prima di giungere alle conclusioni.

Per costruire il modello digitale è necessario definire il livello di dettaglio della rappresentazione, perché a seconda dei livelli il modello sarà più o meno minuzioso. Nel caso di studio elaborato per questa tesi, abbiamo lavorato con tre livelli di dettaglio, che vanno dalla visione olistica a quella monografica, e che corrispondono alla realtà osservata: primo livello di visione olistica, realtà classificate o secondo livello di visione, realtà ricostruita o terzo livello di visione dettagliata.

Per costruire il modello è stato necessario definire i limiti della Villa. L'obiettivo è quello di ottenere una visione ipotetica, ma il più completa possibile della residenza imperiale, e fornire così allo spettatore un'idea di come si doveva presentare al tempo di Augusto. È stato ricostruito il volume completo della *pars urbana*, comprese le aree il cui interno non è stato possibile studiare a causa della mancanza di dati, anche se è stato possibile ricostruirne la sagoma per analizzare in modo unitario il rapporto tra i diversi spazi.

Poiché la Villa non è stata scavata nella sua interezza per quanto riguarda la *pars urbana* e non si conosce la posizione della *pars rustica*, ho definito i limiti necessari a poter realizzare il modello 3D: i resti a sud del criptoportico (ancora visibile ma del quale esistono solo alcuni dati e non uno studio approfondito). Ho scelto di ricostruire l'architettura della Villa sulla base di: osservazioni dirette, dati ottenuti a partire dalla restituzione della pianta e lo studio dei parallelismi. Il limite sul lato est è quello del giardino imperiale. A nord abbiamo una grande cisterna, che probabilmente esisteva prima della costruzione del ninfeo e delle terme che forse occupava una zona più ampia. Infatti la parete NE continua oltre il muro che delimita le terme le paraste sono rivestite su tutti i lati, indicando forse la loro presenza prima del muro perimetrale della vasca. Questa ipotesi si riflette nella costruzione del modello 3D della Villa. Il confine della Villa nella zona ovest è segnato dal quartiere residenziale con il tridinio sotterraneo. Nella ricostruzione si è deciso di chiudere l'area tra la collina e la Villa attraverso la costruzione di due ingressi, uno dal cortile (n. 64) ed il secondo dall'ingresso principale della villa (n. 62).

PROPOSTE

I risultati di questa tesi possono suggerire alcune considerazioni. In primo luogo, l'assoluta mancanza di rigore e controllo nelle ricostruzioni virtuali, comprese a volte quelle provenienti da ambiti scientifici. Dopo aver trascorso gli ultimi anni a contatto con diversi team che lavorano nel campo della realtà virtuale, ho notato che spesso c'è un'assenza di criteri chiari, e a volte si accetta come valida qualsiasi cosa. Penso che sarebbe molto interessante, a parte l'adozione di un codice etico, come presto si spera sarà la Carta di Siviglia, controllando da un punto di vista architettonico la qualità delle ricostruzioni virtuali: potrebbe essere qualcosa di simile a un marchio che attesta che una ricostruzione è stata

realizzata seguendo una serie di principi e regole, ed è attendibile dal punto di vista scientifico. Ma soprattutto credo che sia importante che i modellatori 3D abbiano una solida formazione, che dovrebbe comprendere a mio parere lo studio delle costruzioni storiche e della statica, tra le altre discipline.

L'insegnamento nelle aule della ricostruzione virtuale del Patrimonio

Dalle conclusioni di questa tesi sembra chiara la necessità di formare adeguatamente i modellatori 3D. L'insegnamento nelle aule della ricostruzione virtuale del patrimonio, a mio parere, dovrebbe includere lo studio di discipline come le costruzioni storiche e la statica, tra le altre materie. Un ipotetico piano di studi per una specializzazione in ricostruzione virtuale 3D, descritto in termini molto generali, potrebbe essere simile a questo:

1. DEFINIZIONE, ORIGINE E SVILUPPO DELLA DISCIPLINA.

1.1. Fondamenti teorici di architettura e di archeologia virtuale

2. ANALISI ARCHEOLOGICA DELL' ARCHITETTURA: SPAZIO, GEOMETRIA.

2.1. Analisi della ricostruzione storica, verifica dei sistemi codificabili originali e la determinazione del modulo

2.3. L'analisi della geometria degli elementi decorative e delle pitture murarie

2.4. Il rilievo in archeologia: laser scanner, fotogrammetria, image base, rendering, GPS differenziale

2.5. Principi di cartografia, geomorfologia, telerilevamento e foto interpretazione

3. MATERIALI, TECNICHE E ARCHITETTURA STORICA

3.1. La forma come risultato di un buon comportamento strutturale e funzionale

3.2. Elementi architettonici e costruttivi relativi all'immagine, la forma e le dimensioni.

3.3. Studio degli aspetti costruttivi: cortine e fabbriche, soluzioni costruttive storiche (pilastrini, soluzione d'angolo, ecc.)

3.4. Tetti inclinati. Volte più comune nell'antichità, caratteristiche e funzionamento

4. CONCETTI DI STATICA E METODI PER L'ANALISI SEMPLIFICATO (METODO STATICO GRAFICO DI HEYMAN)

4.1. Analisi statica dell'edificio: Stabilità degli elementi costruttivi: archi, volte, pareti, pilastrini.

5. CREAZIONE DI MODELLI 3D

5.1. Elaborazione d'ipotesi ricostruttive

5.2. Modellazione con 3DStudio Max, modelli procedurali

5.3. Semplificazioni dei modelli 3D per il real time

6. INTRODUZIONE AL PAESAGGIO ARCHEOLOGICO

6.1. Generazione DTM

6.2. Ricostruzione 3D del paesaggio e degli ecosistemi: Visual Nature Studio

7.1. Trasparenza nelle ricostruzioni: carte e codici deontologici

7.2. Quadro giuridico, potenzialità e gestione del patrimonio

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AA.VV. "Atlante delle grotte e dei ninfei in Italia. Italia settentrionale, Umbria e Marche", a cura di Cazzatto V., Fagiolo M., Giusti M.A. Ed. Mondadori Electa, 2002, Milano.
2. AA.VV. "Atlante delle grotte e dei ninfei in Italia. Toscana, Lazio, Italia meridionale e Isole", a cura di Fagiolo M., Giusti M.A. Ed. Mondadori Electa, 2001, Milano.
3. AA.VV. "Complutum, la ciudad de las ninfas: viaje virtual a Alcala de Henares", ed. Ayuntamiento de Alcala de Henares, 2006.
4. AA.VV. "La valle della Caffarella: spiccioli di natura". Ed. Fratelli Palombi, Rom, 1997
5. AA.VV. "La Villa di Livia, un percorso di archeologia virtuale", ed. Erma di Bretschneider, Roma 2008
6. AA.VV., "Misurare la terra: centuriazione e coloni nel mondo romano. Città, agricoltura, commercio: materiali da Roma e dal Suburbio", Ed. Panini Franco Cosimo, Modena 1985.
7. A.A.V.V., "Kermes, la rivista del restauro, n°41. Articolo de Moschini D., "Restauro virtuale, la técnica per i recupero digitale delle informazioni nascoste". Nardini editore, Firenze, gennaio-marzo, pg. 46, 2001
8. AA.VV., "Ricerche di pittura ellenistica", en Quaderni dei Dialoghi di Archeologia. Roma, 1985.
9. Ache, J. B. "Elements d'une histoire de l'art de bâtir", ed. Du moniteur des travaux publics, París 1970
10. "Adam, J.P. "La construcción romana: materiales y técnicas", Ed. de los Oficios, León, 1996
11. Adam, J.P. "L'arte di costruire presso i romani", Ed. Longanesi, Milan, 2006
12. Allsopp, B. "A History of Classical Architecture". Ed. Pitman, 1965
13. Almagro Vidal, A., "El concepto de espacio en la arquitectura palatina andalusí: un análisis perceptivo a través de la infografía ". Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 2008.
14. Amy, R., Gros, P., "La maison carrée de Nimes" Paris, 1979
15. Augé, M., "Los "no lugares". Espacios del anonimato". Una antropología de la sobremodernidad. Edit. Gedisa , 2000.
16. Azkarate, A. "Catedral de Santa María, Vitoria-Gasteiz: Plan Director de Restauración" / Agustín Azkarate. [et al.]. Vitoria-Gasteiz: Diputación Foral de Alava : Fundación Catedral Santa María, D.L. 2001.
17. Bateson, G., "Steps to an ecology of mind", ed. University of Chicago Press, Chicago, 1972.
18. Barral i Altet, X. "La antigüedad clásica: Grecia, Roma y el Mundo mediterráneo" Planeta, 1986, Barcelona.
19. Barrena Antón J.L. "La decoracion arquitectonica de los foros de Augusta Emérita". L'erma di Breitschneider, 2000, Roma.
20. Bendala Galán, M. "Las claves del arte griego", ed. Ariel, 1988, Barcelona.
21. Bennardi, D., Furferi R., "il restauro virtuale, tra ideologia e metodologia", ed. effir, Firenze, 2007.
22. Beltran Martinez, j., "Drainage and reclamation of salt-affected soils : Bardenas area, Spain", ed. Institute for land reclamation and improvement, 1978
23. Bianchi Bandinelli R., Torelli M., "El arte en la antigüedad clasica: Etruria-Roma", ed. Akal, Madrid, 2000
24. Bianchi Bandinelli, R., "Roma, l'arte romana nel centro del potere", ed. BUR biblioteca Univ. Rizzoli, 2002.
25. Blagg, T.F.C. "Reconstructions of Roman decorated architecture: proportions, prescriptions and practices, Structural Reconstruction. Approaches to the interpretation of the excavated remains of buildings". Ed. Drury, P. J., BAR British Series 110, p. 131, 1982
26. Boardman, J. "L' Art grec", Flammarion, Paris 1966
27. Boldrighini, F. et ali "Elementi architettonici e di rivestimento. Arcata, archeologia e catalogazione 1. Proposte di terminologia per la catalogazione dei reperti archeologici mobili del Lazio", Regione Lazio, 2007.
28. Borra, D., "I territori della virtualità". Tesis doctoral. Politécnico de Torino, doctorado en ambiente y territorio, 2010.

29. Bowersock, G. W. "The Pontificate of Augustus". En Kurt A. Raaflaub y Mark Toher (eds.). *Between Republic and Empire: Interpretations of Augustus and his Principate*. Berkeley: University of California Press, pp. 380–394, 1990.
30. Broise, H., "Vitres et volets des fenetres termale a l'epoque imperial. Les thermes romains, ed. coleccion de l'ecole francaise de Rome, Roma, 1991
31. Brandi, C., *Teoria del Restauro*, ed. Einaudi, Torino, 2000
32. Canina, L., "Gli edifici antichi dei contorni di Roma". Roma, 1856
33. Caneva, G., "Ipotesi sul significato simbolico del giardino dipinto della villa di Livia, Prima Porta, Roma", en *BCom n°100*, Roma, 1999.
34. Calci, C., Messineo, G., *La villa de Livia a Prima Porta*, Soprintendenza archeologica di Roma, 1984.
35. Casado, F., "ingenieria hidraulica romana". Madrid, 1983.
36. Castro Villalba, A. "Historia de la Construcción Arquitectónica" Ed. UPC, Barcelona, 1995.
37. Catón, M.P. "De agri cultura", Ed. Casp. Fritsch, Lipsia, 1794-1797.
38. Ciammaichella, M., "Architettura in NURBS. Il disegno digitale della deformazione". Ed. Testo & Immagin s.r.l, Torino, 2002
39. Clementi, R., "Il Ninfeo di Erode Attico detto grotta della ninfa Egeria e la valle della Caffarella". L'universo, Istituto Geografico Militare, 1980.
40. Coarelli F., en Lanciani, R. "Forma Urbis Romae", Quasar. Roma, 1990.
41. Connolly, Peter "La ciudad antigua: la vida en la Atenas y Roma clásicas". Ed. Acento, Madrid, 1998.
42. Conti, F. "Como reconocer el arte griego", Médica y Técnica, Barcelona, 1980
43. Cordaro M., (a cura di) Cesare Brandi. "Il restauro. Teoria e pratica". Editori Riuniti: Roma, 2005.
44. Coulton, J.J. "Ancient greek architects at work: problems of structure and design", Oxbow Books, Oxford 1995.
45. Chitham, R. "The Classical Orders of Architecture". Ed. Architectural Press, 1985.
46. Choisy, A. "Historia de la Arquitectura", Ed. Lumen. Buenos Aires, 1970
47. Chueca Goitia, F. "Historia de la Arquitectura Occidental" Ed. Dossat. Madrid, 1986.
48. Croci, G. "il problema di un método per lo studio delle costruzioni esistenti: indagini, analisi strutturale, valutazione della sicurezza e consolidamento (parte I), en *L'industria delle costruzioni*, Iccrom, 1986.
49. Croci, G. "conservazione e restauro strutturale dei beni architettonici", Ed. Utet università, 2001.
50. Croci G., D'Ayala D., Liburdi R. "history, observation and mathematical models in the seismic analysis of the Valadier abutment area in the Colosseum", en *Annali di geofisica*, vol. XXXVIII, N. 5-6, novembre- dicembre 1995.
51. Crisotomi P., "Lezioni di conservazione e restauro archeologico", (a cura di), Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Arethusa Consorzio di Ricerca e Sviluppo S.r.l., Firenze, 1997.
52. Darvey, N. "Historia de la Construcción", Madrid, 1970
53. De Franceschini, M. "Ville dell'agro romano" Ed. Erma di Bretschneider, Roma, 2005.
54. Di Gennaro F., Barbina P., De Filippis M., Dell'era F., Fratianni G., Togninelli P., "Il liberto Faonte, il notabile Marco Claudio Ponzio Ponziano Marcello e i loro vicini", en B. Santillo Frizell- A. Klynne (eds), *Roman Villas around the Urbs. Interactions with landscape and environmen*, Actas de la conferencia del Swedish Institute de Rome (17-18 Septiembre 2004) (The Swedish Institute in Rome. Projects and Seminars, 2), Roma, 2005
55. De la Barrera, J.L., "La decoración arquitectónica de los foros de Augusta Emerita" Ed. Erma di Bretschneider, Roma 2000.
56. De Luca, S., Di Cesare F., "Ninfeo di Egeria al Parco della Caffarella in Roma". Tesina de restauro architettonico 1, facultà di architettura, Universidad La Sapienza, Roma, 1996-97.
57. De Vos, A., "Funzione e decorazione dell'Auditorium di Mecenate, en *L'archeologia in Roma capitale tra sterro e scavo* (catalogo exposicion), pp. 231-247, Venezia, 1983

CONCLUSIONES

58. Docci M., "Nuevas frontera del levantamiento arquitectónico. Los escáner laser 3D". Actas del IX congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica EGA. Granada, 2002
59. Docci, M., Maestri, D., "Il rilevamento architettonico: storia, metodi e disegno" ed. Laterza, Bari, 1984
60. Dodge M., Kitchin, R., "Mapping cyberspace" ed. Routledge, New York, 2001.
61. Dufresne, P., "Realité virtuelle et réalisme infographique dans la reconstitution architecturale assistée par ordinateur", tesis doctoral para obtener el grado de Doctor de la Universidad Michel de Montaigne, Universidad de Burdeos, 2005.
62. Durm, J. "Die Baustile. Historische and technische Entwicklung. Des handbuches der architektur Zweiter theil", Stuttgart 1905
63. Eco, U. "La struttura assente", Bompiani, 2002.
64. Escrig, F. "Las grandes estructuras de los edificios históricos desde la Antigüedad hasta el gótico". I. U. Ciencia de la Construcción, Sevilla, 1998
65. Esselborn, J. "Tratado de construcción", Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1970
66. Fabbricotti E. "I bagni nelle prime ville romane", ed. Cronache pompeiane, Nápoles, 1976
67. Fagiolo, M., "Roma delle delizie: teatri dell'acque, grotte, ninfei, fontane", Milano, 1990.
68. Fant J.C., "Augustus and the city of marble", archeomateriaux, marre et autres roches. Asmosia IV, Burdeos-Talence 1999, ed. M. Schvoerer, Burdeos 1999.
69. Federici, C., "Restauro tradizionale e restauro virtuale come "divergenze parallele", en Gazette du livre médiéval n.34/pp.49-52, 1999
70. Federici, C., "Qualche chiosa al restauro cosiddetto "virtuale", Kermes - La rivista del restauro, n°43, Ed Nardini, julio-septiembre 2001
71. Fitchen, J. "Building construction before mechanization", Londres, 1986
72. Fletcher, B. "A History of Architecture", Ed. Butterworth, 1987
73. Fletcher, B. "A Concise History of Western Architecture". Ed. Thames y Hudson, 1969
74. Forte, M. "Paseos virtuales por civilizaciones desaparecidas". Ed. Grijalbo Mondadori, Barcelona, 1996
75. Forte, M. "VR Terminology" en Barceló, J. A., Forte, M., Sanders, D. (Eds.) Virtual Reality in Archaeology, Oxford, p. 260, 2000.
76. Forte, M., "About virtual archaeology: disorders, cognitive interactions and virtuality" en Barceló, J. A., Forte, M., Sanders, D. (Eds.) Virtual Reality in Archaeology, Oxford, pp. 247-263, 2000.
77. Forte, M., "Realtà virtuale, pensiero ecologico e logiche dell'apprendimento nei beni culturali" en AA.VV., Atti Convegno "Contesti virtuali e fruizione dei beni culturali" (Nápoles 2003), CDROM
78. Forte, M., "Cibernetica e beni culturali: il problema della cornice" en AI*IA 2004 - Workshop Interazione e Comunicazione Visuale nei Beni Culturali. Perugia, 15-Settembre 2004
79. Forte, M., Siliotti, A. (Eds.), Virtual Archaeology. Re-creating Ancient Worlds, New York Garcia Bellido, A. "Arte Romano", C.S.I.C., Madrid 1979
80. Frazer A., "The roman villa: villa urbana". Ed. UPenn Museum of Archaeology, 1988
81. Frisher, B., Il Cultural Virtual Laboratory: storia, missione, progetti, en Journal of intercultural and interdisciplinary archaeology, ed. University press Bologna-Imola, 2007
82. Fray Lorenzo de S. Nicolas, "Arte y uso de arquitectura". Primera parte. Ed. Placido Barco Lopez, Madrid 1756
83. García Casas, J.I., "Orígenes del arco de acodamiento en la arquitectura romana", en actas del tercer congreso Nacional de historia de la construcción, Sevilla. Ed. A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. Tabales, Madrid, I. Juan de Herrera, SedHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU, 2000.

84. García Cuetos, M.P., "Succisa Virescit, o el viejo anhelo de la resurrección de la materia monumental", en *Papeles del Partal*, n°2, pg. 45-82, noviembre 2004
85. Gabellone, F., "Ancient contexts and Virtual Reality: From reconstructive study to the construction of knowledge models", *Journal of Cultural Heritage*, Journal number 9069, Elsevier B.V., 2009.
86. Galileo, G. "Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias", publicadas en 1638.
87. González Moreno-Navarro, A., "Il restauro oggettivo". En, Cristinelli, G. e Foramitti, V. (A cura di) *Il restauro fra identità e autenticità. Actas de la mesa redonda "I principi fondativi del restauro architettonico"*. Venecia, 31 gennaio- 1 febbraio 1999. Pg.98. Marsilio: Venecia, 2000.
88. González Moreno-Navarro, J.L., "El legado oculto de Vitruvio", Alianza Editorial, Madrid, 1993.
89. González Moreno-Navarro, J.L., "Il progetto strutturale nella architettura storica", en *Paramento. Rivista internazionale di architettura e urbanistica*, pp. 246-47:69-74, 2003.
90. González Moreno-Navarro, J.L., "Conocimiento y Comprensión de la Construcción Histórica: Dificultades Metodológicas" en *I Jornadas de Investigación en Construcción*. IETCC. Madrid, 2005.
91. Golvin, J. C., "Modèle et maquette : quelques problèmes relatifs à l'image de restitution", Rome an 2000. Ville, maquette et modèle virtuel, actes du colloque de Caen, 28-30 Sept. 2000. F. Lecocq ; (ed) Pôle Ville-Architecture, urbanisme et image virtuelle , Caen, PUC, 2003.
92. Giovanetti, F., "Manuale del recupero del Comune di Roma", ed. DEI, 1997.
93. Giovannoni, G., "La técnica della costruzione presso i romani", ed. Fratelli Fusi, Pavia, 1930.
94. Giuliani, F.C. "opus signinum e cocciopesto", en Segni, serie storia antica e archeologia, 1. pp. 89-94, Salerno, 1999
95. Giuliani F.C. "L'edilizia nell'antichità". Ed. Carocci, Roma, 1998
96. Gros, P., "L' architettura romana. Dagli inizi del III secolo a. C. alla fine dell'alto Impero. I monumenti pubblici", ed. Longanesi, Milan, 2001.
97. Guidazzoli et ali., "Virtual historic museum of the city of Bologna", SAC 2000.
98. Hajnóczy, J. G. "The problems of authenticity and identity as reflected by preservation of Archaeological monuments". En, "Ethics, principles and methodology". *Scientific Journal, ICOMOS*, pg. 27, 1995.
99. Hamey, L.A. "Los Ingenieros Romanos", Akal/Cambridge, Madrid, 1990
100. Hess, J. "Construcción y forma en Arquitectura" Buenos Aires, 1954
101. Heyman, J., "The Stone Skeleton" *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 2, pp. 249-79, 1966.
102. Hoffer M., coord. *Catalogo de la exposicion "Kaiser Augustus und die verlone Republik"*, Ed. Maguncia, Berlin 1988.
103. Honour, H. "Historia del Arte", Barcelona, 1986
104. ISCARSAH. *Recomendaciones para el Análisis, Conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico* (traducción de Agnès González Dalmau. Revisada por José Luis González Moreno-Navarro y Pere Roca Fabregat) Edición para el Cursillo sobre Intervención en el Patrimonio Arquitectónico. Colegio de Arquitectos de Cataluña. Barcelona, 2004.
105. Janson, H. "Historia del Arte", Barcelona, 1972
106. Jashemski, W., "Ancient Roman Villa Gardens", Washington, 1987
107. Jokilehto, J. "Authenticity: a general framework for the concept". En, Einar Larsen, Ed.K . *Nara Conference on Autenticity in relation to the World Heritage Convention*. UNESCO, ICCROM, ICOMOS, 1995.
108. Jolivet, V. "les jardins de Pompee, nouvelles hypotheses", en *MEFRA*, 95, 1983.
109. Jiménez Martín, A., "Enmiendas parciales a la Teoría del Restauro. (I) Imágenes y palabras", en *Loggia, Arquitectura y Restauración* n° 4, pp. 10-19, 1997.

CONCLUSIONES

110. Juste Ballesta, J., "La restauración de la capilla de San Isidro en Madrid", en *Papeles del Parnal* n°2, pg. 97-120, noviembre 2004
111. Klynne, A. "The laurel grove of the Caesars: looking in and looking out, in Roman villas around the urbs. Interaction with landscape and environment", *Proceedings of a conference at the Swedish Institute in Rome* September 17-18, 2004.
112. Kooharian, Anthony. "Limit Analysis of Voussoir (Segmental) and Concrete Arches." *Proceedings of the American Concrete Institute*, Vol. 49, , pp. 317-328, 1953
113. Kostof, S. "A History of Architecture". Ed. Oxford University Press, 1985.
114. Lancaster, L.C., "Concrete vaulted construction in Imperial Rome. Innovations in context", Cambridge University Press, 2005
115. Lanciani, R., "Rovine e scavi di Roma Antica", ed. Quasar, Roma, 1985
116. Lanciani, R., "Forma Urbis Romae", ed. Quasar, Roma, 1990
117. Lane Fox, R., "El mundo clásico. La epopeya de Grecia y Roma." Ed. Crítica. Barcelona, 2007.
118. Latalova, M., Raczkowski, W., Tschan, A., "Perception and viewsheds: are they mutually inclusive?", ed. G. Lock, 2000
119. Lavender, D., Wallis, A., Bowyer, A. y Davenport, "Solid modelling of Roman Bath", *Science and Archaeology*, XXXII, p. 15-19, 1990
120. Letzner, W., "Römische brunnen und nymphaea in der westlichen reichshälfte, Muster, 1999."
121. Liebeschuetz, J. H. W. G. "Continuity and Change in Roman Religion". Oxford University Press. pp. 82-5. 1979
122. Liljenstolpe P., Klynne. A., 'The imperial gardens of the villa of Livia at Prima Porta. A preliminary report on the 1997 campaign', *OpRom* 22-23, 1997-1998, 127-147.
123. López Collado "Ruinas en construcciones antiguas", ed. Ministerio de la vivienda, servicio central de publicaciones, Madrid 1976
124. Loos, A., "architettura e civilizzazione", (a cura di) Borgomainerio A., ed. Electa, Milan, 2008.
125. Loos, A., "Parole nel vuoto", ed. Adelphi, Milan, 1992
126. Lugli, G., "la tecnica edilizia romana", ed. Bardi, Roma, 1957
127. Macaulay, D. "Nacimiento de una ciudad romana" Timun Mas, Barcelona 1978
128. Macdonald, L.W. "the architecture of roman empire". Vol. I. ed. Yale University, New Haven, 1965
129. Magro Moro, J.V. "Textos para Historia de la Construcción" S.P. Universidad Politécnica de Valencia
130. Mar, R. "El palati. La formacio dels palaus imperials a Roma". Tarragona: Universitat Rovira i Virgili i Institut Català d'arqueologia classica. Col leccio serie Documenta 3, 2006.
131. Marconi, P., "Il recupero della bellezza", ed. Skira, Milan, 2005
132. Marconi, P., "Il restauro e l'architetto, teoria e pratica in due secoli di dibattito", ed. Marsiglio, Venecia 1993
133. Marconi, P., "Dal piccolo al grande Restauro, colore, struttura, architettura", ed. Marsiglio, Venecia 1988
134. Mari, Z., "la villa romana di età repubblicana nell'ager Tiburtinus e Sabinus: tra fonti letterarie e documentazione archeologica". *Actas de la conferencia del Instituto suevo de estudios clásicos de Roma*, 17-18 septiembre, Roma, 2004.
135. Marta, R. "Architettura romana: Tecniche costruttive e forme architettoniche del mondo romano", Kappa, Roma 1990
136. Martienssen, Rex D. "La idea del espacio en la arquitectura griega" Nueva Visión, Buenos Aires 1980
137. Martin, R. "El mundo griego", Ed. Garriga, Barcelona, 1966
138. Martin, R. "Architettura Greca", Ed. Electa, Milán, 1989
139. Meneghini, Roberto "Il foro di Traiano. Ricostruzione architettonica e analisi strutturale", Roma., 2001, 245-268.
140. Messineo, G., Carbonara, A., "Via Flaminia", ed. Istituto poligrafico e zecca dello stato, Roma, 1993.
141. Messineo, G., "Ad Gallina Albas", L'erma di Breitschneider, Roma, 2001.

142. Milella M. "La decorazione architettonica del Foro di Traiano a Roma", en AA. V.V., *La decoración arquitectónica en las ciudades romanas de occidente*, en *Actas del Congreso Internacional celebrado en Cartagena, Murcia, 2004*, 55-71.
143. Mohrmann K., y C. G. "Lehrbuch der gotischen Konstruktionen. III Auflage". Leipzig, 1890
144. Nachfolger, 1890, Vol. 1, pags. 133-153.
145. Moschini, D. "Restauro "físico" per conservare e restauro "virtuale" per valorizzare. En, *I beni culturali. Tutela e valorizzazione*, nº 3, mayo-junio, pg.19, 1999.
146. Moschini, D. "Restauro virtuale, la tecnica per il recupero digitale delle informazioni nascoste". En *Kermes, la rivista del restauro*, nº 41, enero-marzo, pg.46, ed. Nardini, 2001
147. Muller, W. "Atlas de Arquitectura", Madrid, 1.984
148. Muller, W. y Vogel, G. "Atlas de Arquitectura", Alianza Editorial, Madrid 1984
149. Nelis-Clément J., Roddaz J.M. (ed), "le cirque romain et son image", *Actas del coloquio realizado en el instituto Ausonius, Bordeaux, 2006. Memoires, 20, Bordeaux: Ausonius 2008.*
150. Neudecker, R., "Die skulpturenausstattung romischer Villen in Italien", Mainz, 1988.
151. Neuerburg, N., "L'architettura delle fontane e dei ninfei nell'Italia Antica", en *Memorie della R. Accademia di archeologia lettere e belle arti di Napoli*, 1965.
152. Norwich, J. J. "Great Architecture of the World", Ed. Mitchell Beazley, 1975.
153. Nuttgens, P. "The World's Great Architecture". Ed. Hamlyn, 1980.
154. Nuttgens, P. "The Story of Architecture". Ed. Phaidon Press, 1983.
155. Orlandos, A., "Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens grecs". Ed. I. de Boccard, Paris, 1966
156. Ortega Andrade, F. "Hª de la Construcción. Mesopotamia, Egipto, Grecia y Etruria" S.P. Universidad de las Palmas, 1993
157. Ovidio, "Fastos", introducción, traducción y notas por Bartolomé Segura Ramos, Ed. Gredos, Madrid, 1988
158. Packer, J. "The forum of Trajan in Rome: a study of the monuments in brief". University of California Press, Ltd., Oxford, England, 1997
159. Palladio, A. "Los cuatro libros de arquitectura", con notas de José Francisco de Ortiz y Sanz, Imprenta real. Madrid, 1797
160. Panella, Cl., (a cura di), "I segni del potere. Realtà e immaginario della sovranità nella Roma imperiale", ed. Edipuglia, Bari, 2011
161. Penna, A., "La legittimazione del lusso privato da Ennio a Vitruvio", en *Maia*, 41, p. 3-34. 1989
162. Pelliccioni, G. "Le cupole romane", Paleani editrice, Roma, 1986
163. Percival J., "The Roman Villa. A Historical Introduction". Batsford, London, 1988
164. Peres M., "Réflexion sur le modèle informatique du Circus Maximus", Thèse (dir. J. C. Golvin), Bordeaux, Université Bordeaux III, 2001.
165. Pescarin, S. "Reconstructing archaeological landscape. Interpretation and integration in spatial and real-time open system, in *Space - Archaeology's Final Frontier? An Intercontinental approach*", ed. D. Keeler, R. Salisbury, Cambridge Scholar's Press, 2007
166. Pinto-Guillaume, E.M., "Mollusks from the Villa of Livia at Prima Porta, Rome: the Swedish garden archaeological project, 1996-1999." En *American Journal of Archaeology*, vol. 106, nº1. Enero, Boston, 2002.
167. Pitarch, A. J. "Arte antiguo: Próximo Oriente, Grecia y Roma" Gustavo Gili, Barcelona, 1982.
168. Plinio S.C. "Historia natural. Obra completa". 3 volúmenes, Editorial Gredos Madrid, 1995-2003
169. Pollit, J.J. "Arte y experiencia en la Grecia clásica", Xarait, Bilbao, 1984.
170. Quintili 2000= R. Paris (ed) *Via Appia. La villa dei Quintili*, Roma, 2000

CONCLUSIONES

171. Quilici, L., "Il Tevere e l'Aniene come vie d'acqua a monte di Roma in eta imperiale", ed CNR, Roma, 1986.
172. Rascon S., Sánchez A.L., "Civilización, un viaje a las ciudades de la España antigua". Complutum la ciudad de las ninfas, pp. 59-76, Ayuntamiento de Alcalá de Henares, 2006
173. Ramieri, A.M., "La fonte della Ninfa Egeria"; Forma Urbis N. 5 Anno II
174. Reilly, P. "Towards a virtual archaeology." Computer Applications in Archaeology. Editado por K. Lockyear and S. Rahtz. oxford: British Archaeological reports (Int. Series 565), pp., 133-139. 1990
175. Ricciardi, M.A., Scrinari V.S.M., "La civiltà dell'acqua in Ostia Antica". Ed. Fratelli Palombi, Roma, 1997
176. Richter, Gisel M.A. "El arte griego: una revisión de las artes visuales de la antigua Grecia", Destino, Barcelona 1990
177. Ridder, A. "El arte en Grecia", ed. Cervantes, Barcelona, 1926
178. Riegl, A. "il culto moderno dei monumento", ed. Abscondita, Milan, 2011
179. Roca Fabregat, P., Estructuras y patrimonio cultural. Análisis, conservación y restauración. Ed. Revista del Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Revista ingeniería y territorio n. 92, 2011
<http://www.ciccp.es/revistait/textos/pdf/03.%20Pere%20Roca%20Fabregat.pdf>
180. Roca Cladera, J. Las nuevas tecnologías en la gestión y la valoración del Patrimonio Arquitectónico. El ejemplo del Born en Barcelona. Revista Museo, VII jornadas de Museología, Alicante, 2005
181. Robertson, D.S. "Arquitectura griega y romana", Ed. Cátedra, Madrid, 1981
182. Romano, E., "Dal *De officiis* a Vitruvio, da Vitruvio a Orazio: il dibattito sul lusso edilizio", en "Le projet de Vitruve. Objet, destinataires et réception du *De architectura*", École française de Rome, pp. 63-73, Roma, 1994
183. Scully, V. "The earth, the temple and the gods: greek sacred architecture" Ed. Yale University Press, 1979
184. Séneca, M.A., "Diálogos; Sobre la Providencia. Sobre la firmeza del sabio. Sobre la ira. Sobre la vida feliz. Sobre el ocio. Sobre la tranquilidad del espíritu. Sobre la brevedad de la vida". Editorial Gredos, Madrid, 2000
185. Séneca, M.A., "Epístolas morales a Lucilio. Obra completa." Editorial Gredos, Madrid, 2001
186. Settis, S., "la villa di Livia. Le pareti ingannevoli". Ed. Mondadori Electa, Verona, 2008
187. Smith J.T., "Roman villas. A study in social structure". Ed. Routledge, Londres, 1997
188. Strong, D.E., Ward Perkins, J.B., "The temple of Castor in the Forum Romanum," BSR 30, 1962
189. Suetonio T., C. "Los doce césares". Editorial Iberia. Barcelona, 1990
190. Taylor R., "Los constructores romanos, un estudio sobre el proceso arquitectónico". Ed. Cambridge University Press, 2003.
191. Tachtenberg & Hyman "Architecture: From Prehistory to Post-Modernism" Ed. Academy Editions, 1986
192. Tineo, J. "Historia de la Construcción", Barcelona, 1984
193. Trachtenberg, M "Arquitectura", Ed. Akal Madrid 1990
194. Ungewitter, G. C. "Lehrbuch der gotischen Konstruktionen" (Manual de la construcción gótica. 3ª edición revisada por K. Mohrmann.) 2 volúmenes. Leipzig: T.O. Weigel Nachfolger, 1890
195. Ustárroz, A. "La lección de las ruinas: presencia del pensamiento griego y del pensamiento romano en la arquitectura" Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 1997
196. Valtieri, B. "Consensi e dissensi sul gótico", Milán, 1990
197. Varios "Historia de la Tecnología Occidental", Barcelona, 1981
198. Varios "El Partenón" Akal/Cambridge, Madrid, 1990
199. Varios. "Arquitectura II". Ediciones del Prado. Madrid, 1994.
200. Vergauwen M., Van Gool L., "web based reconstruction service", en Machine Vision Applications, 17:411-426, 2006.

201. Vergniew R., "Le modèle numérique au coeur des données scientifiques sur le Circus Maximus", en Acte du colloque Rome an 2000, p.357 - 359, Caen, 2003
202. Viollet le Duc, E.E. "Diccionaire raisonnée de l'architecture française", París, 1868
203. Viollet le Duc, E.E. "La construcción medieval: el artículo "construcción" del dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle" Edición a cargo de Enrique Rabasa Díaz y Santiago Huerta Fernández ; prólogo, traducción y notas de Enrique Rabasa Díaz ; introducción y bibliografía de Rafael García García. Edit. CEHOPU, CEDEX, Instituto Juan de Herrera, ETSA Madrid, Madrid, 1996.
204. Vitruvio, M. L. Los diez libros de arquitectura. Ed. Iberia. Barcelona, 2000.
205. Vico, L., "Viaje al siglo lid.C: el proyecto de Roma Virtual", Seminario "Tecnologias de la Información y la comunicación aplicadas a la difusión y conocimiento del Patrimonio" Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Cuenca, 2007.
206. Vico L., Vassallo V., "The reconstruction of archaeological landscape through virtual reality applications: a discussion about methodology". En VSMM 2008 digital heritage-proceedings of the 14th. International conference on Virtual systems and multimedia, pp. 397-403, 2008.
207. Wallace Hadrill A., "The villa as cultural symbol", pp. 43-54, en Frazer A., "The roman villa: villa urbana". Ed. UPenn Museum of Archaeology, 1988
208. Ward Perkins "Arquitectura Romana", Ed. Aguilar. Madrid, 1976.
209. Wilson Jones, M. "Principles of roman architecture". Ed. Yale University Press. U. S., 2000.
210. Woodwark, J.R. "Reconstructing history with computer graphics", IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 18-20, 1991
211. Zancher, P., "Augusto e il potere delle immagini", ed. Bollati Boringhieri, Torino, 2006
212. Zevi, B. "Saber ver la Arquitectura", Poseidón, Buenos Aires, 1958
213. Zorn, E. "Statische Untersuchung der St Martinskirche in Landshu"t. Investigaciones sobre la estabilidad de la Iglesia de St Martin en Landshut. Technischen Hochschule Universitat Munich, 1933.

PAGINAS WEBS CONSULTADASCARTAS:

Carta sobre la preservación del patrimonio digital de la Unesco:

http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

Carta de Sevilla, Borrador de la carta internacional de la arqueología virtual, 2011, en

<http://www.arqueologiavirtual.com/carta/wp-content/uploads/2011/03/Carta-de-Sevilla.pdf>

Carta de Londres para la visualización computarizada del patrimonio cultural, versión 2.1. febrero 2009, en

<http://www.londoncharter.org/>

Carta de Cracovia, 2000. Conferencia internacional sobre la conservación, Cracovia, 2000, en

http://www.inforestauro.org/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=107

Carta del Restauro 1987 (della Conservazione e del Restauro degli oggetti d'arte e di cultura), en

<http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/ITALIA.pdf> (ultima consulta 19.10.2011)

Carta del Restauro 1972.

<http://www.unipa.it/restauro/Carta%20del%20Restauro%201972.pdf> (ultima consulta 19.10.2011)

Carta de Venecia, 1964. http://www.icomos.org/docs/venice_es.html (ultima consulta 19.10.2011)

Carta italiana del Restauro, 1932. <http://www.tine.it/NormativaBBCC/Carte.htm#consiglio>

Carta de Atenas, 1931, <http://www.tine.it/NormativaBBCC/Carte.htm>

PAGINAS WEBS:

www.unesco.org/culture/

[http://www.decarch.it/wiki/index.php?title=Bibliografia / Decorazione architettonica per tipologie#Ordine corinzio](http://www.decarch.it/wiki/index.php?title=Bibliografia%20Decorazione%20architettonica%20per%20tipologie#Ordine%20corinzio)

Proyecto europeo para la digitalización de contenidos: <http://www.minervaeurope.org/home.htm>

EUROPEANA Carare Project: <http://www.carare.eu/>

Access to cultural heritage networks across Europe: <http://www.athenaeurope.org/>

Coordination of standards and technologies for the enrichment of EUROPEANA: <http://www.linkedheritage.org/>

Página web multilingüe sobre colecciones digitales de museos, archivos, bibliotecas, etc. europeas:

<http://www.michael-culture.org/>

European network of excellence in Open Cultural Heritage:

http://www.epoch-net.org/index.php?option=com_content&task=view&id=212&Itemid=357

European construction technology platform: <http://www.ectp.org/>

European technology platform : <http://www.photonics21.org/>

Laboratorio de patrimonio virtual del CNR Roma: <http://www.vhlab.itabc.cnr.it>

Red europea de excelencia para los museos virtuales y digitales: <http://v-must.net/>

Journal of cultural heritage: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/12962074>

American academy in Rome, digital collection: <http://aarome.idra.info/index/index/tsk/gatt/page/3>

Revista de patrimonio histórico de la Universidad de Granada: <http://www.revistadepatrimonio.es/index.php>

Revista sobre patrimonio fundada y dirigida por Bardeschi: <http://www.marcodezzibardeschi.com/Ananke/Ananke.html>

<http://www.archiviocapitolinorisorsedigitali.it>

Procedural modeling of cities: <http://www.procedural.com/cityengine/features.html>

Procedural modeling of cities: city examples: <http://www.vision.ee.ethz.ch/~pmueller/wiki/CityEngine/CityExamples>

Modelo virtual de la iglesia de Tuscolo 2006:

http://www.ehu.es/docarg/LDA/proyectos/Tusculum_iglesia/index.htm

<http://eprints.jjia.it/3ALMAMATERSTUDIORUMUNIVERSIT%C0DIBOLOGNADIPARTIMENTODIARCHEOLOGIAUTNATUR>

[AARSVirtualRealityarcheologiaAttidellaGiornatadiStudi](http://www.aarsvirtualrealityarcheologiaattidellaGiornatadiStudi)

Página de una empresa que ha realizado reconstrucciones virtuales de la zona vesubiana: <http://www.capware.it/>

Anuaire de l'archeologie francophone: http://www.archeophile.com/rwcat_48-maquettes-et-3d.htm

Reconstrucción virtual de la basílica Ulpia: <http://student-kmt.hku.nl/~joost1/forumtrajani/EN%20Basilica.html>

Página de la universidad católica de Louvain (Belgica) sobre el foro de Trajano y su interpretación:

<http://www.memoireonline.com/05/08/1070/forum-trajan-rome-templum-divi-traiani.html>

Web de la asociación MIMOS (movimiento italiano de modelación y simulación):

<http://www.mimos.it/nuovo/default.asp>

Página de empresa dedicada a la visualización de arquitectura y patrimonio: <http://www.xyz-images.com/>

Página de empresa especializada en patrimonio cultural, histórico y monumental donde se puede ver entre otras cosas el

Teatro romano de Arles: <http://www.artgp.fr/>

Página de empresa especializada en 3D donde se puede ver el Templo de Janus en Autun

<http://www.iksis.fr/images-restitutions.htm>

Página de empresa especializada en patrimonio virtual donde se puede ver el Templo griego de Zeus en Cirene (Libia)

<http://www.heritage-virtuel.com/realisations.php>

Página del CNRS (Consejo nacional de investigación francés), plataforma tecnológica 3D: <http://archeovision.cnrs.fr/>

Página sobre patrimonio arqueológico y cultural, del CNRS, donde entre otros trabajos se puede ver la maqueta del Circo

Máximo: <http://archeotransfert.cnrs.fr/>

Páginas del CNRS: Modelos y simulación para arquitectura, urbanismo y paisaje: <http://www.map.archi.fr/equipes-v05.php>

Página del grupo de investigación para la aplicación de métodos científicos a la arquitectura y el urbanismo:

<http://www.map.archi.fr/gamsau/>

Página de empresa que realiza reconstrucciones arqueológicas 3D:

http://www.archeostudio.net/crbst_19.html

Grupo arqueológico napolitano: <http://www.archemail.it/napolisiti.htm>

Landscape and archaeological research group: <http://redgeomatrica.rediris.es/lar/inicio.htm>

7.ÍNDICE DE FIGURAS

Las figuras de las que no se especifica su autoría, son obra de la autora de esta tesis o del equipo del Laboratorio de Patrimonio Virtual (VHLab, ITABC-CNR), donde la autora ha desarrollado buena parte de esta investigación.

PARTE I. ORIGEN, OBJETIVO, JUSTIFICACIÓN, ESTADO DE LA CUESTIÓN Y METODOLOGÍA.

- Figura 1. Estado actual de la sala del Mexuar (Alhambra, Granada).
- Figura 2. Hipótesis reconstructiva de la sala del Mexuar en 1362.
- Figura 3. Comparación entre el estado actual y la hipótesis reconstructiva virtual de la sala del Mexuar.
- Figura 4. Portada y pagina del manual sobre catalogación de elementos arquitectónicos y de revestimiento.
- Figura 5. Salas con restos del naufragio de Mahdia en el museo del Bardo de Tunez Fotografía P. Radigue, wikipedia.
- Figura 6. Izquierda: Maqueta en mármol de templo. Ilustración de R. Taylor a partir de fotografía de Will de 1985. A la derecha ilustración de R. Taylor a partir de fotografía de Kalayan en 1971 de un fragmento de maqueta de piedra del Gran Altar en Balbeck.
- Figura 7. Figura con templo votivo, Vulci. s.III a.C.
- Figura 8. Urna funeraria, bronce. Vulci, primera mitad s.VIII a.C.
- Figura 9. maqueta de Villa Adriana en el siglo II d.C ; Gismondi 1956.
- Figura 10. Maqueta del puerto de Trajano de Ostia Antica,
- Figura 11. Roma en el siglo IV d.C. P. Bigot.
- Figura 12. Maqueta de la Roma Imperial realizada por Gismondi, 1955
- Figura 13. Luigi Rossini, Il monte Esquilino, 1827. En el Coliseo, a la izquierda, se puede ver el muro de Valadier, terminado en 1826. En la imagen se aprecia que falta la parte del anillo interno del Anfiteatro Flavio, reconstruida por Gaspere Salvi durante el pontificado de Gregorio XVI.
- Figura 14. Imágenes del estado actual y previo a la restauración de Torres Balbás en tres sectores de la Alhambra (Mexuar, Torre de los puñales y galería de Machuca, y Patio del Harén).
- Figura 15. La exedra de los Mercados de Trajano, con la progresión reconstructiva de las tabernae tal y como la concibió Corrado Ricci con fines didácticos.
- Figura 16. A la izquierda taberna reconstruida por C. Ricci en los Mercados de Trajano. A la derecha tabernae romanas en Vía Biberatica.
- Figura 17. Ninfeo de Egeria, Piranesi 1766, Parque de la Caffarella, Roma.
- Figura 18. Prendimiento de Jesús, capilla Scrovegni, Padua.
- Figura 19. Poussin, Et In Arcadia Ego, 1629-1630, Derbyshire, Chatsworth, Devonshire Collection.
- Figura 20. Calcos del Orto dei Fuggiaschi, Pompeya, y postales de Pompeya de finales del 800.
- Figura 21. Imagen del estado actual de la Villa, levantamiento con escáner laser. A la derecha reconstrucción en transparencia del estado actual y el estado reconstruido de una de las salas de la Villa.
- Figura 22. Análisis del muro externo antes del siglo XIX; a) tensiones máximas, c) maqueta con la simulaciones después de la intervención del XIX, (Crocì, D'Ayala, Liburdi) .
- Figura 23. Maqueta del Circo Máximo realizada por el equipo dirigido por Robert Vergnieux.
- Figura 24. Imagen procedural de la zona del Circo Máximo, Universidad de Virginia, California.
- Figura 25. Imagen de la exploración en tiempo real del proyecto Virtual Rome. CNR ITABC. VHLab.
- Figura 26. Estado actual del ninfeo de Egeria
- Figura 27. Planta reconstructiva de B. Peruzzi (1520).
- Figura 28. Estado actual del Ninfeo.
- Figura 29. Estado actual.
- Figura 30. Levantamiento tridimensional realizado con escáner laser.
- Figura 31. Dibujo de G. B. Piranesi en 1766
- Figura 32. Planta realizada por la S.A.R en 2000
- Figura 33. Vistas de la reconstrucción virtual del ninfeo de Egeria
- Figura 34. Modelo del subsuelo de la Catedral de Vitoria-Gasteiz (Azkarate et alii, 2001)
- Figura 35. Templo de Neptuno, Paestum. Directrices y generatrices para pasar del modelo numérico al modelo geométrico (NURBS). Mario Docci.
- Figura 36. Villa de Livia. Modelo geométrico simplificado.
- Figura 37. Villa de Livia Modelo simplificado con texturas.

Figura 38. 1. Modelo numérico de un capitel. 2. Modelo numérico poliédrico (mesh). 3. Modelo derivado para la visión realista. Templo de Neptuno, Paestum. Mario Docci.

Figura 39. Fragmento decorativo de Malborghetto (Via Flaminia). Modelo 3D realizado por F. Remondino, ETH Zurich.

Figura 40. Modelo tridimensional de la catedral de Vitoria-Gasteiz. Visita parcial del modelo fotogramétrico con la integración del modelado del subsuelo (Azkarate et alii, 2001).

Figura 41. Individuación de puntos análogos en el levantamiento de Malborghetto mediante el empleo del software PhotoModeler. Vhlab, ITABC Roma, CNR.

Figura 42. Elaboración del modelo de Paisley Abbey en Escocia (izqda.), Leuven University. Modelo 3d de una escultura en la Via Appia Antica, realizado por Leuven University para el proyecto Via Appia Antica, realizado por el Vhlab, ITABC, CNR.

Figura 43. Vista aérea de la reconstrucción de la villa de Livia.

Figura 44. Vista aérea de la reconstrucción del foro Trajano. Vhlab, ITABC, CNR.

Figura 45. Esquema de la metodología seguida en la reconstrucción virtual de la Villa de Livia y su paisaje en época augustea.

Figura 46. Lista de las estancias reconstruidas en época augustea con los niveles de fiabilidad de la arquitectura y decoración.

Figura 47. Reconstrucción sala 25 con leyenda de fiabilidad

Figura 48. Al centro estado actual de la sala 25. Levantamiento con escáner laser y reconstrucción 3D.

Figura 49. Imágenes del proceso esquematizado seguido para la reconstrucción virtual de la Villa con leyenda de fiabilidad.

A la arquitectura se le ha dado nivel dos porque de la bóveda con la que se ha cubierto el espacio, no ha quedado más que la línea de imposta, y la decoración tiene también nivel dos porque no queda nada del pavimento ni de la decoración de la bóveda.

Figura 19. Imágenes del proceso esquematizado seguido para la reconstrucción virtual de la Villa con leyenda de fiabilidad.

A la arquitectura se le ha dado nivel dos porque de la bóveda con la que se ha cubierto el espacio, no ha quedado más que la línea de imposta, y la decoración tiene también nivel dos porque no queda nada del pavimento ni de la decoración de la bóveda.

Figura 51. Esquema que recoge el proceso operativo de la elaboración de hipótesis reconstructivas. El trabajo de investigación y realización de hipótesis se va validando a medida que se incorporan nuevos datos.

Figura 52. Reconstrucción virtual de la Iglesia Suburbana de Tuscolo. Proyecto dirigido por X. Dupré financiado por la DGESIC. Lo conservado se representa en color amarillo, al color naranja corresponden los restos conservados fuera de contexto, mientras que las evidencias indirectas se representan en color verde y finalmente allí donde no quedan evidencias pero se procede por paralelos y criterios lógicos arquitectónicos se representa en color azul.

Figura 53. Fichas de la reconstrucción virtual de la Domus Aurea donde se distinguen el grado de fiabilidad de la hipótesis reconstructiva y las fuentes sobre las que se basan las hipótesis, R. Carlini y S. Borghini.

Figura 54. Planta de la zona excavada de la Villa romana de la Farnesina. Lanciani, Forma Urbis.

Figura 55. Planta y sección longitudinal del Auditorium de Mecenate. Sovrintendenza ai Beni Culturali Roma.

Figura 56. Fragmento de la planimetría del Pórtico de Livia, Forma Urbis Severiana.

Figura 57. Planta del palacio de Domiziano, con la Domus Augustana al centro resaltada con borde verde.

Figura 58. Casa de Livia en el Palatino. 12 Rampa de acceso, 13 patio, 14 atrio con impluvium y pequeños cubicula alrededor, 15 pasillo, 16 triclinio, 17 tablino, 18 y 19 salas en las que se conserva la decoración parietal.

Figura 59. Casa de Augusto en el Palatino. Mibac.

Figura 60. Planimetría general de la Domus Tiberiana.

Figura 61. Planta de la Domus Aurea de Neron, Roma.

Figura 62. Planimetría general de la Villa de Poppea, excavada parcialmente ya que hay una carretera que pasa por la mitad. Sovrintendenza archeologica Pompei.

Figura 63. Planimetría de Villa Adriana. Sovrintendenza Archeologica Lazio.

Figura 64. Planimetría general de la Villa de Quintili en la via Appia. Quintili 2000.

Figura 65. Planimetría del parque de Villa Gordiani. Archivo fotografico X Rip. AA.BB.AA. Comune di Roma.

Figura 66. Planimetría de la villa de Massenzio. Sovrintendenza Comunale Roma.

Figura 67. Planimetría general de la Villa de Volusii. Sgubini 1998.

Figura 68. Planta y secciones de Villa Jovis, Capri.

Figura 69. Planta del Palazzo a Mare, Capri.

Figura 70. Planta general de la Villa de Damecuta, Capri.

PARTE II. EL ESTUDIO DE LA VILLA DE LIVIA DE PRIMA PORTA

Figura 1. Villa di Livia. Planta (planimetría de Sabatini). A: basis villae; B: peristilo; C: triclinio; D: jardín menor; E: sala hipogea; F: pasillo de acceso a las termas; G: camino privado; H: zona termal; I: cisterna; L: atrio; M: patio de entrada; N: plazuela; O: jardín grande.

Figura 2. Escalera de acceso a las habitaciones subterráneas bajo la sala 16. (Derecha foto R. Sigismondi).

Figura 3. Villa de Livia. Camino que conecta la via Flaminia con la Villa, con adoquines o “*basoli*” de traquita leucítica, material idóneo por su rugosidad para las zonas con fuertes pendientes (foto Sigismondi).

Figura 4. Rampa de acceso desde la via Flamina (Messineo 1991). Derecha: el muro de contención con contrafuertes (C. Ponti)

Figura 5. Villa de Livia. Planta (levantamiento de Sabatini).

Figura 6. Tegulae mammatae. Villa de Poppea.

Figura 7. Tegulae mammatae. Termas del foro, Pompeya.

Figura 8. Interior de la sala semi- subterránea en una fotografía del 1951, desmontado de las pinturas, y vista desde fuera.

Figura 9. Levantamiento de las salas hipogreas, Sulze.

Figura 10. Planta de las salas hipogreas, 1863 (SAR).

Figura 11. Villa de Livia, ambiente 3.

Figura 12. Villa de Livia, vano 4.

Figura 13. Villa de Livia, entrada al vano 5.

Figura 14. Villa de Livia, ambiente 10

Figura 15. Villa de Livia, ambiente 22 con natatio

Figura 16. Villa de Livia, planta de la zona termal (planimetría: Sabatini)

Figura 17. Villa de Livia, pasillo 24

Figura 18. Villa de Livia, cuarto termal 26

Figura 19. Villa de Livia, sala termal 27

Figura 20. Villa de Livia, calidarium

Figura 21. Villa de Livia, escaleras de acceso al cuarto 33

Figura 22. Villa de Livia, mosaico del pasillo 44 y detalle de las teselas.

Figura 23. Vano 45

Figura 24. Cubículo 50

Figura 25. Villa de Livia. Fragmento de bóveda caída probablemente por la explosión de una bomba en la habitación n.27.

Figura 26. Roma. Resto de uno de los muros del Porticus Aemilia. (Foto de M. Funari)

Figura 27. Villa de Livia. Fragmento de bóveda en opus caementitium en las habitaciones 27-30

Figura 28. Villa de Livia. Muro de reticulatum

Figura 29. Dibujo con la reconstrucción de un módulo

Figura 30. Tipos de ladrillos producidos en época romana y presentes en la Villa de Livia.

Figura 31. Dibujo de G. B. Piranesi en 1766

Figura 32. Villa de Livia, sello de ladrillo presente en la habitación 26

Figura 33. Villa de Livia, sello de un ladrillo presente en el vano 8

Figura 34. Villa de Livia, muro de opus vittatum

Figura 35. Superposición de muros con técnicas diferentes

Figura 36. Técnica de construcción de una cisterna en opus signinum (dibujo de C.F. Giuliani)

Figura 37. Villa de Livia, detalle del cocchiopesto de la natatio

Figura 38. Fragmento de opus signino a la entrada del vano 56

Figura 39. Opus spicatum del vano 36

Figura 40. Opus sectile del ambiente 4

Figura 41. Opus sectile del ambiente 6

Figura 42. Vano 56 umbral hacia el vano 54

Figura 43. Detalle del umbral del vano 54

Figura 44. Ejemplos fragmentos con restos de decoración parietal de la Villa

Figura 45. Decoración parietal del atrio

Figura 46. Detalle de la pintura al fresco del triclinio subterráneo

Figura 47. Detalle de las pinturas del ambiente 9 de La Villa

Figura 48. Escalera de acceso a zona subterránea.

Figura 49. Restos del edificio republicano visibles en el jardín republicano.

Figura 50. Muro doble para reforzar la estructura entre los ambientes 23 y 24.

Figura 51. Hipótesis reconstructiva del vano 5 en época Adrianea-Antonina: detalle del pavimento

Figura 52. Villa de Livia. Planimetría que muestra las diferentes técnicas constructivas presentes in situ.

Figura 53. Villa de Livia. Planimetría con las fases cronológicas.

Figura 54. Reconstrucción virtual del ninfeo de Egeria, en su estado actual (izquierda) dentro del paisaje arqueológico, y del estado que pudo haber presentado en el siglo II d.C. (derecha) dentro del paisaje antiguo. VHLab, ITABC, CNR, Roma, 2004.

Figura 55. Reconstrucción del Borne de Barcelona en el XVIII, izquierda visión holística, a la derecha Santa María del Mar, Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad, ETSAB

Figura 56. Villa de Livia. Foto aérea con vista de la Villa (marcada en rojo) y del paisaje circunstante (foto Seat).

PARTE III HIPÓTESIS RECONSTRUCTIVA

- Figura 1. Niveles de detalle: De izquierda a derecha los tres niveles de visión de la reconstrucción virtual de la villa de Livia en su estado actual: primer nivel, via Flaminia, segundo nivel la villa en la colina de Prima Porta, tercer nivel estado actual de la Villa
- Figura 2. De izquierda a derecha los tres niveles de visión de la reconstrucción virtual en el año 2.a.C.del foro de Augusto. En los tres casos se trata de una visión cercana, pero el nivel de detalle aumenta al hacerlo el nivel de visión. (M. Di Iorio)
- Figura 3. Lectura visual de algunos elementos tipológicos y formales de la Villa.
- Figura 4. Ilustraciones del Diálogo sobre dos nuevas ciencias de Galileo (1638): (a) Problema de Galileo: resistencia límite de una ménsula cargada en su extremo. (b) Efectos del aumento de tamaño en los huesos de los animales.
- Figura 5. Ejemplo de cómo varía la tensión al aumentar el tamaño.
- Figura 6. Tabla con los tipos arquitectónicos y constructivos
- Figura 7. Pintura con vista arquitectónica, de un cubiculum de la Villa de P. Fannius Synistor, Boscoreale. Metropolitan Museum of Art, New York.
- Figura 8. Triclinio de la Villa de Poppea con decoración arquitectónica. Oplontis.
- Figura 9. Casa de Iulius Polybius, trampantojo en atrio
- Figura 10. Ventanas del edificio de Giove Fanciullo, Ostia Antica.
- Figura 11. Puerta de la villa de Misteri, Pompeya.
- Figura 12. Puertas de casas pompeyanas. Izqda. Y centro Casa dei Cubicoli floreali; dcha. Casa de Iulius Polybius
- Figura 13. Fragmentos decorativos procedentes de la villa de Livia (ubicación no determinada)
- Figura 14. Izquierda: liberación de Andrómeda, palestra de Herculano. Derecha: liberación de Andrómeda, Casa de Dioscuri, Pompeya.
- Figura 15. Zocalo de la habitación n.10, estado actual y reconstrucción de la textura.
- Figura 16. Izquierda: Dédalo e Ícaro, casa del Sacerdos, Pompeya. Derecha: Dédalo e Ícaro, casa del Frutteto, Pompeya
- Figura 17. Falso techo con tejas cerámicas y anclajes metálicos, del castrum romano de Saalburg, según C.F. Giuliani.
- Figura 18. Pared del cubículo de una domus en Pompei, donde se pueden observar los huecos para la estructura que sujetaba la falsa bóveda suspendida, (De Adam, l'arte di costruire presso i romani).
- Figura 19. Fragmento de sofito recuperado en el sector meridional de la villa de Livia.
- Figura 20. Hipótesis reconstructiva de la decoración del techo a partir de los fragmentos recuperados
- Figura 21. Estudio de los suelos en opus sectilia de la sala 6
- Figura 22. Alzados y secciones de capiteles corintios y compuestos, que abarcan una amplia cronología; (a) Tholos de Epidauro, 360-340 a.C.; (b) Selinunte, Sicilia, siglos III-II a.C.; (c) Casa de Augusto, Roma, 30-20 a.C. ; (d) templo de Sabratha, siglo II d.C.; (e) Arco de Caracalla, Ostia, siglo III d.C.; (f) capitel de Deir Sambul, Siria, siglo V d.C. (Wilson Jones).
- Figura 23. Villa di Livia. Planta (planimetría de Sabatini). A: basis villae; B: peristilio; C: triclinio; D: jardín menor; E: sala hipogea; F: pasillo de acceso a las termas; G: camino privado; H: zona termal; I: cisterna; L: atrio; M: patio de entrada; N: plazuela; O: jardín grande.
- Figura 24. Detalle del estudio de los huecos de una parte de la fachada del peristilio
- Figura 25. Sección del peristilio
- Figura 26. Villa de Poppea. Piscina adornada con estatuas (Fergola, 2004).
- Figura 27. Villa dei Papiri. Estatuas de corredores que estaban colocadas en un peristilio.
- Figura 28. Descubrimiento de la estatua de Augusto durante las excavaciones de 1863 (de Cacchiatelli-Cleter 1865).
- Figura 29. Villa de Livia, planta reconstructiva del jardín republicano
- Figura 30. Sección norte de la hipótesis reconstructiva del jardín republicano
- Figura 31. Porticus Liviae, Forma Urbis.
- Figura 32. Reconstrucción del jardín imperial con una vegetación hipotética.
- Figura 33. Sección reconstructiva de la zona del triclinio
- Figura 34. Hipótesis reconstructiva del atrio 43 en época augustea.
- Figura 35. Ficha con los paralelismos estudiados para la sala 43
- Figura 36. Reconstrucción de la sala 56 de la Villa en época de Augusto.
- Figura 37. Estudio de la decoración de las paredes del pasillo 44
- Figura 38. Restitución gráfica del pavimento de mosaico de las salas 50 y 51.
- Figura 39. Reconstrucción virtual del cubículo 50.
- Figura 40. Vista de la exedra 51 desde el jardín republicano
- Figura 41. Planta de la Villa de Livia. En color violeta la zona termal con una planta subterránea de ambientes de servicio.

En color gris la cisterna enterrada que abastecía de agua la Villa.

Figura 42. Sección transversal por las salas 27-30 en la que se aprecian los ambientes subterráneos de servicio de la zona termal.

Figura 43. Levantamiento con escáner laser del sector termal.

Figura 44. Planimetría del sector termal según Sabatini.

Figura 45. detalle del muro que separa las habitaciones 23 y 27-30.

Figura 46. Vista de la reconstrucción virtual de la sala 23.

Figura 47. Equilibrio global de la semibóveda para el cálculo rápido de su empuje, conocida la resultante de todas las cargas y su línea de acción (Ungewitter/Mohrmann 1890)

Figura 48. Planta y sección de la bóveda estudiada

Figura 49. Tablas de Mohrmann/Ungewitter para el cálculo directo del empuje de una bóveda de crucería. La tabla de las componentes vertical y horizontal del empuje, así como la altura de su punto de aplicación (Heyman, 1990a).

Figura 50. Reconstrucción virtual del apodyterium (sala 25) cubierto con bóveda de aristas

Figura 51. A la derecha estática gráfica para la opción de la bóveda de cañón, a la derecha imagen con la reconstrucción virtual.

Figura 52. Planta detallada de la zona del frigidarium (26). (Planimetría de Sabatini).

Figura 53. Tramo de la bóveda estudiado.

Figura 54. Línea de empujes para el tramo en estudio

Figura 55. Funicular del arco

Figura 56. Funicular de la bóveda

Figura 57. Línea de empujes y polígono funicular.

Figura 58. Hipótesis decorativa de la pared del ninfeo

Figura 59. Reconstrucción virtual del frigidarium con el calidarium al fondo.

Figura 60. Reconstrucción virtual de la sala 27.

Figura 61. El triclinio subterráneo después de la restauración de 1937 (Messineo, Ad Gallinas Albas, pg.13).

Figura 62. Plano con los datos de las excavaciones de 1863 de la sala hipogea de la Villa.

Figura 63. Levantamiento según los datos de Sulze de 1932

Figura 64. Algunas de las infinitas catenarias posibles

Figura 65. Esquema del arco

Figura 66. Esquema de pesos.

Figura 67. Tensiones sigma X-X. La zona crítica aparece en el centro de la bóveda en color azul.

Figura 68. Tensiones sigma Z-Z. La zona crítica aparece en los dos lados en color azul

Figura 69. Reconstrucción virtual del triclinio semi- subterráneo (2)

Figura 70. Detalle de la cubierta propuesta para la sala de recepciones 3 de la villa de Livia

Figura 71. Sección reconstructiva de la sala de recepciones 3 de la villa de Livia en época adrianea.

Figura 72. Pompeya, izq. Mechinales de las termas del Foro.Dcha. Mechinales de la casa de la Caza Antigua

Figura 73. Hipótesis estudiadas para el forjado propuesto en el sector occidental de la villa de Livia, muros de fabrica de ladrillo.

Figura 74. Reconstrucción del paisaje antiguo de la Villa de Livia en Prima Porta.

Figura 75. A la izquierda plano altimétrico con la distribución de las villas en las inmediaciones de la villa de Livia. Los valores más claros corresponden a las zonas de mayor altitud. Se representan también los límites de las zonas correspondientes a distintos tipos de suelos. En la figura de la derecha se muestra el mapa de aspect, con la exposición al sol a lo largo de la jornada (las zonas claras corresponden a una mayor exposición). (Pescarin, 2007)

Figura 76. Comparación entre el paisaje arqueológico (arriba) y el paisaje antiguo (abajo). Se pueden observar la zona de la Villa (1), la via Flaminia romana (2) y la Flaminia moderna (3). En la figura de abajo se ha posicionado la Villa reconstruida y una imagen de un arco (maqueta tipológica) que debía de encontrarse en el cruce entre la Flaminia y la Tiberina.

PARTE IV CONCLUSIONES

Figura 1. Imágenes del estado actual de la Villa con la cubierta que protege la estructura.

Figura 2. a) Imagen de trabajo del modelo obtenido con escáner láser en la zona termal de la Villa. b) Sección A-A' donde se observa la falta de planeidad del suelo debida a los hundimientos parciales por la explosión de una bomba.

Figura 3 Post-processing del levantamiento con laser scanner: de la nube de puntos a la mesh de alta definición, de la aplicación de texturas a la optimización del modelo 3D Studio, al modelo lowpoly para la realidad Virtual.

Figura 4. Integración de la geometría de una de las columnas del pórtico del Jardín Imperial a partir de los datos del levantamiento obtenidos con escáner láser.

Figura 5. Proceso de regularización y esquema de estudio para la resolución de las cubiertas de la planta de la Villa

Figura 6. Superposición del levantamiento original en 2D (magenta) y la regularización de la planta (verde)

Figura 7. Colocación del modelo 3D sobre los puntos obtenidos con la estación total.

Figura 8. Imagen de la superposición del atrio en su estado actual y su reconstrucción en época de Augusto.

Figura 9. Exploración en macro y micro escala de la Villa de Livia (Prima Porta, Roma).

Figura 10. Maqueta 3d del paisaje arqueológico: wireframe con los diferentes niveles de detalle (izquierda): visión del territorio con resolución de 20 cm (centro); detalle de *Plaza del Popolo* (nivel de detalle con mayor definición).

Figura 11. Interfaz de OSG4WEB, que funciona como una gran base de datos y permite incorporar las maquetas 3D a través de internet en tiempo real.

Figura 12. Villa de Livia, maqueta optimizada para la navegación en tiempo real a través de internet, para el proyecto Virtual Rome.

Figura 13. Estado actual y reconstrucción en transparencia del atrio.

Figura 14. Vista de la reconstrucción virtual de la villa de Livia desde la via Flaminia,

Figura 15. Imágenes de la reconstrucción virtual de la villa de Livia desde el norte.

Figura 16. A la izquierda: vista desde el pórtico del jardín imperial; derecha: vista del jardín Imperial de la Vila.

Figura 17. A la izquierda: vistas de pájaro de la reconstrucción virtual de la Villa de Livia. Derecha: arriba imagen de la fachada sur de la Villa; abajo imagen en transparencia de la reconstrucción de la zona del atrio de la Vila.

Figura 18. Izquierda: Vista del conjunto de a Villa desde el lado norte; izquierda: jardín Imperial de la Villa de Livia

8. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos aquellos que han hecho posible que esta investigación se haya podido realizar, en especial:

A mi director de tesis, **Dr. José Luis González Moreno Navarro**, por sus indicaciones y su apoyo a lo largo de todo el proceso.

Al grupo del **laboratorio Virtual Heritage Lab, del ITABC-CNR**, por la documentación y las facilidades para el desarrollo de la tesis, especialmente a **Maurizio Forte**, que me dio la oportunidad de poder realizar esta investigación, y estudiar en profundidad la Villa de Livia de Prima Porta y el Ninfeo de Egeria, permitiéndome dedicarme a la investigación de la arquitectura romana y las reconstrucciones virtuales, con todo el material que he ido recogiendo durante años.

A Valentina Vassallo por su compañía, su apoyo y su ayuda durante el proceso de toma de datos y gestación de esta tesis.

Al **profesor Messineo** in memoriam, que me proporcionó, durante la fase inicial de esta investigación, unas sugerencias inestimables, dándome detalles sobre la villa de Livia que no se llegaron a publicar, y que sin su voz se habrían perdido.

A **mi familia**, por su continuo apoyo durante el tiempo de gestación de este trabajo, a Pierre, por su paciencia, a Elsa, que con 4 años ya conoce el significado de la palabra *metodología* y reconoce la tesis desde lejos, a Milo, que ha estado presente en la parte final de esta investigación, y me ha acompañado tanto, casi sin saberlo. A mis padres, a Mar, a Marilena y a Elena, que supieron apoyarme cuando más falta me hacía. A Joaquín por sus ánimos.

A todos aquellos que de un modo directo o indirecto han colaborado en esta investigación, que son muchos.